REDE BRASPOR

TOMO VIII DA REDE BRASPOR



SAINDO DA ZONA DE CONFORTO:
A INTERDISCIPLINARIDADE DAS ZONAS COSTEIRAS

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
GOVERNO FEDERAL
FAPERGS
TECON RIO GRANDE S.A.
Wilson, Sons Terminais
Sagres
espumantes dosul
GRUPO ACQUAPLAN
ACQUAPLAN TECNOLOGIA E CONSULTORIA AMBIENTAL
ACQUA DINÂMICA
MAR TETHYS
appix Inovação e Tecnologia



BASE DE CONHECIMENTOS RELACIONAIS APLICADOS PARA O ORDENAMENTO DO LITORAL - REDE BRASPOR

TOMO VIII DA REDE BRASPOR

SAINDO DA ZONA DE CONFORTO:
A INTERDISCIPLINARIDADE DAS ZONAS COSTEIRAS

Editores:

Ana Cristina Roque (Univ. de Lisboa, Portugal)

Davis Pereira de Paula (Univ. Estadual do Ceará, Brasil)

João Alveirinho Dias (Univ. do Algarve, Portugal)

Luís Cancela da Fonseca (Univ. do Algarve e de Lisboa, Portugal)

Maria Antonieta C. Rodrigues (Univ. Estadual do Rio de Janeiro, Brasil)

Miguel da Guia Albuquerque (Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande, Brasil)

Sílvia Dias Pereira (Univ. Estadual do Rio de Janeiro, Brasil)

UERJ

Rio de Janeiro

2019



SAINDO DA ZONA DE CONFORTO: A INTERDISCIPLINARIDADE DAS ZONAS COSTEIRAS / Tomo VIII da Rede BRASPOR

Editores:

Ana Cristina Roque
Davis Pereira de Paula
João Alveirinho Dias
Luís Cancela da Fonseca
Maria Antonieta C. Rodrigues
Miguel da Guia Albuquerque
Sílvia Dias Pereira

Projeto Gráfico:

Diagramação: Francisco Rodrigo Cunha de Sousa
Capa: Rafael Kuster Gonçalves
Fotografias da Capa: Felipe Nóbrega Ferreira

Impressão e Acabamento: UERJ

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ/REDE SIRIUS/MID

S132 Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras / Ana Cristina Roque [et.al.]. - Rio de Janeiro: FGEL-UERJ, 2019.
543 p. : il. - (Rede BRASPOR ; tomo VIII).

Bibliografia

e-ISBN 978-85-87245-03-8

1. Mares. 2. Homem - Influência sobre a natureza. 3. Meio ambiente - Costa (Brasil). 4. Meio Ambiente - Costa (Portugal). 5. Geologia - Quaternário. I. Roque, Ana Cristina. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Série.

CDU 551.46

Bibliotecária: Luciana Avellar CRB7/4544

SUMÁRIO

SUMÁRIO 4

REVISORES CIENTÍFICOS 8

AGRADECIMENTOS 11

APRESENTAÇÃO 12

PREFÁCIO 13

PARTE 1

UMA PRAIA EM PRETO E BRANCO: APORTES IMAGÉTICOS NA RELAÇÃO SER HUMANO-MEIO 17

PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PESCADORES BRASILEIROS (1970- 2010) . 29

ANÁLISE DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS DA CIDADE DO RIO GRANDE – RS (1737-2017) USANDO DADOS DA CARTOGRAFIA HISTÓRICA 50

NA BEIRA DA PRAIA: SOCIABILIDADES NA ORLA MARÍTIMA DO RIO GRANDE DO SUL (1900-1950) 64

A GESTÃO COSTEIRA NO CEARÁ (NORDESTE, BRASIL): POLÍTICAS, ESTRATÉGIAS E EXPERIÊNCIAS 83

UMA AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE PRAIAS ATRAVÉS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 95

AGENTES MODELADORES DA PAISAGEM LITORÂNEA: UM ESTUDO SOBRE O BALNEÁRIO CASSINO NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE - RS 109

IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E QUANTIFICAÇÃO DAS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ, BRASIL 124

O PLÁSTICO NAS PRAIAS DA ILHA DE SÃO VICENTE, BRASIL: DA CARÊNCIA SOCIAL AO REGISTRO SEDIMENTAR 138

PRECIPITAÇÃO EM RIO GRANDE – RS, BRASIL (1913 – 2016): ANÁLISE DESCRITIVA E DA VARIABILIDADE 150

ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS E ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, NOROESTE DO CEARÁ, BRASIL 165

INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO URBANO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE MARICÁ, RIO DE JANEIRO / BRASIL 180

MORFODINÂMICAS DO RELEVO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE PELOTAS (RIO GRANDE DO SUL, BRASIL) 195

PARTE 2

CARACTERIZAÇÃO DAS PALEOFALÉSIAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL 215

O USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTAL DO QUILOMBO 228

VARIABILIDADE TOPOGRÁFICA DO SISTEMA PRAIA-DUNA EM BALNEÁRIOS DA COSTA CENTRAL E SUL DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO RTK-GPS 239

PARTE 3

PROTEÇÃO À LINHA DE COSTA POR RECIFES DE CORAL: POTENCIAL VS. VULNERABILIDADE 256

AVALIAÇÃO DA GEOMORFOMETRIA DE SANGRADOUROS NO BALNEÁRIO CASSINO (RS), COM USO DE SISTEMA GNSS E AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP) 268

POTENCIALIDADES DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIORREMEDIAÇÃO NA REABILITAÇÃO DE RIOS: DADOS INICIAIS E CONSIDERAÇÕES 278

REINVENTANDO OS ESPAÇOS ESCOLARES COMO ESTRATÉGIA PARA PROMOÇÃO DA CULTURA DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO ECOSSISTEMA BABITONGA 297

PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA EM UMA AMOSTRA DE RIBEIRINHOS DA COMUNIDADE BOCA DA BARRA E VISITANTES DO MUSEU NATURAL DO MANGUE - SABIAGUABA: PARQUE ESTADUAL DO COCÓ . 309

PARTE 4

EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS EXTREMOS E RISCOS DE INUNDAÇÃO NO LITORAL SUL DO BRASIL..... 326

O CASO DO BARRO NA PRAIA DO CASSINO: INCIDÊNCIAS E INTERPRETAÇÕES ACERCA DOS DEPÓSITOS LAMÍTICOS NA ZONA COSTEIRA DA CIDADE DE RIO GRANDE/RS..... 346

PRÁTICAS DE RESISTÊNCIA SOCIOAMBIENTAL NA ZONA COSTEIRA GAÚCHA: O CASO DO MOVIMENTO “FORA CELULOSE”..... 363

IMPLICAÇÕES DO AUMENTO DO NÍVEL DO MAR PARA A ORLA NORTE DE PORTO SEGURO (BAHIA, BRASIL): DESAFIOS PARA GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA..... 375

RISCO DE SALINIZAÇÃO DAS TERRAS DO DELTA DO PARNAÍBA (PI) 391

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EM PEQUENOS ESTUÁRIOS DA COSTA PORTUGUESA - TERÃO UTILIDADE NA GESTÃO COSTEIRA? 407

DISCUSSÃO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO FATORES DETERMINANTES PARA A OSCILAÇÃO DO NÍVEL DO MAR 429

ESTIMATIVA DO TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS NA COSTA BRASILEIRA..... 442

PARTE 5

MODELO TOPOBATIMÉTRICO DA DESEMBOCADURA DA LAGOA DOS PATOS E PLANÍCIE COSTEIRA ADJACENTE (BRASIL) OBTIDO ATRAVÉS DE DADOS DOS SENSORES ALOS-PRISM E LANDSAT 8-OLI 454

MAPEAMENTO SONOGRÁFICO DOS CANAIS DE MARÉ DE BARRA DE GUARATIBA (RJ)..... 465

ANÁLISE ESPACIAL DO CAMPO DE DUNAS DE PECÉM, BRASIL, A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO. 481

IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO TÊMPORO-ESPACIAL - ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NO LITORAL SUL NAS PROXIMIDADES DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM – RS/BRASIL. 492

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS OLI/ LANDSAT-8, ALOS/ PRISM E LIDAR PARA A REALIZAÇÃO DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA, CEARÁ, BRASIL 505

QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO EROSIVO NA PRAIA DO ICARAÍ (CEARÁ, BRASIL) ENTRE OS ANOS DE 2004-2018 ATRAVÉS DO MÉTODO DO POLÍGONO DE MUDANÇA..... 518

COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS SUPPORT VECTOR MACHINE E MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA GAUSSIANA PARA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS GEOEYE DAS ÁREAS DE DUNAS COSTEIRAS DA PRAIA DO CASSINO, RIO GRANDE, RS..... 527

UTILIZAÇÃO DE *WAVELETS* PARA INFERIR A BATIMETRIA A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE SAR 538

REVISORES CIENTÍFICOS

Abner Monteiro Nunes Cordeiro (Universidade Estadual do Ceará-UECE, Brasil)

Ana Ramos Pereira (Universidade de Lisboa, Portugal)

António Hoguane (School of Marine and Coastal Sciences, Eduardo Mondlane University)

António Teixeira Gomes (MARE, Universidade de Coimbra, Portugal)

Avelino Langa (Eduardo Mondlane University, Moçambique)

Carla Gomes (Universidade de Lisboa, Portugal)

Carlos de Araújo Farrapeira Neto (Faculdade Pitágoras e Universidade Aberta do Brasil - UECE, Brasil)

Celeste Coelho (Universidade de Aveiro, Portugal)

Cristina Bernardes (Universidade de Aveiro, Portugal)

Davis Pereira de Paula (Universidade Estadual do Ceará-UECE, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Brasil)

Diana Boaventura (Escola Superior de Educação João de Deus, Lisboa, Portugal)

Dimítri de Araújo Costa (Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil**)**

Eduardo Lacerda Barros (Instituto de Ciências do Mar-LABOMAR, Brasil)

Emiliano Castro de Oliveira (Universidade Federal de São Paulo-UNIFESP, Brasil)

Filomena Martins (CESAM, Universidade de Aveiro, Portugal)

Francisco José Maciel de Moura (Universidade Estadual do Ceará-UECE, Brasil)

Glairton Cardoso Rocha (Instituto Federal do Piauí-IFPI, Brasil)

Joana Gaspar Freitas (Instituto de Estudos de Literatura e Tradição - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa e Centro de História, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal)

João Alveirinho Dias (Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal)

João Capistrano de Abreu Neto (Universidade Federal do Ceará-UFC, Brasil)

Jorge Palmeira Ramos (Universidade do Algarve, Portugal)

Jorge Trindade (Universidade Aberta, Lisboa, Portugal)

José Paulo Monteiro (Universidade do Algarve, Portugal)

Luís Cancela da Fonseca (Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Universidade do Algarve, Faro, Portugal; MARE / Laboratório Marítimo da Guia, Cascais, Universidade de Lisboa, Portugal.)

Luísa Schmidt (Universidade de Lisboa, Portugal)

Mailton Nogueira da Rocha (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFCE, Crateús, CE - Brasil)

Marco Túlio Mendonça Diniz (Centro Regional de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Caicó, RN, Brasil)

Marisa Ribeiro Moura (Instituto Federal do Rio Grande do Norte-IFRN, Brasil)

Miguel da Guia Albuquerque (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, Campus Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil

Olegário Pereira (PPG-MA, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Brasil; Centro de Estudos da População Economia e Sociedade – CEPESE, Porto, Portugal).

Óscar Ferreira (Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal)

Paulo Pinto (Universidade de Évora, Portugal)

Pedro Proença da Cunha (Universidade de Coimbra, MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Portugal)

Raimundo Elmo de Paula Vasconcelos Júnior (Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geociências, Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, CE, Brasil)

Renan Pinheiro Guerra (Secretaria de Meio Ambiente do Ceará -SEMA, Brasil)

Rita Matildes (Universidade de Lisboa, Brasil)

Rodrigo Guimarães de Carvalho (Faculdade de Ciências Económicas, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Mossoro, RN, Brasil)

Rui Taborda (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal)

Tiago Abreu (Universidade do Aveiro, Centro de Estudos do Ambiente e do mar, Portugal)

AGRADECIMENTOS

O VIII Encontro da Rede BRASPOR ocorreu em Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul (Brasil) de 19 a 22 de outubro de 2018. Banhada pelas águas da Lagoa dos Patos, esta cidade recebeu pesquisadores de 151 cidades brasileiras e portuguesas. Promovido pela Rede BRASPOR, este encontro foi organizado conjuntamente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Rio Grande e a Universidade Federal do Rio Grande (FURG), com apoio do Curso de Geoprocessamento do IFRS, Programas de Pós Graduação em Educação Ambiental (PPGEA), Gerenciamento Costeiro (PPGC) e Geografia (PPGeo) da FURG, e dos grupos de pesquisa RIBOMBO da FURG e Geotecnologias e Meio Ambiente do IFRS.

Este encontro científico só foi possível graças ao apoio do Governo Federal, Ministério do Meio Ambiente do Brasil e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS); com patrocínios do Grupo AQUAPLAN (Empresas ACQUAPLAN, ACQUA Dinâmica, Mar Tethys e Appix), Espumantes do Sul, Sagres, Tecon Rio Grande S.A. e Wilson, Sons Terminais; e organização da T & M Organização de Eventos Ltda. A todas as instituições e empresas envolvidas, os nossos sinceros agradecimentos.

Um agradecimento especial aos colegas Prof. Dr. José Vicente Freitas (ICHI – FURG), Prof. Dr. João Nicolodi (IO – FURG), Prof. Dr. Milton Asmus (REINTER – FURG), Profa. Dra. Simone Sato (PPGeo – FURG), Prof. Dr. Solismar Fraga Martins (PPGeo – FURG), Prof. Dr. Daniel Prado (Pró-Reitor de Extensão – FURG), Prof. Dr. Eduardo Girotto (Pró-Reitor de Pesquisa – IFRS), Profa. Dra. Derocina Campos Sosa (ICHI – FURG), Prof. Dr. Carlos Tagliani (IO – FURG),Prof. Dr. Lauro Calliari (IO – FURG), Sr. Paulo Pires (Técnico Administrativo – FURG), Sr. Walter Fernandes (Diretor de Administração – IFRS), Sr. Roberto Fossati (Técnico Administrativo – IFRS), Sr. Adriano Barbosa (Técnico Administrativo – IFRS), Oceanólogo Rafael Kunster, Biológo Vitor Souza, Sra. Thammy Barreto e toda sua equipe da T & M Eventos, a Universidade Federal do Rio Grande pela disponibilidade do CIDEC - Sul, a TV FURG e ao Instituto Socioambiental de Educação - ISCA pelas transmissões ao vivo via *facebook.*

Finalmente deixamos um agradecimento especial aos revisores científicos deste volume, que contribuíram com críticas e sugestões, tornando possível o lançamento de mais uma obra sob a chancela da Rede BRASPOR.

APRESENTAÇÃO

VIII ENCONTRO DA REDE BRASPOR

Foi uma grande honra para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Rio Grande e a Universidade Federal do Rio Grande (FURG) terem recebido, em outubro de 2018, o VIII Encontro da Rede BRASPOR, que reuniu diversos especialistas no estudo de sistemas costeiros, do Brasil e de Portugal. Durante quatro dias, vários investigadores trocaram experiências e apresentaram estudos que, não só deram de conhecer a realidade dos ambientes costeiros dos dois lados do Atlântico, como também chamaram a atenção para a necessidade das pesquisas buscarem cada vez mais sair da sua zona de conforto, com abordagens mais inter e multidisciplinares.

A Rede BRASPOR é composta por quatro (04) grandes áreas temáticas: vulnerabilidade e riscos futuros na zona costeira brasileira e portuguesa; interações homem-meio nas zonas costeiras e nas bacias hidrográficas; serviços ecossistêmicos em áreas costeiras e marinhas; e evolução costeira e paleogeografia. O evento realizado se propos a promover e integração disciplinar, metodológica e de dados, propiciando a criação de novas informações e metodologias que envolvam os estudos ligados aos sistemas costeiros; promover uma discussão mais ampla e integrada dos riscos existentes nas zonas costeiras (riscos físicos, sociais, ecológicos, econômicos, geológicos, culturais, oceanográficos, de saúde pública e químicos), bem como formas de mitigação dos mesmos; promover uma integração entre pesquisadores dos dois países, com vistas a novas parcerias no âmbito da pesquisa e inovação, bem como a promoção do processo de internacionalização.

Após ter percorrido as regiões Sudeste (Paraty - Rio de Janeiro, 2012), Norte (Manaus – Amazonas, 2014) e Nordeste (Fortaleza – Ceará, 2016) do Brasil foi a vez da região Sul em 2018 receber o VIII Encontro da Rede BRASPOR. A sede do evento foi a cidade do Rio Grande – Rio Grande do Sul, tendo em vista à relação da cidade e de suas instituições de ensino superior com o mar. Agradeço a todos aqueles que fizeram possível esse encontro na cidade do Rio Grande.

Miguel da Guia Albuquerque
Vice-coordenador Brasileiro da
Rede BRASPOR
Presidente do VIII Encontro BRASPOR

PREFÁCIO

"Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras" foi à temática abordada pela Rede BRASPOR na sua oitava edição. A temática escolhida dialoga com as atuais discussões referentes ao litoral, onde muitos estudos são realizados nas mais diferentes áreas, mas muitas vezes não ocorrem com um efetivo dialogo e correlação entre as mesmas. No âmbito das discussões dos ambientes costeiros tanto no Brasil quanto em Portugal, as zonas costeiras em geral se caracterizam por serem locais democráticos, de recreação e lazer, caracterizando o litoral como um fator econômico importante para determinados países. No contexto dos debates sobre os processos ocorridos nos dois lados do Atlântico, o conhecimento dos processos que ocorrem nesses ambientes seja em relação aos aspectos físicos, químicos, geológicos, socioculturais, patrimoniais, dentre outros, são fundamentais para uma gestão, manejo e implementação de políticas públicas adequadas nessas localidades.

Esta obra aborda desde temas como a cartografia histórica, estudo de paleofáceis, eventos extremos, pesca, sociabilidade e resiliência dos ambientes, modificação da paisagem e crescimento urbano, impactos ambientais; até temáticas mais recentes como a inserção das geotecnologias no estudo dos ambientes costeiros e a problemática do descarte de materiais plásticos nas zonas costeiras. A complexidade dos fatores que interagem com essas temáticas remetem a importância de políticas públicas cada vez mais efetivas, e debates mas frequentes com a sociedade. Por fim, as diferentes ideias discutidas ao longo desse Tomo VIII refletem a importância e a preocupação com o fortalecimento desse olhar inter e multidisciplinar, que a comunidade de investigadores da Rede BRASPOR vem dando ao longo das suas últimas edições.

Miguel da Guia Albuquerque
Vice-coordenador Brasileiro da Rede BRASPOR
Presidente do VIII Encontro BRASPOR

PARTE 1

Interações Homem-Meio nas Zonas Costeiras e nas Bacias Hidrográficas

Capítulo 1

Uma praia em preto e branco: aportes imagéticos na relação ser humano-meio

Capítulo 2

Perfil socioeconômico dos pescadores brasileiros (1970- 2010)

Capítulo 3

Análise das mudanças ambientais da cidade do Rio Grande – RS (1737-2017) usando dados da cartografia histórica

Capítulo 4

Na beira da praia: sociabilidades na orla marítima do Rio Grande do Sul (1900-1950)

Capítulo 5

A gestão costeira no Ceará (Nordeste, Brasil): políticas, estratégias e experiências

Capítulo 6

Uma avaliação do gerenciamento de praias através da análise bibliométrica

Capítulo 7

Agentes modeladores da paisagem litorânea: um estudo sobre o balneário cassino no município de Rio Grande - RS

Capítulo 8

Identificação dos impactos ambientais e quantificação das formas de uso e ocupação do solo da área de proteção ambiental do estuário do rio Pacoti, Ceará, Brasil

Capítulo 9

O plástico nas praias da ilha de São Vicente, Brasil: da carência social ao registro sedimentar

Capítulo 10

Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil (1913 – 2016): análise descritiva e da variabilidade

Capítulo 11

Aspectos hidroclimáticos e análise do balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú, Noroeste do Ceará, Brasil

Capítulo 12

Influência do crescimento urbano na qualidade da água da lagoa de Maricá, Rio de Janeiro / Brasil

Capítulo 13

Morfodinâmicas do relevo da área de influência da planície costeira de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil)

Capítulo 1

Uma praia em preto e branco: aportes imagéticos na relação ser humano-meio

UMA PRAIA EM PRETO E BRANCO: APORTES IMAGÉTICOS NA RELAÇÃO SER HUMANO-MEIO

Rachel Hidalgo[1], Felipe Nóbrega Ferreira[2] & José Vicente de Freitas[3]

[1] Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Av. Itália km 8, s/n – Carreiros – Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96203-900, rachelhidalgomz@gmail.com, (corresponding author).
[2] Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Av. Itália km 8, s/n – Carreiros – Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96203-900, ffnobregaea@gmail.com.
[3] Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Av. Itália km 8, s/n – Carreiros – Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96203-900, jvfreitas45@gmail.com.

RESUMO

A proposição deste trabalho é adentrar ao mundo-texto da imagem produzida pelo artista rio-grandino Thierry Rios (1949), na ocasião de registro fotográfico da zona costeira da cidade do Rio Grande, no Rio Grande do Sul, com a qual representa a interação de sujeitos/as com a praia em uma foto em P&B - parte da coleção chamada “Cassino, meu amor”, de 2016. A leitura que se apresenta é baseada em exercício interpretativo, com horizonte epistemológico qualitativo, e traz categorizações que irão se complementar na busca de uma interdisciplinaridade própria do campo da Educação Ambiental. Com isso, a pretensão é contribuir com uma reflexão sobre a influência que textualidades imagéticas podem ter na formação cultural por meio da produção de sentidos, enraizada nas experiências e, portanto, na cultura visual.

Palavras-chave: Fotografia; Educação Ambiental; Zona Costeira; Pesquisa Qualitativa.

A BEACH IN BLACK AND WHITE: IMAGING CONTRIBUTIONS IN THE HUMAN RELATIONSHIP-HALF

ABSTRACT

The purpose of this work is to enter the text-world of the image produced by the artist rio-grandino Thierry Rios (1949), at the time of the photographic registration of the coastal zone of the city of Rio Grande, in Rio Grande do Sul (Brazil). The photo in B&W - part of the collection called "Cassino, meu amor", from 2016, represents the interaction of subjects with the beach in. The reading that is presented here is based on an interpretative exercise, with a qualitative epistemological horizon, and it has categorizations that will complement each other in the search for an interdisciplinarity in the field of Environmental Education. The intention is to contribute with a reflection about the influence that imagistic textualities can have on the cultural formation through the production of meanings, rooted experiences and, therefore, in the visual culture.

Key-words: Photography; Environmental education; Seaside Resort; Qualitative research.

INTRODUÇÃO

"A poesia da imobilidade". Tal expressão[1] é famosa nos circuitos em que se pensa e se admira a expressão fotográfica. O fato é que essa estaticidade pode gerar mais do que um instante de sensações, é capaz de produzir conhecimento a partir do momento em que é utilizada como parte de um processo de reflexão, antes ou depois do ato fotográfico.

Nesse sentido, é possível pensar a fotografia em dois aspectos. O primeiro, quando se observa as dimensões que são captadas pelo plano fotográfico, isto é, se tratando de algo que ocorre no espaço e no tempo. Já o segundo, implica capacidade de reconstituição das informações ausentes que é realizada pela imaginação. É nesta etapa que solicitamos um repertório particular para complementar o conhecimento iniciado na ocasião da produção de uma imagem.

Se este empenho configura a escolha de informações imagéticas específicas, aquilo que ele pode proporcionar ultrapassa as medidas do enquadramento escolhido: tem a ver com a experiência humana. Colocar-se na posição dessa relação entre quem fotografa e quem, ou o quê, é fotografado. Se desfazer do caráter objetivo, valendo-se das tantas metáforas que a fotografia proporciona, e se dar conta da subjetividade que se insere neste mesmo quadro é a entrada para o mundo-texto (CARVALHO, 2002) que as fotos reservam. Para o seu alcance, é necessário assumir a subjetividade construída a partir dos "lugares" para os quais já apontamos as nossas lentes alguma vez e da profundidade com a qual o fizemos.

Baseando-se em Benjamin (1985)[2] no que diz respeito à subjetividade, sendo esta influente na organização dos eventos discursivos, neste trabalho toma-se tal coparticipação do/a espectador/a da imagem como elemento fundamental para a abstração daquilo que está sendo representado. Da mesma forma que Vilém Flusser (1985) e Philippe Dubois (1993), que apresentam em suas pesquisas a fotografia como transformação da realidade, neste texto, intenciona-se compartilhar considerações produzidas a partir de uma fotografia e do repertório de um campo de conhecimento.

Assim, utilizando como disparador a imagem de uma praia criada pelo fotógrafo rio-grandino Thierry Rios, e como base o campo da Educação Ambiental, que se refere às "representações sociais, o conhecimento científico, às experiências vividas histórica e individualmente com o meio natural" (REIGOTA, 1991, p.35), o objetivo deste estudo é interpretar o ponto de intersecção entre tal fotografia e campo, direcionando esforços para a área delimitada da zona costeira da cidade de Rio Grande/RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como interpretar uma imagem fotográfica junto à Educação Ambiental? O que está exposto e o que é velado em um registro imagético? Ainda, o que está por trás da imagem e funde-se às intencionalidades de quem fotografa um ambiente litorâneo?

O método utilizado no empreendimento conta com a teoria chamada *Scannning*: "movimento de varredura que decifra uma situação" (FLUSSER, 1985, p.5), proposta pelo filósofo Vilém Flusser. Em uma abertura de diálogo dessa metodologia com outros campos de pesquisa, tal exercício será elaborado levando em consideração enquadramentos

[1]A expressão é inspirada na frase "A fotografia é a poesia da imobilidade: é através da fotografia que os instantes deixam-se ver tal como eles são", atribuída ao poeta Peter Urmenyi.

[2] Em seu ensaio "O Narrador – Considerações sobre a obra de Nikolai Leskov"(1936), em que reverencia a beleza e a superioridade da narrativa ilustrada pelas lendas folclóricas russas, o autor evidencia a subjetividade neste tipo de expressão, tratando-se de uma experiência coletiva, que exige troca entre as pessoas. É neste mesmo trabalho que o autor desenvolve uma pioneira análise sobre "as vias de extinção", as quais essa forma de arte estava sujeita.

representativos de uma morfologia praial (VIlLWOCK & MARTINS, 1972), criando com isso parâmetros e categorizações que irão se complementar na busca de uma interdisciplinaridade própria do campo da Educação Ambiental.

Para sustentar o uso de metodologias qualitativas, em qual se localiza esta proposição, Nibaldo Triviños (1987) aponta para três fatores comuns em pesquisas do mesmo âmbito, tais quais: "1) a tendência de natureza desreificadora dos fenômenos, do conhecimento e do/a ser humano/a, e a rejeição da neutralidade do saber científico; 2) a postura de uma 'pesquisa participante' visando um enfoque dialético, com objetivo de transformar a realidade que se estuda; 3) os obstáculos que surgem da generalização, o que exige atenção redobrada para não recriar uma linearidade científica em que as respostas já estão dadas à priori visto o caráter 'relativamente parcial'" (TRIVIÑOS, 1987, p. 125-126).

Indo ao encontro das palavras colocadas pelo autor, é possível dizer que, por esta perspectiva, o ambiente é uma fonte direta de dados e o/a pesquisador/a interessa-se pelo processo e, também, por aquilo que pode ser dito além do mesmo, sendo tais elementos centrais para discussão do problema que se impõe à análise. As palavras de Philippe Dubois (1993) colaboram para essa compreensão quando argumenta que "a imagem fotográfica não é um espelho do neutro, mas um instrumento de transposição, de análise, de interpretação e até de transformação do real, como a língua, por exemplo, assim, também, culturalmente modificada" (DUBOIS, 1993, p. 26).

Nesse percurso da produção de uma imagem, o ato fotográfico possui primeiro uma potência subjetiva inerente. Como em um espelhamento entre olhares, a construção de sentidos se dá no processo, transcende a intencionalidade individual do/a fotógrafo/a quando ocorre o encontro com aquilo que é fotografado. Da mesma forma, adquire potência transformadora ao possibilitar, através desse encontro, construir outro olhar sobre o ambiente que o/a cerca. Daí a importância em tornar a fotografia um elemento a ser problematizado e interpretado junto ao campo da Educação Ambiental, encarando esse suporte não como um dado acabado, mas sim como um registro sensível que é capaz de projetar ações educativas nos mais variados contextos.

Para realização desse trabalho foi escolhida, após pesquisa exploratória inicial, uma das fotografias[3] do artista rio-grandino Thierry Rios, profissional que criou a coleção "Cassino, meu amor", em 2016. Tal acervo diz respeito ao conjunto de 37 imagens referentes à praia do Cassino, localizada na cidade de Rio Grande/RS, e que se estende por 220 km da faixa do litoral gaúcho em um cenário ecossistêmico formado por campos de dunas, banhados e um conjunto de lagoas e lagunas costeiras.

A imagem fotográfica a ser trabalhada possui o seguinte enquadramento: em primeiro plano, um ciclista que olha diretamente para a lente da câmera. Sua imagem não é captada em sua totalidade, assim, não podem ser vistos uma porção da cabeça, braços, pernas e uma parcela do tronco. Ao fundo, a linha do horizonte; a presença de banhistas que parecem os/as responsáveis pelo carro estacionado na faixa de areia, com as portas abertas.

[3] O material fotográfico produzido pelo artista não possui identificação nominal, ou mesmo numérica para referência pormenorizada. A exposição dessas imagens ocorreu em 2016, em parceria com o Ponto de Cultura Art'Estação, localizado no Balneário Cassino.



Material: A praia do Cassino, Rio Grande/RS. Coleção: Cassino, Meu Amor (RIOS, 2016).

Também é possível notar a praia sob tons de cinza - estética provocada por técnica conhecida como P&B (preto e branco ou preto sobre o branco), que torna a imagem registrada mais distante do olhar humano/a comum (colorido) e, por este motivo, favorece um registro além da realidade ou de *uma outra* realidade (SONTAG, 1981).

Tais informações que estão à superfície deste plano fotográfico é que são submetidas ao método mencionado, o *Scanning*:

> O traçado do scanning segue a estrutura da imagem, mas também impulsos no íntimo do observador. O significado decifrado por este método será, pois, resultado de síntese entre duas "intencionalidades": a do emissor e a do receptor. Imagens não são conjuntos de símbolos com significados inequívocos, como o são as cifras: não são "denotativas". Imagens oferecem aos seus receptores um espaço interpretativo: símbolos "conotativos" (FLUSSER, 1985, p.7).

Com um "vaguear profundo" do olhar por uma imagem são estabelecidas determinadas relações significativas e de significações. Elas são construídas de acordo com um tempo que, diferentemente do linear, faz com que sejam causais entre eventos. Levando em conta que as imagens são mediações entre o/a ser humano/a e o mundo, ao estabelecer tais relações, criamos entreposições singulares em meio a esse tensionamento.

Assim, considerando que "quando um astrônomo dirige o telescópio para as estrelas, é o próprio universo que olha para si mesmo" (BOFF, 1995, p.186), a análise da imagem produzida levou em conta que o conhecimento a ser elaborado seria o resultado desta localização espaço-temporal do/a ser que "estuda a si mesmo". Do contrário, ao invés de trabalhar com as imagens em função do mundo, o que ocorreria seria a consideração da vida humana em função de imagens, o que constaria em uma alienação dos instrumentos criados pelos/as próprios/as seres humanos/as (FLUSSER, 1985).

Em "Elementos da Semiologia" (2006), é Roland Barthes quem aplica os termos denotação/conotação, sendo que o primeiro trata-se do sentido literal ministrado a uma palavra ou significante; e o último, a capacidade que o signo linguístico tem de receber significados que se ligam ao seu sentido original por conta de um mesmo idioma. Entretanto, os dois autores apresentam uma diferença teórica que, aqui, importa sublinhar: enquanto para Barthes a fotografia é uma "emanação do real", em que "o poder de autenticação sobsome o de representação" (ALONSO, 2016, p.191); para Flusser (1985), o aspecto da codificação é um elemento central.

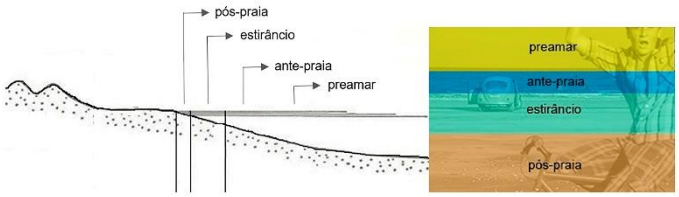
Tal reflexão é importante à medida que, aqui, a intenção é apresentar um objeto de estudo que não representa uma imaginação sobre o mundo, mas uma imaginação sobre um mundo-texto (CARVALHO, 2002) que, por sua vez, concebe uma imagem para imaginar o mundo permeada de abstrações , seguindo, assim, as orientações de Flusser (1985). Desse modo, a fotografia é fruto de uma técnica que elabora um texto científico aplicado endereçado a uma posição histórica e ontológica.

Nesse sentido, no ponto de vista defendido por este artigo, "o que vemos ao contemplar as imagens técnicas não é 'o mundo', mas determinados conceitos relativos ao mundo, a despeito da automaticidade da impressão do mundo sobre a superfície da imagem" (FLUSSER, 1985, p.10). Este conceito também pode ser exemplificado por meio da pesquisa de Leandro Belinaso Guimarães (2015), ao emoldurar sua postura crítica na análise de imagens jornalísticas relativas à sustentabilidade.

Em "A (in)sustentabilidade da imagem*"* (2015), o autor aborda tais termos contemplando esse movimento que vai do olhar subjetivo entrecruzado entre a imagem, quem produz e quem visualiza a produção fotográfica – processo que Guimarães complexifica quando trata, também, da decomposição da imagem. Distante de emancipar a sociedade da necessidade de pensar conceitualmente, as imagens técnicas carregam textos, discursos e têm a capacidade de gerar novas produções a partir de quem as vê.

É nesse sentido que o *Scanning* (FLUSSER, 1985) se coloca em execução neste trabalho, ao metaforicamente "escanear" a imagem da praia do Cassino, no ano de 2016, com o intuito de "decifrar" elementos que possam se desdobrar em maiores informações sobre o que está sendo representado. Tal processo resultou na divisão da imagem em 4 setores ou seções que atuam, entrecruzando-se, como diferentes linhas de análise referenciadas na Educação Ambiental: 1) conscientização de um mundo-texto; 2) relação dos/as sujeitos/as com o mar; 3) práticas insustentáveis; 4) o fotógrafo anunciado.

As divisões sugeridas foram sobrepostas à imagem fotográfica utilizando como referência a morfologia praial transversal referenciada para os estudos de Villwock & Martins (1972). Visto em duas dimensões, primeiro sob o ponto de vista esquemático transversal de sua origem e, depois, frontal aplicado à imagem sugerida no presente trabalho:



Método: O Scanning sobreposto com referências da morfologia praial aplicada à imagem (elaboração própria).

A seguir, são apresentadas as discussões orientadas por tais resultados e os efeitos que podem surtir na prática sociocultural do ponto de vista da Educação Ambiental, apontando para diálogos possíveis dentro deste campo com o auxílio do suporte fotográfico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Scanning 1 - Preamar: conscientização de um mundo-texto

Resultante da atração gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua sobre a Terra, o nível do mar oscila periodicamente. Desta forma, as águas sobem e descem entrando em estado de preamar, no momento em que a maré atinge sua linha máxima, e em baixa-mar, quando atinge a linha mínima (CALLIARI et al, 2003).

A mesma compreensão sobre as marés foi utilizada como inspiração para a primeira linha de análise da fotografia indicada que, neste caso, destaca o céu e uma parte do ciclista em primeiro plano: o homem que se vê fotografado. A expressão em seu rosto, demonstrando o olhar diretamente para a lente da câmera, anuncia ao/à espectador/a que não se trata de uma janela para o mundo real, mas uma imagem produzida sobre esta praia por alguém: a materialidade

de um pensamento intrínseco, ainda que em entrelinhas.

Outro ponto que dita semelhante sentido é o recorte e o desfoque da pessoa no plano fotográfico. O estranhamento, causado por valores estéticos construídos culturalmente por meio de uma padronização do conceito de beleza, faz com que as "imperfeições" - o recorte incompleto do corpo do ser humano em primeiro plano - destruam a barreira imaginária que separa o universo da imagem de seu público, contestando a pretensa neutralidade da câmera e a pseudo-objetividade da imagem (DUBOIS, 1993).

As características acima apontam para o confronto surgido do encontro entre a imagem de uma praia fotografada e as considerações de quem examina essa representação. Como mencionado anteriormente no percurso deste artigo, tal compreensão é inerente a subjetividade do/a agente social espectador/a e, por isso, está sujeita à atração gravitacional que as relações significativas presentes na imagem podem provocar.

Neste escopo, o primeiro elemento de análise é a expressão no rosto do ciclista, captada em um momento de aparente surpresa. Lembrando que a fotografia oferece uma imagem determinada, ao mesmo tempo, pelo ângulo de visão escolhido - por sua distância do objeto e também pelo enquadramento - nesta etapa o foco está na iminente provocação feita pelo fotógrafo.

Assim, a experiência da interpretação aponta para uma discussão possível para a Educação Ambiental: a conscientização sobre a existência de um discurso que pode estar atrelado à elementos ocultos. Sem estar enclausurado nas tramas do "dispositivo da sustentabilidade" (GUIMARÃES, 2015) até este momento, este setor da imagem faz com que a presença do homem em primeiro plano, ainda que desfocada, alerte para a ideia de que entre a fotografia e o que vemos algo se passa, outras relações proliferam.

Assim, o espelhamento entre olhares pode tornar-se desconcertante na medida em que o super-close no rosto incompleto do homem chama a atenção do/a espectador/a para si próprio. A sua presença ocupa cerca de 60% da imagem fotográfica, ainda que tenha o foco ajustado para encaminhar a vista para o restante da imagem, mantém com um pequeno espaço dos olhos do sujeito a forte mensagem de que há mais alguém ali, além dele e de quem vê a imagem. Sua denúncia emoldura mais do que a metade da foto, anunciando a presença de um/a terceiro/a.

Esse sentido é, ironicamente, o que acentua as saliências que sobressaltam à horizontalidade da praia. Entre as faixas de areia, mar e céu, há contextos ambientais que propõem outras leituras, a ponto de não se enxergar somente uma imagem, mas um mundo-texto carregado de sentidos que se fazem ver, recordar/imaginar e sentir.

Scanning 2 - Antepraia: relação dos/as sujeitos/as com o mar

A segunda seção em análise acena para a relação dos/as sujeitos/as com o mar a partir da presença de dois/duas banhistas na área de antepraia da imagem, buscando evidenciar as representações que foram forjadas a partir de uma intersecção no território rio-grandino entre natureza litorânea e cultura.

Com um olhar retrospectivo, como quem opera o *zoom* de uma lente, é preciso dizer aqui que o Balneário Cassino foi inaugurado em 1890, quando era então chamado de Villa Sequeira. Ao ser criado um prospecto para o uso do distrito costeiro, que envolvia um leque de possibilidades recreativas àqueles/as que buscavam a costa, tem início um processo de transição de uma localidade que estava relegada ao abandono público para uma ocupação que levava em consideração, inclusive, a oportunidade de uso para os banhos de mar (FERREIRA, 2017).

Assim, a praia para banhos no extremo meridional brasileiro foi "inventada", utilizando aqui a compreensão epistemológica de Alain Corbin (1989, p. 266), quando o mar deixa de ser somente umelemento natural, físico, e passa a ganhar outros sentidos (FERREIRA, 2017).

Ao visualizar banhistas no mar da praia do Cassino em uma fotografia, se abre a possiblidade de fazer emergir sentidos, com suas marcas de historicidade e indícios, acionados pelo processo de *scanner,* para interpretar tais sinais e inspirar novos diálogos. E a foto é, então, um acesso à relação dos/as sujeitos/as com as águas em sua historicidade permanente, relacionado aos suportes de observação e criação de sentidos sobre a mesma. Nese sentido, referindo-se, por exemplo, à passagem de um suporte textual à ima imagem ideal.

Como suporte textual aponta-se à associação de uma descrição de praia impressa no jornal que, neste caso, reivindica a capacidade de abstração das pessoas em suas correlações de significados com a imagem fotográfica. Esta última, tratando-se, então, da imagem ideal, ou seja, aquela que é cristalizada no imaginário e que estabelece uma caracterização do instante a ser reproduzido enquanto referência.

Nesse processo, considera-se ainda o auxílio das pinturas costeiras descritas na obra de Corbin (1989) e que surgem também como intersecção dessa relação entre o texto e a imagem a ser apreendida do que vem a ser uma praia na modernidade, sugerindo diferentes "visões" sobre a praia.

Fotografar a praia, posicionar-se com a câmera em frente ao mar, então, é um processo histórico de leitura desse mundo-texto singular, carregado de marcas históricas que orientam escolhas que nada possuem de aleatórias. O registro da relação natureza-cultura é um ato sensível das mulheres e dos homens no tempo, e por isso, elemento a ser captado pela análise dessas construções de lentes sobre um determinado território.

Ao lançar um olhar pormenorizado ao universo da antepraia é possível ainda retornar ao primeiro conjunto de postais fotográficos produzidos pelos irmãos Fontana em 1890 (FERREIRA, 2012), quando esses estabeleceram um modelo de apresentação da praia em que a relação dos/as sujeitos/as com o mar é ressaltada pela constante manifestação de olhares que recriassem o território marinho e terrestre em interação, acentuando a amplitude costeira dessa faixa litorânea do Rio Grande do Sul. Estar diante de uma praia vasta em suas proporções é, portanto, estabelecer enquadramentos que valorizem tal característica, e o trabalho do fotógrafo em questão integra esse circuito sensível de apropriação da praia do Cassino em suas representações históricas.

A Educação Ambiental enquanto área que se dedica ao estudo, justamente, dessa intersecção entre sociedade e natureza a partir de um posicionamento crítico que perfaz a trajetória dos seus próprios fundamentos, encontra assim um diálogo possível na fotografia de Thierry Rios.

Scanning 3 - Estirâncio: práticas insustentáveis

A seção que corresponde à zona de estirâncio aponta para o carro estacionado na faixa de areia. Entretanto, diferentemente de imagens que podem apresentar outras práticas insustentáveis, como um aterro sanitário a céu aberto ou um pedaço de plástico jogado no mar, a presença do automóvel na areia da praia do Cassino não gera tamanho incômodo.

Assim, não é possível dizer que a foto convida a uma crítica relacionada a sustentabilidade em linhas gerais. O que se vê é um problema, porém a imagem

não abriga uma mensagem sobre o impacto ambiental[4], dado um caráter cultural intrínseco ao registro, e esse diz respeito, justamente, a presença do carro na faixa de areia.

E aqui, para tal inflexão, cabe retomar os apontamentos de Guimarães sobre o que podem ser consideradas zonas de invisibilidade no contexto da produção de imagem: "Estivemos acostumados (ao menos desde os movimentos contestatórios ecologistas dos anos 1960 e 1970), quando se tratava de mostrar didaticamente a poluição, a ver fumaça saindo de fábricas" (GUIMARÃES, 2015, p.28), algo ainda visível e reconhecível na cultura do tempo presente. Desta forma, enxergar a problemática que envolve o elemento apontado nesta etapa da análise depende de determinados subsídios que podem ser sustentados por uma experiência de lugaridade (GRÜN, 2008) ou por uma aproximação aos debates que compõem as preocupações ambientais.

Uma prática cultural datada entre as primeiras décadas do século XX, a possibilidade de estacionar o veículo automotor junto à orla não surpreende. Nessa faixa do litoral gaúcho é comum visualizar carros e motos estacionados entre o cordão de dunas e o mar, ocupando esse espaço em forma de linhas paralelas à costa, as quais ainda estabelecem um corredor próprio para mobilidade desses veículos, permitindo a livre circulação dos mesmos durante todo o ano e, especialmente, durante o período de veraneio.

Esse tipo de acesso a praia, que pode passar despercebido, parece oferecer uma forma de lazer baseada na comodidade que imputa ao/à frequentador/a do balneário. Algo que cabe como reflexão principalmente a partir da informação de que tal modelo de uso do espaço foi transformado em Patrimônio da Cultura Imaterial da Cidade de Rio Grande através de Projeto de Lei Nº 43/2017 de 02 de março de 2017 (FERREIRA, 2017).

Elaborado pela câmara de vereadores/as da cidade, e sancionado pelo executivo em sua integralidade textual no mesmo ano, essa prática foi transformada em elemento a ser salvaguardado pelo município. A iniciativa de lei justifica que o patrimônio imaterial é transmitido de geração para geração, constantemente recriado e enraizado no cotidiano em sua vinculação territorial e, portanto, identitária (PROJETO DE LEI Nº 43/2017,). E aqui, portanto, já é possível perceber a condição de "invisibilidade" inerente à imagem, a qual traz em si um contexto cultural que referencia uma insustentabilidade enraizada nas experiências e, portanto, da cultura visual que fornece historicidade a essa praia.

E, como argumenta Ferreira (2017, p. 61), uma, entre tantas questões a serem levantadas, diz respeito a uma condição básica. Mesmo a lei sendo sancionada pelo que trata como status de "imaterial", o carro, o veículo automotor, é um item material, isto é, ele existe fisicamente, está na linha de praia estacionado ou em circulação, assim, consequentemente, em constante impacto com a natureza.

A evidência de tal aspecto se confirma de forma mais taxativa por ser objeto de discussão há cerca de quinze anos entre pesquisadores/as que estudam o local. Algo que pode ser exemplificado pelo argumento de Vieira et al. (2004) no trabalho "O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso":

> A praia do Cassino, localizada na Costa sul-rio-grandense apresenta, provavelmente, uma das faixas de praia mais impactadas pelo trânsito de veículos no mundo. Fatores históricos, culturais, geomorfológicos e uma interpretação errônea permitem o trânsito de

[4] Para este termo, persegue-se a compreensão da autora Lygia Sigaud, quando aponta que os impactos ambientais tratam-se de alterações que fazem parte de um processo em movimento, o que impossibilita as mensurações espaciais e temporais (SIGAUD, 1988).

> veículos de qualquer tipo sem qualquer restrição (VIEIRA et al, 2004, p. 55).

A omissão de que existe um impacto ambiental, e esse pode ser significativo, quando se fala de uso de veículos à beira mar, parece estar inserida naquilo que autores/as chamam de "interpretação errônea". Em verdade, tal interpretação não é um dado aleatório, mas sim parte de uma cultura que demonstra uma forma dos/as sujeitos/as projetarem os sentidos ambientais que perpassam tal situação.

Enfim, durante o debate sugerido como possibilidade de interlocução a partir da imagem de Rios, é preciso reconhecer que se está diante da discussão de uma prática cultural, a qual foi estabelecida dentro de um contexto específico, de um espaço e de um tempo que merecem ser problematizados a partir desses critérios. Nesse sentido, a compreensão elaborada pelo uso do suporte fotográfico pode auxiliar para a atualização de uma discussão como essa, à luz de contemporaneidade que perceba inflexões ambientais que antes não estariam na imagem captada, nem na sua trajetória de mediação contextual.

Scanning 4 - Pós-praia: o fotógrafo anunciado

Este tópico localizado na região de pós-praia da foto se trata de algo que não é visto, entretanto, está nas entrelinhas da imagem. Trazendo à tona, novamente, o primeiro elemento de discussão apontado neste artigo - o rosto do ciclista disposto na primeira linha analisada pelo *scanner*, a quarta e última seção configura-se, então, como o fechamento de uma moldura.

E isso porque, apesar do anúncio que acusa a existência de um fotógrafo estar implícito na linha de preamar da foto, a localização da pessoa física está, de fato, na linha de pós-praia, onde a distância permitiria a captação do ângulo que é visto pelos/as espectadores/as.

Assim, coloca-se neste momento da análise o sujeito Thierry Rios, o artista que tem a praia do Cassino como seu local de nascimento e como objeto da memória afetiva - elementos que colaboram efetivamente na ocasião do ato fotográfico, levando-se em conta a subjetividade que transfere à imagem. A partir dessa noção, indica-se examinar seu trabalho como a imagem produzida por um rio-grandino, ou em seu caso, por ser um antigo morador do balneário, um "Cassineiro" – gentílico popular incorporado pelos/as habitantes para promover uma distinção social em relação àqueles/as que só procuram a praia do Cassino durante a temporada de veraneio. É desse lugar que fala o artista quando decide, em alusão ao famoso filme "Hiroshima, mon amour, de Alain Resnais (1959), chamar sua exposição de "Cassino, meu amor".

É perfazendo a mesma atmosfera de fluxo afetivo que recobre a narrativa cinematográfica, que conta uma história de amor alicerçada na memória que se atualiza, que Rios faz do uso da técnica P&B um elemento que mais do que reforçar, institui um olhar "Cassineiro" sobre o Lugar.

Na integralidade de sua coleção, pode-se perceber esse exercício sensível de encontrar imagens do Balneário Cassino que elaborem uma pertença estabelecida a partir de um roteiro histórico representativo em sua grafia. Ele escrutina as ruas, as árvores, evidencia personagens que compõem o Lugar, apreende rotinas e, claro, mostra a praia que fornece a todos/as um horizonte comum, o da litoraneidade.

O olhar que ele lança sobre a praia é o acúmulo dessas experiências que transcendem o espaço físico, e elaboram mesmo um imaginário que incide sobre essa relação natureza e cultura representada na liminaridade desse ambiente marinho e terrestre. A praia, então, passa a ser um artefato sensível no exato momento em que compreende-se que, todo e qualquer registro elaborado sobre ela, irá refletir uma lugaridade

inerente, e portanto, uma sensibilidade que se irradia do individual ao coletivo.

CONCLUSÃO

O presente artigo propõe a interpretação de uma imagem fotográfica – a representação de uma praia concebida por um artista local - como um núcleo de sentidos potentes sobre as relações humanas, compreendendo este material a partir de uma "perspectiva holística, enfocando a relação entre o ser humano, a natureza e o universo de forma interdisciplinar" (TRATADO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 1992).

Em interlocução com tais parâmetros, a concepção de Educação Ambiental de Isabel Cristina de Moura Carvalho (2002) contribui com o argumento de que, entre a fotografia e o campo da Educação Ambiental, existe um solo fértil para estudos que buscam a interpretação de sentidos ambientais:

> A busca dos sentidos da ação humana que estão na origem dos processos socioambientais parece sintetizar bem o cerne do fazer interpretativo em educação ambiental. Ao evidenciar os sentidos culturais e políticos em processos de interação sociedade-natureza, o educador seria um intérprete das percepções – que também são, por sua vez – interpretações humanas no meio ambiente (CARVALHO, 2002, p. 31).

Neste ínterim, adentrar ao universo da imagem que representa a interação de sujeitos/as com a praia, e ajustar o foco para sublinhar uma compilação de sentidos ambientais postos nas entrelinhas da tessitura do material, faz com que não somente haja uma proposição para o uso de expressões artísticas como suporte possível neste campo, mas também acena para possibilidades de intervenções socioambientais através da fotografia. Tal dinâmica pode, ainda, ser considerada um ponto de encontro entre sujeitos/as envolvidos/as na trama da subjetividade acerca de cada registro e daquilo que é capaz de produzir *além-mar*.

Dessa forma, nos termos de uma gestão costeira integrada, pretende-se que este trabalho – ainda em fase de desenvolvimento - auxilie na criação de um repertório imagético capaz de problematizar e mobilizar sensibilidades costeiras sustentáveis, através de narratividades que podem surgir por meio desse tipo de linguagem, potencializando ações educativas ligadas à zona costeira.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi realizado como trabalho parcial de pesquisas empreendidas durante bolsa de estudos apoiada pelo Programa CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, no Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande - PPGEA/FURG.

REFERÊNCIAS

ALONSO, R. 2016. Fotografia: câmara clara ou caixa preta?. *Outra Travessia*. 1 (21): 177-194 . (Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/Outra/article/view/2176-8552.2016n21p177) (DOI: https://doi.org/10.5007/21768552.2016n21p177)

BARTHES, R. 2006. *Elementos de semiologia*. Tradução de Izidoro Blikstein, Cultrix, São Paulo, SP, Brasil.

BENJAMIN, W. 1985. O Narrador: considerações sobre a obra de Nikolai Leskov. *In: Magia e Técnica, Arte e Política - Ensaios sobre a literatura e a história da cultura. Obras Escolhidas I*. Tradução: Sérgio Paulo Rouanet. 3ª ed., Editora Brasiliense, São Paulo, SP, Brasil.

BOFF, L. 1995. *Ecologia: grito da Terra, grito dos pobres*, editora Ática, São Paulo, SP, Brasil.

CALLIARI, L.J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F.G.; TOLDO, E. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia,* v.51 : 63-78 (Disponível em: http://www.scielo.br/pdf /bjoce/v51nunico/07.pdf).

CARVALHO, I.C.M. 2002. *A invenção ecológica: narrativas e trajetórias da Educação Ambiental no Brasil*, Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, Brasil.

CORBIN, A 1989. *Território do vazio: a praia no imaginário ocidental*. Editora Companhia das Letras, São Paulo, SP, Brasil.

DUBOIS, P. 1993. *O Ato fotográfico*. 12ª ed. Editora Papirus, Campinas, SP, Brasil.

FERREIRA, F.N. 2012. *Ao sul do sul o mar também é pampa - sensibilidades de verão na Villa Sequeira (1884-1892)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

FERREIRA, F.N. 2017. Texto de mar e terra: o caso do Guia dos Banhistas, 1890 - Rio Grande/RS. *História em Revista*, 23: 22-42 (Disponível em:

https://wp.ufpel.edu.br/ndh/files/2017/12/02.-Felipe-N%C3%B3brega-Ferreira.pdf).

FLUSSER, V. 1985. *Filosofia da Caixa Preta: Ensaios para uma futura filosofia da fotografia*. Editora Hucitec, São Paulo, SP, Brasil.

GUIMARÃES, L. B. 2015. A (in)Sustentabilidade da imagem. *ExperimentArt***,** 1(1): 26-39 (Disponível em: file:///C:/Users/ideal/Downloads/4297-14565-1-SM.pdf).

GRÜN, M. 2008. A importância dos lugares na Educação Ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, volume especial, dez (Disponível em:

https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3384)

(DOI: https://doi.org/10.14295/remea.v0i0.3384).

PROJETO DE LEI No 43/2017, 02 DE MARÇO DE 2017. 3p.,Estado do Rio Grande do Sul, Câmara Municipal do Rio Grande do Sul, Rio Grande, RS, Brasil. (Disponível em: http://filipebranco.com.br/wp-content/uploads/2017/05/PL-43.pdf).

REIGOTA, M. 2001. *O que é Educação Ambiental*. Editora Brasiliense, São Paulo, SP, Brasil.

SIGAUD, L. Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de Sobradinho e Machadinho. ROSA, L.P.; SIGAUD, L.; MIEKNIK, O. *Impactos de grandes projetos hidrelétricos e nucleares: aspectos econômicos, tecnológicos, ambientais e sociais*. Rio: Marco Zero, 1988. (Disponível em: http://www.ppgasmnufrj.com/ uploads /2/7/2/8/27281669/c9.pdf).

SONTAG, S. 1981. *O Mundo-imagem - Ensaios sobre a fotografia*. Tradução de Joaquim Paiva. Editora Arbor, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TRATADO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS E RESPONSABILIDADE GLOBAL. 1992. Documento elaborado pelo Fórum Global das Organizações Não Governamentais, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio de Janeiro.

TRIVIÑOS, A.N.S. 1987. *Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação*. Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil.

VIEIRA, H.; CALLIARI, L.; OLIVEIRA, G. 2004. O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso. *ENGEVISTA*, **6**, (3): 5463 (Disponível em: http://repositorio.furg.br/handle/1/2928).

VILLWOCK, J.A. ; MARTINS, L.R. 1972. Depósitos lamíticos de pós-praia, Cassino – RS. *Pesquisas e Geociências***1**: 69-85, Porto Alegre, RS, Brasil (Disponível em:

https://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21882),(DOI: https://doi.org/10.22456/1807-9806.21882).

Capítulo 2

Perfil socioeconômico dos pescadores brasileiros (1970- 2010)

PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PESCADORES BRASILEIROS (1970- 2010)

Carlos Alexandre Gomes de Alencar[1], Márcia Thelma Rios Donato Marino[2], João Guerra[3], Suellen Galvão Moraes[4], Leonardo Holanda Lima[5], Matheus Cordeiro Façanha[5] & Diego Oliveira Ferreira[5]

[1] IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Superintendência do IBAMA no Estado do Ceará, Av. Visconde do Rio Branco, 3.900, Bairro de Fátima, CEP 60.055-172, Fortaleza, Ceará, Brasil, alexalencar.ufc@gmail.com.

[2] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, CEP: 60.811-905, Fortaleza, Ceará, Brasil, marino@unifor.br.

[3] Universidade de Lisboa, - ULisboa /Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Av. Professor Aníbal de Bettencourt, 9, 1600-189 Lisboa, joao.guerra@ics.ulisboa.pt.

[4] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Divisão de Pós-Graduação *Lato Sensu*, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, CEP: 60.811-905, Fortaleza, Ceará, Brasil, suellengalvao_m@hotmail.com.

[5] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, CEP: 60.811-905, Fortaleza, Ceará, Brasil, leonardoholanda@edu.unifor.br, matheuscordeiro@edu.unifor.br, diegoliveirafer@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho buscou conhecer as características socioeconômicas dos pescadores brasileiros, a partir da análise estatística descritiva de 11 variáveis selecionadas no Registro Geral da Atividade Pesqueira – RGP até o ano de 2010, aportando informações por período e região geográfica. As 11 variáveis utilizadas foram: Classificação do RGP; Data do RGP; Data de nascimento; Sexo (gênero); Estado Civil; Escolaridade; Relações de trabalho; Relação de bens; Área de pesca; Grupo de espécies; Distribuição espacial. Em 2010 havia 886.521 pescadores profissionais efetivamente registrados no RGP, sendo a maioria artesanais (99,14% do total). A média de idade dos pescadores foi de 39,21 anos com diferença estatística entre homens e mulheres, assim como por região, onde Norte e Nordeste apresentaram uma idade média mais baixa, quando comparadas às regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. No Brasil, 408.863 pescadores são solteiros (49,92% do total), 217.109 casados (26,51%), 181.823 vivendo em união estável (22,20%), 7.003 divorciados (0,86%), e 4.167 (0,51%) viúvos. Em sua maioria os pescadores brasileiros não possuem o Ensino Fundamental. Essa característica se repete ao longo do tempo e também por região geográfica. Apesar de ser possível observar uma melhoria na escolaridade dos pescadores ao longo do tempo, ainda é grande a participação daqueles que não possuem Ensino Fundamental, passando de 92,26% de todos os pescadores na década de 1980 para 85,99% na década de 2010. Quanto às relações de trabalho, predomina a informalidade no setor pesqueiro, com a maior parte dos pescadores brasileiros trabalhando individualmente ou em regime de economia familiar, estando diretamente relacionado com a característica artesanal da pesca no Brasil. De acordo com o RGP, os pescadores brasileiros têm sofrido uma redução da quantidade de bens adquiridos ao longo do tempo. Em 1970, 69,67% dos pescadores brasileiros possuía residência própria, enquanto que em 2010 esse número

diminuiu para 47,24%. Quanto a possuir veículo próprio, a quantidade relativa de pescadores foi reduzida de 10,06% em 1970 para 1,94% em 2010. Considerando as áreas de pesca, a quantidade relativa de pescadores que declararam pescar no mar diminuiu gradativamente ao longo do tempo, chegando ao seu menor valor em 2010 (19,92%); nos estuários os pescadores mantiveram-se praticamente constantes com 5,53%; nos rios e lagos houve um aumento significativo da participação de pescadores, chegando a 65,70% pescando em rios e 28,29% em lagos. Quanto aos grupos de espécies capturados no Brasil, de forma geral, os pescadores pescam majoritariamente peixes (90% dos pescadores), enquanto apenas 14,17% pescaram crustáceos (pode ser explicado pelas restrições impostas a essa pescaria). Os que pescam mariscos representam 14,53% do total de pescadores. As pescarias de algas são realizadas por 0,46% do total de pescadores brasileiros. Conclui-se que a atividade pesqueira no Brasil é majoritariamente artesanal e que há diferenças regionais em praticamente todas as variáveis estudadas neste trabalho, o que se conclui que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste formam um grupo com características diferenciadas das regiões Sudeste e Sul. Essas diferenças regionais dos pescadores podem refletir as diferenças socioeconômicas da população brasileira como um todo.

Palavras-chave: Pescadores; Socioeconomia; Registro Geral da Atividade Pesqueira.

SOCIOECONOMIC PROFILE OF BRAZILIAN FISHERMEN (1970-2010)

ABSTRACT

This study sought to know the socioeconomic characteristics of Brazilian fishermen, based on the descriptive statistical analysis of 11 variables selected in the General Registry of the Fishing Activity – RGP up to the year 2010, providing information by Period and geographic region. The 11 variables used were: RGP classification; RGP date; Date of birth; gender; Marital status; Education Labor Relations; Relation of goods; Fishing area; Group of Species; Spatial distribution. In 2010 there were 886,521 professional fishermen effectively registered in the RGP, most of which were artisanal (99.14% of the total). The average age of the fishermen was 39.21 years with statistical difference between men and women, as well as by region, where north and northeast presented a lower average age, when compared to the Southeast, South and Midwest regions. In Brazil, 408,863 fishermen are single (49.92% of the total), 217,109 married (26.51%), 181,823 living in stable union (22.20%), 7,003 divorced (0.86%), and 4,167 (0.51%) Widowers. Most Brazilian fishermen do not have elementary school. This characteristic repeats over time and also by Geographic region. Although it is possible to observe an improvement in the education of fishermen over time, there is still great participation of those who do not have elementary school, going from 92.26% of all fishermen in the decade of 1980 to 85.99% in the 2010. As for work relations, informality predominates in the fisheries sector, with most Brazilian fishermen working individually or under family economy, being directly related to the artisanal characteristic of fishing in Brazil. According to the RGP, Brazilian fishermen have suffered a reduction in the amount of goods acquired over time. In 1970, 69.67% of Brazilian fishermen had their own residence, while in 2010 this number declined to 47.24%. Regarding own vehicle, the relative quantity of fishermen was reduced from 10.06% in 1970 to 1.94% in 2010. Considering the fishing areas, the relative quantity of fishermen who declared fishing in the sea decreased gradually over time, reaching their lowest value in 2010 (19.92%); in estuaries the fishermen remained practically constant with 5.53%; In rivers and lakes there was a significant increase in the participation of fishermen, reaching 65.70% fishing in rivers and 28.29% in lakes. As for the groups of species captured in Brazil, the fishermen fishes mostly fish (90% of the fishermen), while only 14.17% of them fishes crustaceans (can be explained by the restrictions imposed on this fishery). Those who fish shellfish represent 14.53% of the total number of fishermen. The algae fisheries are carried out by 0.46% of the total Brazilian fishermen. It is concluded that the fishing activity in Brazil is mainly handcrafted and that there are regional differences in practically all the variables studied in this study, which concludes that the north, Northeast and Midwest regions form a group

with Differentiated characteristics of the southeast and South regions. These regional differences of fishermen may reflect the socioeconomic differences of the Brazilian population.

Key-words: Fishermen; Socio-economics; General record of fishing activity.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a evolução do perfil socioeconômico do pescador brasileiro, a partir de análises estatísticas exploratórias dos dados disponíveis no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) desde o seu estabelecimento, no início da década de 1970 até o ano de 2010. Instituído inicialmente em 1967 pelo Decreto-Lei n˚ 221, o RGP é um instrumento de gestão do governo federal que reúne dados básicos de todos aqueles que, de forma autorizada ou permissionada, exercem atividades relacionadas com a aquicultura e a pesca no Brasil.

A promulgação da Lei n˚ 11.959, de 26 de junho de 2009, conhecida também como a "Lei da Pesca", iniciou um processo de modernização da legislação brasileira sobre pesca e sobre os pescadores (BRASIL, 2009). No entanto, apesar de desde então estarem previstos critérios para efetivação do RGP, o mesmo somente teve atualização prática com a edição do Decreto nº 8.425, de 31 de março de 2015. Foi nesta altura que o RGP se materializou como um cadastro da atividade pesqueira nacional que incorpora oito categorias distintas e complementares de registro: i) pescador e pescadora profissional artesanal; ii) pescador e pescadora profissional industrial; iii) armador e armadora de pesca; iv) embarcação de pesca; v) pescador amador ou esportivo e pescadora amadora ou esportiva; vi) aquicultor e aquicultora; vii) empresa pesqueira; e viii) aprendiz de pesca (BRASIL, 2015).

As análises realizadas neste trabalho utilizaram, no entanto, apenas duas categorias:

a) Pescador(a) profissional artesanal - pessoa física, brasileira ou estrangeira, residente no País, que exerce a pesca com fins comerciais de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parceria, podendo atuar de forma desembarcada ou utilizar embarcação de pesca com arqueação bruta menor ou igual a vinte;

b) Pescador(a) profissional industrial – pessoa física, brasileira ou estrangeira, residente no País, que exerce a pesca com fins comerciais, na condição de empregado ou empregada ou em regime de parceria por cotas-partes em embarcação de pesca com qualquer arqueação bruta;

Esta base de dados, onde estão cadastrados todos os pescadores profissionais brasileiros, torna o RGP um potente instrumento para a gestão e o desenvolvimento de políticas públicas para a área de pesca do país. Importa, no entanto, realçar que, apesar de todo esse tempo de existência do Registro, pouco partido se tirou dele, sendo escassa a produção técnica e científica sobre o perfil socioeconômico dos pescadores brasileiros com base nesse cadastro.

Aproveitando este potencial inexplorado, este estudo tem como objetivo central traçar o perfil socioeconômico dos pescadores inscritos no RGP no período de 1970 a 2010, buscando a localização de fatores de entrave, ou de dinamização da atividade, com base na descrição sociográfica dos pescadores brasileiros. O objetivo último é subsidiar eventuais programas e políticas públicas voltados para o setor pesqueiro e seus usuários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram consideradas 11 variáveis do RGP, referentes à atividade pesqueira e aos pescadores brasileiros, entre as décadas de 1970 e 2010, aportando informações por período e região geográfica. A base de dados referente aos pescadores profissionais brasileiros foi cedida oficialmente pelo governo federal brasileiro. Para tanto, em 31/12/2010 foi gerada uma cópia do banco de dados do RGP, dispondo, assim, de todos os dados dos pescadores brasileiros cadastrados no sistema até aquela data.

A cópia cedida teve os campos relativos às referências pessoais dos pescadores descaracterizados, garantindo-se, assim, a confidencialidade devida aos usuários. Nestas condições foi exportada para o aplicativo gerenciador de tabelas Microsoft Excel 2010®, cuja versão tem capacidade operacional para comportar o arquivo original. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Stata®, que se apresenta como um aplicativo para análises estatísticas integradas, possibilitando a aplicação de metodologias de análise estatística exploratória, inferências estatísticas, análises multivariadas, bem como a organização e montagem de tabelas de resultados estatísticos e a confecção de gráficos.

O arquivo original do RGP continha, 1.048.575 registros de pescadores profissionais. Desse total, 162.054 registros foram cancelados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, restando, assim, 886.521 pescadores profissionais efetivamente registrados. Esse cancelamento foi motivado em sua grande maioria por haver outro vínculo empregatício ou benefício previdenciário, comprovando que se tratava de registros de falsos pescadores ou de pescadores que deixaram de atuar na profissão.

As 11 variáveis estudadas são descritas a seguir:

a)Classificação do RGP – variável cuja resposta indica se o pescador é profissional industrial ou profissional artesanal.

b)Data do RGP – variável que retorna a data em que o pescador foi registrado pela primeira vez oficialmente como pescador profissional. Foram consideradas as datas informadas a partir de 1949.

c) Data de nascimento – variável que retorna a data de nascimento do pescador, possibilitando, assim, obter a idade do mesmo em 2010.

d)Sexo (gênero) – variável que indica sexo (masculino ou feminino) do pescador.

e)Estado Civil – variável que classifica o pescador de acordo com o seu estado civil (solteiro, casado, união estável; divorciado; viúvo; outros). Não foi identificada nenhuma informação que pudesse qualificar o significado da classe “outros”, tendo sido a mesma desconsiderada nas análises.

f)Escolaridade – variável que identifica a formação escolar do pescador, sendo dividida em sete categorias: analfabeto; ensino fundamental incompleto; ensino fundamental completo; ensino médio incompleto; ensino médio completo; ensino superior incompleto; ensino superior completo.

g)Relações de trabalho – representa as formas de organização de trabalho do pescador, discriminadas em: trabalho individual; regime de economia familiar; regime de parceria; e vínculo empregatício.

h)Relação de bens – informação sobre os bens declarados pelo(a) pescador(a): casa própria; veículo; terreno; outros bens.

i)Área de pesca – tipo de ambiente em que o(a) pescador(a) declarou pescar: no mar, em estuário, em rio, em lagos, e / ou em açudes.

j)Grupo de espécies – tipo de pescado que o(a) pescador(a) declarou pescar: peixe, crustáceo, marisco e / ou algas.

k)Distribuição espacial – informação que identifica a localização declarada pelo pescador, a partir do código do município dado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Cada variável foi então analisada individualmente e, sempre que possível, foi relacionada com a data de registro – "Data do RGP" –, possibilitando avaliar a sua evolução ao longo do tempo. Finalmente, procurando identificar alguma influência da condição feminina/masculina nas práticas piscatórias elencadas, algumas outras variáveis foram cruzadas com o sexo (gênero) do inquirido.

Para este que pretende ser um estudo de estatística exploratória, considerou-se a base de dados como o universo dos pescadores, ou seja, assumiu-se que, a este nível, eventuais falhas no registro são pouco significativas e assim o RGP representa a população dos pescadores brasileiros. Com esses pressupostos, foram utilizadas as técnicas mais comuns de estatística descritiva, objetivando organizar, descrever e sumarizar os dados. Em situações onde os dados permitiram, foram realizadas descrições paramétricas por meio da obtenção de medidas de tendência central (quartis, média e mediana) e de dispersão (variância e desvio padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Classificação do registro do pescador

O RGP classifica o pescador profissional em artesanal ou industrial. No Brasil a maioria dos pescadores profissionais está registrada como artesanal, ou seja, dos 886.521 registros, 878.895 (99,14%) referem-se a pescadores profissionais artesanais e apenas 7.626 registros são de pescadores profissionais industriais (0,86%).

A Tabela I apresenta esses valores agrupados por região do país, onde percebe-se que a pequena participação de pescadores industriais se encontra concentrada na região sul do país, com 9,44% cadastrados como pescadores industriais, o que pode estar relacionado com o parque industrial pesqueiro instalado no estado de Santa Catarina. Nas restantes regiões os pescadores profissionais industriais surgem, sem exceção, com percentagens residuais.

Região / Classe		Artesanal	Industrial	Total
Brasil	**N**	878.895	7.626	886.521
	%	99,14	0,86	100,00
Norte	**N**	331.997	272	332.249
	%	99,92	0,08	100,00
Nordeste	**N**	402.930	301	403.231
	%	99,93	0,07	100,00
Sudeste	**N**	74.733	1.515	76.248
	%	98,01	1,99	100,00
Sul	**N**	53.128	5.537	58.665
	%	90,56	9,44	100,00
Centro-Oeste	**N**	16.127	1	16.128
	%	99,99	0,01	100,00

Tabela I. Frequência absoluta e relativa dos registros de pescador profissional no RGP, por região e classe profissional, em 2010.

Se a pesca industrial é francamente minoritária no país e, como vimos, restrita à Região Sul, também se verificou que, nesta categoria, as mulheres estão praticamente ausentes. Com efeito, em todo o país e ao longo de todo o período em análise, apenas 18 registros de pescador profissional industrial são do gênero feminino, o que permite concluir que a atividade de pesca industrial é esmagadoramente uma atividade masculina.

Em suma, com base nos registros do RGP, podemos concluir que a pesca no Brasil é ainda uma atividade predominantemente tradicional, levada a cabo de forma artesanal (i.e., 99,14% dos casos recenseados). Este resultado está em consonância com as conclusões de vários estudos anteriores (e.g., Vasconcellos *et al.*, 2011; Diegues, 1999; IBAMA, 2007; Salles, 2011) que invariavelmente confirmaram a predominância histórica e a persistência do modelo de pesca artesanal no Brasil.

Data do primeiro registro

Essa variável corresponde ao momento em que foi efetuado o seu primeiro registro oficial como pescador profissional, ou seja, representa a data em que o pescador ingressou na atividade pesqueira.

A Figura 1 apresenta a frequência acumulada dos pescadores brasileiros registrados no RGP, por ano e gênero. É possível observar um aumento da concentração de pescadores ao longo do tempo, assim como um incremento na participação das mulheres que acontece, sobretudo, a partir do início do Século XXI.

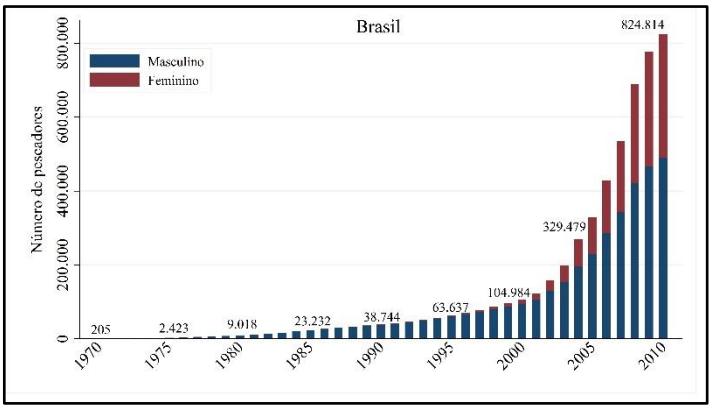


Figura 1. Histograma de frequência acumulada do número de pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira, por ano e gênero.

Observando aspectos institucionais, o RGP foi gerenciado pela Superintendência do Desenvolvimento da Pesca – SUDEPE até 1988. Ao final desse período, o número de pescadores que declararam participar da atividade pesqueira foi de 29.840 profissionais. De 1989 a 1998 a administração do RGP se deu sob a responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, sendo que naquele último ano havia 88.652 pescadores. A partir de 1999 o RGP passou a ser gerenciado pelo Departamento de Pesca e Aquicultura do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – DPA/MAPA, perfazendo um total de 185.765 pescadores em 2003, quando então a responsabilidade sob o Registro da Atividade Pesqueira passou para a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República – SEAP/PR (que, posteriormente, se tornou Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA). Em 2010, o número total de pescadores profissionais registrados no Brasil foi de 824.814.

O desenho institucional responsável pela organização e gestão do RGP não parece, assim, ser inócuo para os resultados alcançados. Ou seja, aparentemente teremos assistido a uma crescente atividade pescatória, mas igualmente a uma maior capacidade de monitorar e recensear o número e a atividade dos pescadores. Com efeito, pode-se creditar o aumento no número de pescadores a diversos fatores, com destaque para:

i)a maior capacidade de monitoramento e a relativa imprecisão da informação sobre a data do primeiro registro nos primeiros tempos do RGP, principalmente nas décadas de 1970, 1980 e 1990;

ii)a implementação de políticas sociais para a atividade pesqueira (a principal delas foi a instituição do "seguro-defeso");

iii)maior visibilidade e alcance das políticas públicas com a criação do MPA, que passou a "enxergar" melhor os pescadores artesanais do país; e

iv)as novas políticas públicas iniciadas a partir de 2003 que podem ter motivado a inscrição / regularização no RGP das mulheres que trabalham na atividade pesqueira, já que o número de mulheres inscritas no sistema aumentou consideravelmente.

Idade dos pescadores

Para avaliar a idade dos pescadores brasileiros foi realizada inicialmente uma análise de consistência dos dados, tendo sido considerada como válida a idade no intervalo entre 14 e 99 anos, totalizando 884.612 registros de pescadores profissionais ativos. Tais dados

foram analisados por gênero (masculino e feminino) e por região geográfica (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste).

A Figura 2 apresenta histogramas de frequência de idade dos pescadores brasileiros (total, por região administrativa e gênero) para o ano de 2010. A média de idade do pescador profissional brasileiro foi de 39,21 anos. Quando avaliada por gênero, a idade média foi de 40,31 anos para homens (528.350 observações) e de 37,57 anos para mulheres (356.262 observações. É possível concluir que as regiões Norte e Nordeste apresentam idades médias mais baixas (36 e 38 anos, respectivamente) quando comparadas às regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste (com médias de 45, 44 e 44 anos, respectivamente).

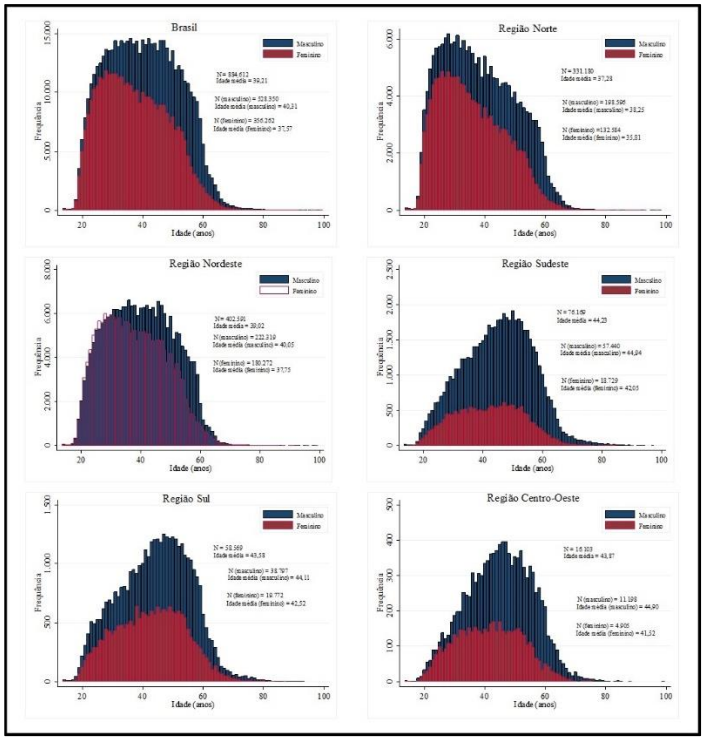


Figura 2. Histograma de frequência do número de pescadores inscritos no RGP em 2010, por idade, região geográfica e gênero.

Uma análise espaço-temporal é apresentada na Figura 3, por meio de gráficos do tipo box-plot. Verifica-se que houve uma redução na média de idade dos pescadores ao longo do tempo, em todas as regiões do Brasil. Além disso, percebe-se uma maior amplitude nos intervalos de idade, o que pode estar relacionado à maior abrangência (cobertura / alcance) do RGP nos últimos anos, a partir do fortalecimento institucional do Ministério da Pesca e Aquicultura até 2010.

De acordo com a Tabela II, é possível verificar que a idade média dos pescadores foi decrescente até 2010, chegando, naquele ano, a uma média de idade de 39,21 anos. Quando observada a questão de gênero, as mulheres pescadoras têm apresentado idade média menor (37,57 anos em 2010) quando comparadas aos homens (40,31 anos em 2010). É possível que, ao longo do tempo, o aumento do número de mulheres na pesca tenha influenciado na redução da idade média dos pescadores brasileiros. Comparativamente à idade média dos pescadores de lagosta no Brasil, estimada em 36 anos (IVO et al., 2012), a idade média dos pescadores brasileiros é mais elevada.

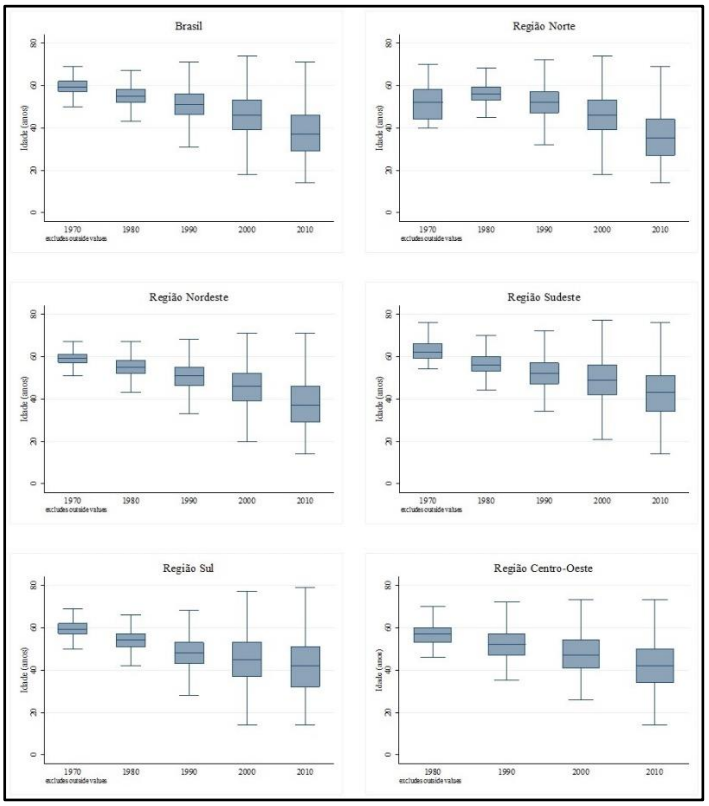


Figura 3. Diagrama do tipo "box plot" da idade dos pescadores brasileiros, por região e período.

Período	Total		Homens		Mulheres	
	N	Idade média	N	Idade média	N	Idade média
1970	665	58,74	634	59,25	31	48,29
1980	9.464	55,38	9.316	55,48	148	48,73
1990	39.153	51,99	38.055	52,04	1.098	49,92
2000	105.269	48,53	94.037	48,71	11.232	47,06
2010	884.612	39,21	528.350	40,31	356.262	37,57

Tabela II. Idade média dos pescadores brasileiros no RGP, por década e gênero, até 2010.

Sexo (Gênero)

A questão de gênero sempre foi muito discutida na atividade pesqueira. A *Food and Agriculture Organization* – FAO (1999, 2012) tem considerado que as mulheres desempenham um papel determinante na atividade pesqueira, tanto nos trabalhos pós-captura, como nas atividades de mariscagem. No Brasil é possível identificar um aumento significativo da participação das mulheres trabalhadoras da pesca no Registro Geral da Atividade Pesqueira (Tabela III).

Em 1970 as mulheres participavam com 4,80% do total da força de trabalho na pesca no Brasil. Esse número decresceu em 1980, quando chegou a 1,59% do total de pescadores, voltando a aumentar para 2,81% no ano de 1990 e chegando a 10,68% no ano 2000.

Em 2010 a participação das mulheres na pesca já havia atingido o percentual de 40,57% do total dos trabalhadores da pesca registrados no RGP. De forma regionalizada, verifica-se um padrão similar ao nacional, com o aumento da participação das mulheres a partir de 1990 em todas as regiões. Também é possível observar que esse aumento foi mais significativo nas regiões Norte, Nordeste e Sul (Tabela III), o que pode estar relacionado às atividades de mariscagem (predominantemente realizadas por mulheres.

Estado civil dos pescadores

O estado civil dos pescadores brasileiros está dividido nas seguintes classes ou categorias: *i*) solteiro; *ii*) casado; *iii*) união estável; *iv*) divorciado; *v*) viúvo; e *vi*) outros. Por não haver descrição sobre a variável "outros", a mesma foi desconsiderada para a presente análise, assim como os dados cuja data do primeiro registro foi anterior ao ano de 1949, o que totalizou 818.965 registros.

Houve um aumento do número de solteiros ao longo do tempo, acentuando-se a partir do ano 2000, em substituição, principalmente, do número de pescadores casados. Tal tendência é percebida em todas as regiões, sendo que o incremento na quantidade de solteiros acontece de forma mais suave nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

A Tabela IV mostra ainda que, em 1970, 65,18% dos pescadores estavam casados, 9,71% declararam manter união estável, 19,72% estavam solteiros, e o restante concentrava-se nas outras categorias (3,54% divorciados, 1,85% viúvos). Em 1980 a maior parte dos pescadores se dividia entre solteiros (19,61%), casados (61,88%) e em união estável (14,41%). Em 1990 os pescadores solteiros somavam 23,67% do total, enquanto os casados perfaziam 53,96% e os com união estável 18,99%.

No ano 2000 a presença de solteiros continuou a aumentar, chegando a 26,37%, ao contrário dos casados, que continuaram a diminuir (de 53,96 para 47,84%); já os que se declaravam em união estável também aumentaram, passando para 22,82% do total de pescadores do período.

Por fim, de forma consolidada havia no Brasil, em 2010, 408.863 pescadores solteiros (49,92% do total), 217.109 casados (26,51%), 181.823 vivendo em

Região geográfica	Ano	Masculino		Feminino		Total	
		Número	%	Número	%	Número	%
Brasil	1970	634	95,20	32	4,80	666	100,00
	1980	9.328	98,41	151	1,59	9.479	100,00
	1990	38.103	97,19	1.102	2,81	39.205	100,00
	2000	94.188	89,32	11.257	10,68	105.445	100,00
	2010	490.441	59,43	334.834	40,57	825.275	100,00
Norte	1970	58	77,33	17	22,67	75	100,00
	1980	518	94,53	30	5,47	548	100,00
	1990	6.358	96,13	256	3,87	6.614	100,00
	2000	12.187	80,87	2.882	19,13	15.069	100,00
	2010	166.545	57,77	121.722	42,23	288.267	100,00
Nordeste	1970	172	95,03	9	4,97	181	100,00
	1980	4.961	98,59	71	1,41	5.032	100,00
	1990	10.732	95,37	521	4,63	11.253	100,00
	2000	22.567	82,64	4.741	17,36	27.308	100,00
	2010	177.267	51,32	168.164	48,68	345.431	100,00
Sudeste	1970	81	100,00	0	0,00	81	100,00
	1980	957	99,79	2	0,21	959	100,00
	1990	4.893	99,07	46	0,93	4.939	100,00
	2000	10.024	95,59	463	4,41	10.487	100,00
	2010	27.393	67,03	13.472	32,97	40.865	100,00
Sul	1970	323	98,18	6	1,82	329	100,00
	1980	2.144	99,40	13	0,60	2.157	100,00
	1990	5.724	98,05	114	1,95	5.838	100,00
	2000	8.848	83,76	1.716	16,24	10.564	100,00
	2010	20.181	53,74	17.374	46,26	37.555	100,00
Centro-Oeste	1970	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	1980	114	97,44	3	2,56	117	100,00
	1990	1.068	98,71	14	1,29	1.082	100,00
	2000	2.459	87,45	353	12,55	2.812	100,00
	2010	4.867	63,11	2.845	36,89	7.712	100,00

Tabela III. Participação dos pescadores por gênero na atividade pesqueira nacional.

união estável (22,20%), 7.003 divorciados (0,86%), e 4.167 (0,51%) viúvos (Tabela IV).

A Tabela IV também permite analisar as informações sobre o estado civil dos pescadores por região geográfica. A região Norte é a que apresenta uma maior concentração de pescadores solteiros do país em 2010, chegando a 68,36% de todos os pescadores da região. Nessa região, os pescadores casados representam 13,26% e aqueles que vivem em união estável somam 17,95%. O restante dos pescadores se divide em divorciados (0,20%) e viúvos (0,23%).

A evolução temporal do estado civil dos pescadores da região Norte mostra um avanço no número de solteiros, em contraponto à redução na quantidade de pescadores casados e em união estável, principalmente a partir do ano de 1990. Na região Nordeste também se percebe um maior número de pescadores solteiros em 2010 (42,03%), quando comparado aos casados (30,14%), em união estável (26,55%), divorciados (0,71%) e viúvos (0,57%).

Ao longo do tempo os solteiros apresentam uma tendência crescente de participação, evoluindo de 15,12% do total de pescadores da região em 1970, para o atual valor de 42,03% em 2010. Os pescadores casados se encontram em situação inversa aos solteiros, com sua participação reduzindo desde 1970, quando representavam 65,12%, para os atuais 30,14% em 2010.

Já a região Sudeste apresentou, em 2010, uma maior concentração de pescadores casados, com 47,69% do total de pescadores, mesmo tendo mostrado

Região geográfica	Ano	Solteiro		Casado		União estável		Divorciado		Viúvo		Total
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Brasil	1970	128	19,72	423	65,18	63	9,71	23	3,54	12	1,85	649
	1980	1.829	19,61	5.771	61,88	1.344	14,41	236	2,53	146	1,57	9.326
	1990	9.151	23,67	20.860	53,96	7.340	18,99	858	2,22	449	1,16	38.658
	2000	27.439	26,37	49.783	47,84	23.743	22,82	1.994	1,92	1.093	1,05	104.052
	2010	408.863	49,92	217.109	26,51	181.823	22,20	7.003	0,86	4.167	0,51	818.965
Norte	1970	42	56,00	21	28,00	11	14,67	0	0,00	1	1,33	75
	1980	234	37,86	255	41,26	109	17,64	10	1,62	10	1,62	618
	1990	2.619	36,52	2.807	39,14	1.634	22,78	48	0,67	64	0,89	7.172
	2000	8.211	37,13	7.759	35,08	5.841	26,41	124	0,56	181	0,82	22.116
	2010	211.248	68,36	40.986	13,26	55.475	17,95	605	0,20	707	0,23	309.021
Nordeste	1970	26	15,12	112	65,12	27	15,70	1	0,58	6	3,49	172
	1980	937	18,30	3.186	62,23	848	16,56	72	1,41	77	1,50	5.120
	1990	3.456	21,30	9.025	55,62	3.321	20,47	231	1,42	193	1,19	16.226
	2000	10.465	24,22	20.980	48,55	10.783	24,95	528	1,22	457	1,06	43.213
	2010	162.400	42,03	116.475	30,14	102.605	26,55	2.739	0,71	2.198	0,57	386.417
Sudeste	1970	12	15,38	48	61,54	8	10,26	7	8,97	3	3,85	78
	1980	222	21,68	611	59,67	120	11,72	52	5,08	19	1,86	1.024
	1990	1.308	22,24	3.420	58,14	818	13,91	258	4,39	78	1,33	5.882
	2000	3.979	24,64	8.855	54,84	2.469	15,29	649	4,02	196	1,21	16.148
	2010	17.373	30,85	26.859	47,69	9.727	17,27	1.830	3,25	530	0,94	56.319
Sul	1970	48	14,81	242	74,69	17	5,25	15	4,63	2	0,62	324
	1980	413	16,88	1.653	67,55	244	9,97	99	4,05	38	1,55	2.447
	1990	1.586	19,36	4.952	60,43	1.269	15,49	291	3,55	96	1,17	8.194
	2000	4.071	21,87	10.261	55,12	3.478	18,68	591	3,17	214	1,15	18.615
	2010	14.924	26,84	27.771	49,95	10.688	19,22	1.579	2,84	639	1,15	55.601

Tabela IV. Estado civil dos pescadores brasileiros registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), por região geográfica e período.

uma tendência de redução dos valores de participação relativa (tendo alcançado 61,54% do total de pescadores em 1970). Nessa região, os solteiros representaram 30,85% do total de pescadores em 2010, enquanto os que vivem em união estável somaram 17,27%.

Os pescadores divorciados e os viúvos representaram, respectivamente, 3,25% e 0,94%. A região Sul apresentou um comportamento semelhante

Ao da região Sudeste, com a classe dos pescadores casados apresentando a maior concentração de pescadores (49,95%) da região, seguida dos solteiros (26,84%), união estável (19,22%), divorciados (2,84%) e viúvos (1,15%).

Observa-se ao longo do tempo um aumento da participação de pescadores solteiros e em união estável, enquanto há uma redução do percentual de pescadores casados com o passar dos anos. Em 2010 a Região Centro-Oeste apresentou 43,23% de seus pescadores casados e 28,67% em união estável, seguindo-se então os pescadores solteiros (25,14%), divorciados (2,15%) e outros (0,80%). Quanto à evolução temporal, observa-se um aumento da participação de solteiros a partir 1990 e uma redução do número de casados.

Escolaridade dos pescadores

No RGP, a escolaridade dos pescadores brasileiros está agrupada conforme as seguintes classes ou categorias: ANF - Analfabetos; EFI – Ensino Fundamental Incompleto; EFC – Ensino Fundamental Completo; EMI – Ensino Médio Incompleto; EMC – Ensino Médio Completo; ESI – Ensino Superior

Incompleto; e ESC – Ensino Superior Completo. Para facilitar a apresentação dos resultados, os grupos foram reagrupados em 4 categorias que apresentam maior similaridade:

i)pescadores sem o Ensino Fundamental (ANF + EFI);

ii)pescadores com Ensino Fundamental, mas sem o Ensino Médio (EFC + EMI);

iii)pescadores com Ensino Médio, mas sem o Ensino Superior (EMC + ESI); e

iv)pescadores com Ensino Superior Completo (ESC).

A Tabela V apresenta a escolaridade dos pescadores ao longo do tempo e por região. Em sua maioria os pescadores não possuem o Ensino Fundamental. Essa característica se repete ao longo do tempo e também por região geográfica. Apesar de ser possível observar uma redução no número de pescadores sem o ensino fundamental ao longo do tempo, ainda é grande a representatividade desse grupo, que passou de 92,26% de todos os pescadores na década de 1980 para 85,99% na década de 2010.

É possível perceber que ao longo do tempo, em todas as regiões geográficas brasileiras houve uma leve melhoria na escolaridade dos pescadores, sendo isso mais perceptível para as regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Por outro lado, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentam valores percentuais acima de 80% de participação de pescadores analfabetos ou sem terem completado o Ensino Fundamental em 2010. Tal afirmativa vai ao encontro dos resultados encontrados por Salles (2011) que, ao estudar a escolaridade dos pescadores dos municípios de Aracati e Icapuí, no estado do Ceará, identificou que 85,2% dos pescadores desses municípios não haviam completado o Ensino Fundamental, enquanto nos resultados encontrados no presente trabalho, esse percentual é de 82,42% para a região Nordeste. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Souza e Coelho (2009) que identificaram que 76,7% dos pescadores se declararam analfabetos ou que ainda não completaram a 4° série do ensino fundamental.

De forma geral, conclui-se que a maioria dos pescadores brasileiros apresenta baixa escolaridade (predomínio de pescadores analfabetos ou com ensino fundamental incompleto). Há um melhor desempenho escolar para os pescadores das regiões Sudeste e Sul, o que pode ter relação com a melhor situação econômica dessas regiões e, como vimos, com o maior predomínio da pesca industrial nestas paragens, sobretudo, quando comparadas ao resto do país.

Relações de trabalho

A relação de trabalho dos pescadores brasileiros está dividida nas seguintes classes ou categorias: *i*) Trabalho individual; *ii*) Economia familiar; *iii*) Regime de parceria; e *iv*) Vínculo empregatício. Essa variável reflete o grau de formalidade / informalidade do pescador no setor pesqueiro. Desta forma, as classes de trabalho individual, economia familiar e regime de parceria se relacionam de forma mais intensa com a pesca artesanal, enquanto que os pescadores que possuem vínculo empregatício têm relação com a pesca de caráter mais industrial.

A Figura 4 e a Tabela VI mostram a evolução temporal das relações de trabalho dos pescadores de forma consolidada para o Brasil e por região geográfica. De maneira geral, o Brasil apresenta um quadro de informalidade nas relações de trabalho do setor pesqueiro, com a diminuição relativa dos pescadores com vínculo empregatício, que passaram de 13,51% em 1970 para 0,84% do total de pescadores em 2010.

Região geográfica	Ano	(ANF + EFI)		(EFC + EMI)		(EMC + ESI)		ESC		Total
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Brasil	1970	611	91,74	41	6,16	13	1,95	1	0,15	666
	1980	8.745	92,26	553	5,83	175	1,85	6	0,06	9.479
	1990	35.454	90,43	2.754	7,02	955	2,44	42	0,11	39.205
	2000	93.118	88,31	8.469	8,03	3.697	3,51	161	0,15	105.445
	2010	709.658	85,99	71.591	8,67	42.623	5,16	1.403	0,17	825.275
Norte	1970	72	96,00	2	2,67	1	1,33	-	0,00	75
	1980	590	94,70	24	3,85	9	1,44	-	0,00	623
	1990	6.813	94,14	318	4,39	102	1,41	4	0,06	7.237
	2000	20.597	92,34	1.194	5,35	503	2,25	12	0,05	22.306
	2010	292.259	94,10	12.153	3,91	6.014	1,94	147	0,05	310.573
Nordeste	1970	177	97,79	3	1,66	1	0,55	-	0,00	181
	1980	4.980	95,53	174	3,34	57	1,09	2	0,04	5.213
	1990	15.503	94,15	693	4,21	260	1,58	10	0,06	16.466
	2000	39.929	91,22	2.518	5,75	1.281	2,93	46	0,11	43.774
	2010	320.772	82,42	40.165	10,32	27.477	7,06	791	0,20	389.205
Sudeste	1970	67	82,72	12	14,81	1	1,23	1	1,23	81
	1980	901	86,63	103	9,90	33	3,17	3	0,29	1.040
	1990	4.998	83,59	693	11,59	271	4,53	17	0,28	5.979
	2000	13.310	80,83	2.176	13,22	917	5,57	63	0,38	16.466
	2010	44.086	76,90	8.615	15,03	4.378	7,64	252	0,44	57.331
Sul	1970	295	89,67	24	7,29	10	3,04	-	0,00	329
	1980	2.163	87,01	246	9,90	76	3,06	1	0,04	2.486
	1990	7.035	84,51	975	11,71	303	3,64	11	0,13	8.324
	2000	15.667	82,96	2.303	12,19	879	4,65	36	0,19	18.885
	2010	42.720	75,69	9.363	16,59	4.155	7,36	205	0,36	56.443
Centro-Oeste	1970	-	-	-	-	-	-	206	-	0
	1980	111	94,87	6	5,13	-	0,00	207	176,92	117
	1990	1.105	92,16	75	6,26	19	1,58	208	17,35	1.199
	2000	3.615	90,13	278	6,93	117	2,92	209	5,21	4.011
	2010	9.821	83,78	1.295	11,05	599	5,11	210	1,79	11.723

Tabela V. Escolaridade dos pescadores brasileiros registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), por região geográfica e período.

Nas regiões Norte e Nordeste observa-se um quadro de avanço do sistema de economia familiar em detrimento do regime de parceria, o que pode representar uma migração para modelos cada vez mais simples de relação de trabalho entre os pescadores. A região Centro-Oeste apresenta um quadro de poucas mudanças temporais nas relações de trabalho dos pescadores, com a predominância do modelo de trabalho individual desde a década de 1970 até os dias atuais (Figura 4, Tabela VI).

Aparentemente as relações de trabalho no setor pesqueiro associam-se com o grau de desenvolvimento econômico da atividade, uma vez que nas regiões mais industrializadas (principalmente na região Sul) há uma maior incidência de pescadores que possuem vínculo empregatício. Por outro lado, registra-se uma maior informalidade no regime de trabalho da atividade pesca em geral, uma vez que a maior parte dos pescadores brasileiros ou pratica a atividade como trabalho individual ou como economia familiar, o que está

Região geográfica	Ano	Trabalho individual		Economia familiar		Regime de parceria		Vínculo empregatício		Total
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Brasil	1970	149	22,37	219	32,88	208	31,23	90	13,51	666
	1980	2.038	21,50	2.787	29,40	4.099	43,24	555	5,86	9.479
	1990	9.520	24,28	14.623	37,30	13.532	34,52	1.530	3,90	39.205
	2000	25.928	24,59	43.584	41,33	32.109	30,45	3.824	3,63	105.445
	2010	170.842	20,70	519.066	62,90	128.434	15,56	6.933	0,84	825.275
Norte	1970	11	14,67	56	74,67	8	10,67	0	0,00	75
	1980	114	18,30	355	56,98	147	23,60	7	1,12	623
	1990	1.236	17,08	4.253	58,77	1.703	23,53	45	0,62	7.237
	2000	4.167	18,68	13.255	59,42	4.781	21,43	103	0,46	22.306
	2010	45.497	14,65	240.309	77,38	24.575	7,91	192	0,06	310.573
Nordeste	1970	30	16,57	47	25,97	104	57,46	0	0,00	181
	1980	844	16,19	1.506	28,89	2.847	54,61	16	0,31	5.213
	1990	3.069	18,64	6.237	37,88	7.110	43,18	50	0,30	16.466
	2000	8.573	19,58	18.009	41,14	17.051	38,95	141	0,32	43.774
	2010	84.038	21,59	228.142	58,62	76.730	19,71	295	0,08	389.205
Sudeste	1970	19	23,46	36	44,44	23	28,40	3	3,70	81
	1980	357	34,33	259	24,90	389	37,40	35	3,37	1.040
	1990	2.059	34,44	1.459	24,40	2.305	38,55	156	2,61	5.979
	2000	5.774	35,07	5.049	30,66	4.912	29,83	731	4,44	16.466
	2010	20.456	35,68	22.517	39,28	13.150	22,94	1.208	2,11	57.331
Sul	1970	89	27,05	80	24,32	73	22,19	87	26,44	329
	1980	654	26,31	626	25,18	709	28,52	497	19,99	2.486
	1990	2.445	29,37	2.306	27,70	2.294	27,56	1.279	15,37	8.324
	2000	5.225	27,66	5.840	30,92	4.974	26,33	2.849	15,08	18.888
	2010	14.603	25,87	23.961	42,45	12.642	22,40	5.237	9,28	56.443
Centro-Oeste	1970	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
	1980	69	58,97	41	35,04	7	5,98	0	0,00	117
	1990	711	59,30	368	30,69	120	10,01	0	0,00	1.199
	2000	2.189	54,57	1.431	35,68	391	9,75	0	0,00	4.011
	2010	6.248	53,30	4.137	35,29	1.337	11,40	1	0,01	11.723

Tabela VI. Relação de trabalho dos pescadores brasileiros registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), por região geográfica e período.

diretamente relacionado com o caráter essencialmente artesanal da pesca no Brasil.

Relação de bens do pescador

O RGP tem um conjunto de variáveis que se relacionam com os principais bens adquiridos pelo pescador, quais sejam: casa própria; veículo; terreno; outros bens. Essas variáveis são binárias, que retornam a informação positiva ou negativa (sim ou não), e independentes entre si, ou seja, o indivíduo pode declarar que possui mais de um bem. Uma vez que são independentes, a análise realizada considerou as declarações quanto a um único bem e, separadamente, as declarações combinadas entre dois bens.

Para a análise dos dados sobre os bens declarados pelos pescadores registrados no RGP foram utilizados 825.275 registros. A Figura 5 mostra, de maneira geral, que os bens declarados pelos pescadores brasileiros têm sofrido uma redução em termos percentuais ao longo do tempo. Em 1970, 69,67% dos pescadores brasileiros possuía residência própria, enquanto que em 2010 esse número foi reduzido para 47,24%, o que difere dos estudos realizados por Salles (2011) nos municípios de Aracati e Icapuí, no estado do Ceará, onde a maioria dos pescadores possui casa própria (73,1%).

Quanto a possuir veículo próprio, a quantidade relativa de pescadores que possuem esse bem foi reduzida de 10,06% em 1970 para 1,94% em 2010,

enquanto que Salles (*op. cit.*) identificou em seus estudos que apenas 3,4% dos pescadores possuem carro. A diminuição quanto à aquisição de terreno foi um pouco menor, mas também aparece de forma significativa, tendo sido reduzida de 5,26% para 2,12% em 2010. Outros bens declarados teve uma situação praticamente estável, com participação variando entre 0,45 e 0,87% entre 1970 e 2010.

Observando as declarações sobre bens dos pescadores de forma regionalizada, verifica-se que, quanto à casa própria, as regiões Norte e Nordeste apresentaram características similares, com um leve aumento entre 1970 e 1990, seguido de uma redução na quantidade relativa de pescadores que possuem esse bem até o ano de 2010. Já as demais regiões apresentaram uma diminuição desde 1970 até 2010. A presença de veículo como bem dos pescadores do Norte e Nordeste é muito baixa com valores um pouco acima de 1% do total dos pescadores que possuem veículo. Os pescadores das regiões Sudeste e Sul apresentam taxas maiores quanto à presença de veículos como bens, com valores em torno de 10%. A presença de terreno e de outros bens entre os pescadores tem apresentado baixas taxas de participação, com valores flutuando entre 1 e 4% com relação ao primeiro item e entre 0,5 a 1,5% do total de pescadores com declaração de posse de outros bens (Figura 5).

Ao combinar dois bens simultaneamente (casa + veículo, casa + terreno, casa + outro bem, veículo + terreno, veículo + outro bem, e terreno + outro bem), percebe-se que poucos são os pescadores que têm condições para manter tal situação, sendo mais comum na região Norte a combinação de casa e terreno próprios e, nas regiões Sudeste e Sul a presença combinada de casa e veículo e de casa e terreno. No Nordeste e no Centro-Oeste a presença de mais de um bem com o pescador é relativamente baixa (Figura 6).

A região Sul aparenta ter um maior nível de desenvolvimento dos pescadores, quanto à presença de mais de um bem declarado. Por outro lado, percebe-se que, em geral, há uma tendência de queda nas proporções de pescadores que possuem mais de um bem ao longo do tempo (1970 até 2010).

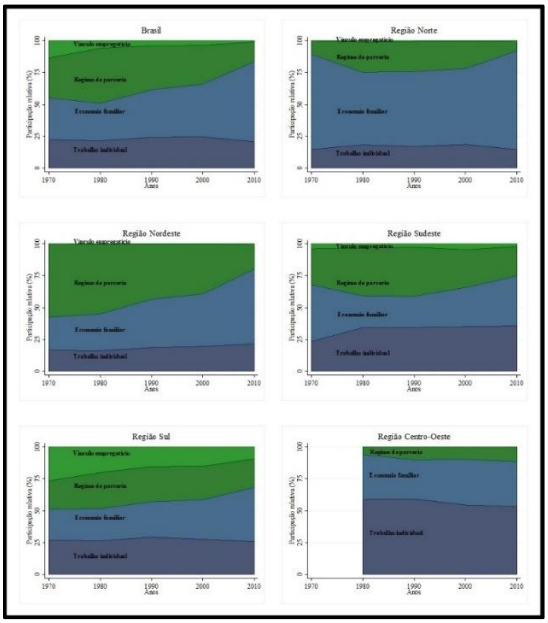


Figura 4. Participação relativa (%) dos pescadores, por relação de trabalho, região geográfica e período, registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira.

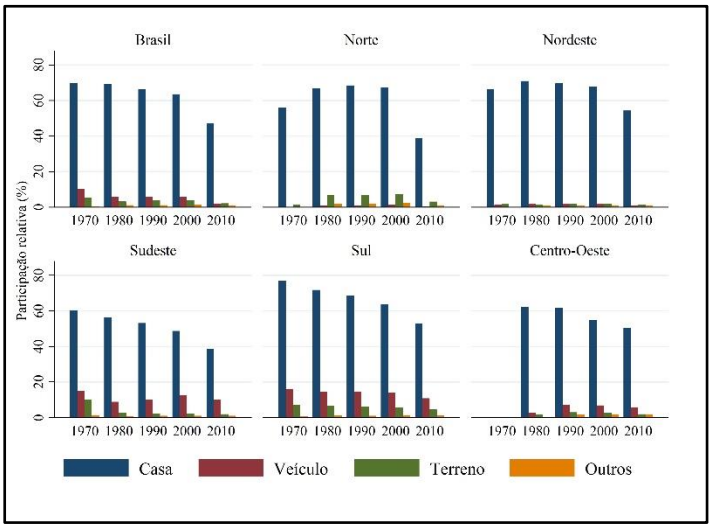


Figura 5. Participação relativa (%) dos pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), por bem declarado, região geográfica e período.

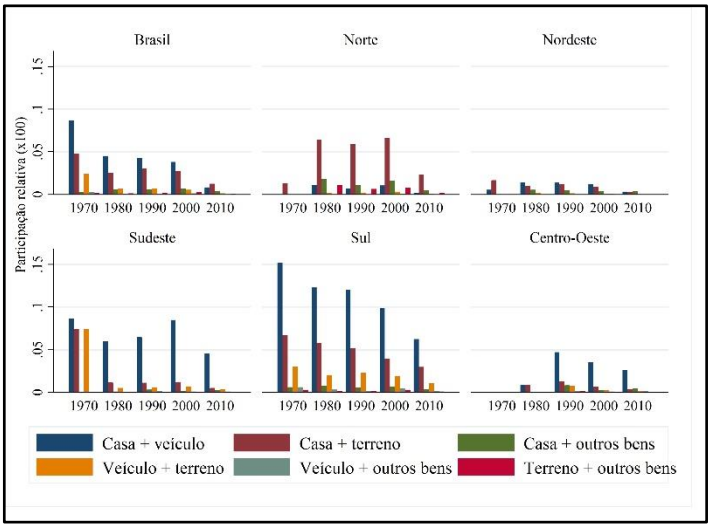


Figura 6. Participação relativa (%) dos pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira, por bem declarado (mais de um bem combinado), região geográfica e período.

Áreas de pesca

O RGP tem um conjunto de variáveis que identificam as áreas de pesca informadas pelo pescador, definidas como mar, estuário, rio, lago e açude. Essas variáveis são binárias e independentes entre si, ou seja, o indivíduo pode declarar que pesca em mais de uma área. Uma vez que são independentes, a análise realizada considerou as informações individualizadas e também combinadas duas a duas.

A Figura 7 apresenta a evolução das áreas de pesca declaradas pelos pescadores ao longo do tempo, por região geográfica, desde 1970 até 2010. A quantidade relativa de pescadores que declararam pescar no mar diminuiu gradativamente ao longo do tempo, chegando ao seu menor valor em 2010 (19,92%); nos estuários a pesca manteve-se praticamente constante, finalizando 2010 com uma leve tendência de decréscimo (5,53%); nos rios e lagos a situação foi inversa à da pesca no mar, com um aumento significativo da participação de pescadores que atuam nessas áreas, cujos valores máximos aconteceram em 2010 (65,70% do total de pescadores declararam pescar em rios e 28,29% os pescadores declararam pescar em lagos); já o número de pescadores que declarou pescar em açudes aumentou até o ano 2000, quando então se manteve praticamente constante, chegando a 6,29% do total de pescadores em 2010.

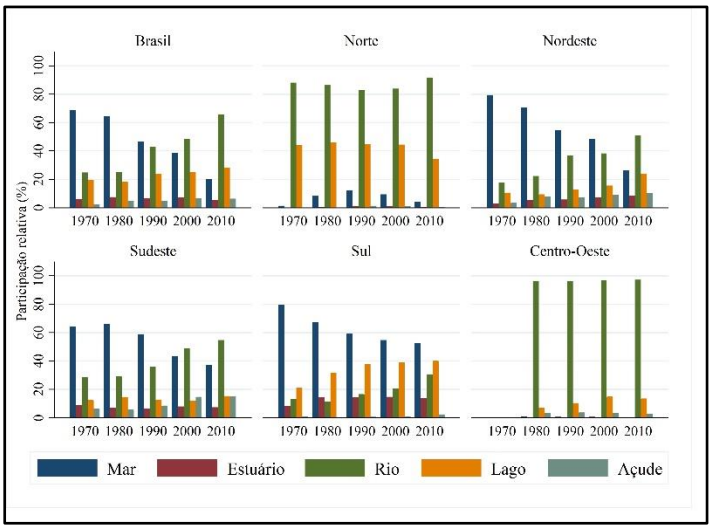


Figura 7. Participação relativa (%) dos pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira, por área de pesca, região geográfica e período.

Essa situação de predomínio da concentração de pescadores em rios e lagos pode ser parcialmente explicada pelo grande contingente de profissionais que atuam nessas áreas nas regiões Norte e Nordeste. No Norte explica-se pelo grande número de pescadores ribeirinhos que atuam nas bacias hidrográficas formadas principalmente pelos rios Solimões, Negro e Amazonas. Por outro lado, no Nordeste justifica-se pela quantidade de pescadores que utilizam a calha do rio São Francisco, seus lagos (naturais e artificiais) e lagoas marginais, assim como os que utilizam as demais represas e açudes da região. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste predomina a pesca nos rios, enquanto que na região Sul a pesca no mar é relativamente maior.

A Figura 8 apresenta a evolução das áreas de pesca combinadas duas a duas, declaradas pelos pescadores ao longo do tempo, por região geográfica.

Os resultados de maior expressão quanto às combinações entre áreas de pesca foram relacionados a seguir:

1) combinação de pesca no rio e no lago, o que sugere que parte dos pescadores que pescam em rios devem pescar também nos lagos próximos, chegando a 18,41% do total de pescadores do Brasil em 2010, grande parte desses pescadores são observados principalmente na região Norte, onde tal índice chega a 29,01% em 2010;

2) ao longo do tempo se observa, na região Nordeste, um leve incremento percentual de pescadores que atuam em rios e lagos, enquanto que há um decréscimo daqueles que pescam de forma combinada no mar e nos rios;

3) no Sudeste há um pequeno aumento percentual ao longo do tempo daqueles que pescam em rios e lagos e daqueles que pescam em rios e açudes;

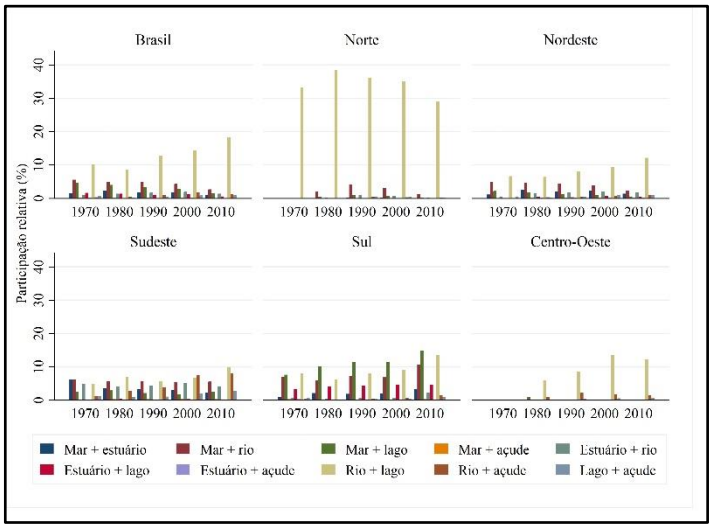


Figura 8. Participação relativa (%) dos pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira, por mais de uma área de pesca declarada, região geográfica e período.

4) na região Sul do Brasil o comportamento das duas variáveis anteriormente assinaladas para o Sudeste é similar; adiciona-se também um incremento percentual significativo dos pescadores que declararam pescar no mar e nos lagos, valor que chegou a 13,40% em 2010. Esse último incremento pode estar relacionado com os pescadores que atuam na região litorânea adjacente à Lagoa dos Patos, fazendo com que, em determinadas situações a pesca se dirija para o mar e em outros momentos, os mesmos pescadores passem a atuar no interior da referida lagoa;

5) na região Centro-Oeste se destaca a pesca associada a rios e lagos.

Grupos de espécies

Ao se registrar oficialmente no RGP, o pescador informa qual grupo de espécies ele captura, sendo tais grupos definidos como: peixes, crustáceos, mariscos e algas. Trata-se de variáveis binárias e independentes entre si, uma vez que o indivíduo pode declarar que pesca mais de um grupo de espécies. No Brasil, de forma geral, os pescadores pescam majoritariamente peixes, cujos valores se mantiveram acima de 90% ao longo do tempo.

A quantidade relativa de pescadores que pescam crustáceos caiu de 50,17% do total de pescadores em 1980 para 14,17% em 2010, o que pode ser explicado pelas restrições impostas às principais pescarias de crustáceos no Brasil (defesos, limitações de frota e, consequentemente, do número de pescadores). Por outro lado, a quantidade de pescadores que passaram a capturar mariscos (excetuando-se os crustáceos) dobrou entre o período de 1970 e 2010, quando chegou a 14,53% do total de pescadores. As pescarias de algas permaneceram com percentuais de pescadores variando entre 0,30 e 0,71% no período, terminando o ano de 2010 com 0,46% do total de pescadores brasileiros.

A Figura 9 apresenta os dados relativos aos grupos de espécies capturados por região geográfica e ano. Observando os dados por região geográfica, percebe-se que, na região Norte a maioria dos pescadores pesca peixes, quadro esse que praticamente

não sofreu alterações com o passar dos anos, terminando o ano de 2010 com 99,13% de todos os pescadores dessa região direcionados para as pescarias de peixes.

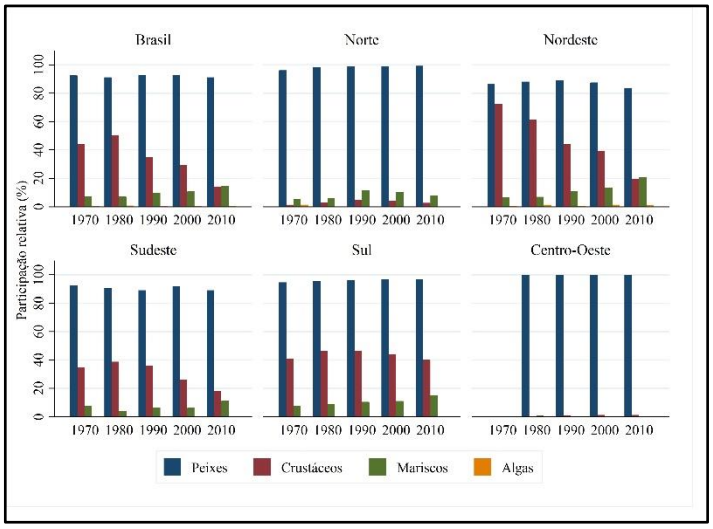


Figura 9. Participação relativa (%) dos pescadores registrados no Registro Geral da Atividade Pesqueira, por grupo de espécie, região geográfica e período.

Na região Nordeste há também um predomínio da pesca de peixes, com mais de 80% dos pescadores nessa atividade. Nessa região, houve uma redução percentual muito grande na quantidade de pescadores que pescam crustáceos, cujo índice, que já foi de 72,38% em 1970, chegou a 19,50% em 2010. Mesmo assim, em números absolutos se constata um aumento considerável no número de pescadores de crustáceos na região Nordeste, tendo chegado a 75.907 pescadores em 2010. Em contraponto à diminuição do percentual de pescadores de crustáceos, o número de pescadores de mariscos aumentou consideravelmente ao longo dos anos, passando de 6,63% em 1970 para 20,64% do total de pescadores da região em 2010. As regiões Sudeste e Sul apresentam características semelhantes quanto aos grupos de espécies capturados por pescadores.

Há uma relativa estabilidade na participação dos pescadores que pescam peixes, com percentuais que alcançaram, em 2010, 89,23% e 97,04% dos pescadores das regiões Sudeste e Sul respectivamente. Há uma diminuição da quantidade relativa de pescadores que pescam crustáceos nas duas regiões, sendo essa diminuição mais acentuada no Sudeste; e há um leve incremento ao longo do tempo da quantidade de pescadores que pescam mariscos nas duas regiões. Na região Centro-Oeste há uma predominância da pesca de peixes, sendo que praticamente todos os pescadores dessa região (99,92% em 2010) capturaram esse grupo de espécies. Por fim, vale destacar que a captura de algas acontece apenas no Norte e no Nordeste, com maiores quantidades de pescadores atuando nessa última região.

CONCLUSÃO

Os pescadores profissionais brasileiros são majoritariamente da classe artesanal, que representa 99,14% do total de pescadores brasileiros. A classe industrial representa menos de 1% dos pescadores e está concentrada nas regiões Sudeste e Sul, principalmente no polo industrial pesqueiro de Itajaí, Santa Catarina.

O Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), no que se refere ao cadastro de pescadores, aumentou consideravelmente sua abrangência ao passar de 29.840 registros em 1988 para 824.814 pescadores profissionais registrados em 2010.

Percebe-se uma inclusão relevante das mulheres pescadoras no RGP a partir do ano de 2003, culminando, em 2010, com 40,57% do total dos trabalhadores da pesca registrados. Ademais, os pescadores profissionais brasileiros estão mais jovens, tendo havido uma redução na idade dos pescadores ao longo do tempo, em todas as regiões do Brasil. Em 2010 a média de idade do pescador profissional brasileiro foi de 39,21 anos. Existe diferença significativa na idade média quando avaliada por gênero, sendo a mesma de 40,31 anos para homens

(528.350 observações) e de 37,57 anos para mulheres (356.262 observações). Também existem diferenças regionais, com as regiões Norte e Nordeste apresentando uma idade média mais baixa, respectivamente 37,28 e 39,02 anos, quando comparadas às regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, com médias de idade de 44,23, 43,58 e 43,87 anos, respectivamente.

De forma consolidada havia no Brasil, em 2010, 408.863 pescadores solteiros (49,92% do total), 217.109 casados (26,51%), 181.823 vivendo em união estável (22,20%), 7.003 divorciados (0,86%), e 4.167 (0,51%) viúvos. Observa-se também um aumento do número de solteiros ao longo do tempo, acentuando-se a partir do ano 2000 em detrimento, principalmente, do número de pescadores casados. Tal comportamento é percebido em todas as regiões, sendo que o incremento na quantidade de solteiros acontece de forma mais suave nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

De forma geral, conclui-se que a maioria dos pescadores brasileiros apresenta baixa escolaridade (predomínio de pescadores analfabetos ou com ensino fundamental incompleto). Há um melhor desempenho escolar para os pescadores das regiões Sudeste e Sul, o que pode ter relação com a melhor situação econômica dessas regiões, quando comparadas ao resto do país.

Quanto às relações laborais, o Brasil apresenta um quadro onde predomina a informalidade no setor pesqueiro, em que a maior parte dos pescadores pratica a atividade como trabalho individual ou como economia familiar. Tal fato está diretamente relacionado com o caráter essencialmente artesanal da pesca no Brasil. Aparentemente essas relações associam-se com o grau de desenvolvimento econômico da atividade, uma vez que nas regiões mais industrializadas (principalmente na região Sul) há uma maior incidência de pescadores que possuem vínculo empregatício.

De acordo com o RGP, os pescadores brasileiros têm sofrido uma redução da quantidade de bens adquiridos ao longo do tempo. Em 1970, 69,67% dos pescadores brasileiros possuía residência própria, enquanto que em 2010 esse número foi reduzido para 47,24%. Quanto a possuir veículo próprio, a quantidade relativa de pescadores foi reduzida de 10,06% em 1970 para 1,94% em 2010. A diminuição quanto à aquisição de terreno foi um pouco menor, mas também aparece de forma significativa, tendo sido reduzida de 5,26% para 2,12% em 2010. Essas informações podem ser indicativas de uma deterioração da atividade ou também estarem associadas a uma estratégia informal para o não pagamento de impostos visando evitar chamar a atenção com os bens que cada pescador possui.

Considerando as áreas de pesca, a quantidade relativa de pescadores que declararam pescar no mar diminuiu gradativamente ao longo do tempo, chegando ao seu menor valor em 2010 (19,92%); nos estuários os pescadores mantiveram-se praticamente constantes em porcentagem, finalizando 2010 com uma leve tendência de decréscimo (5,53%); nos rios e lagos a situação foi inversa à da pesca no mar, com um aumento significativo da participação de pescadores que atuam nessas áreas, cujos valores máximos aconteceram em 2010 (65,70% do total de pescadores declararam pescar em rios e 28,29% os pescadores declararam pescar em lagos); já o número de pescadores que declarou pescar em açudes aumentou até o ano 2000, quando então manteve-se praticamente constante, chegando a 6,29% do total de pescadores em 2010.

Essa situação de predomínio da concentração de pescadores em rios e lagos pode ser parcialmente explicada pelo grande contingente de profissionais que atuam nessas áreas nas regiões Norte e Nordeste. No Norte explica-se pelo grande número de pescadores

ribeirinhos que atuam nas bacias hidrográficas formadas principalmente pelos rios Solimões, Negro e Amazonas. E no Nordeste pela quantidade de pescadores que utilizam a calha do rio São Francisco, seus lagos (naturais e artificiais) e lagoas marginais, assim como os que utilizam as demais represas e açudes da região. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste predomina a pesca nos rios, enquanto que na região Sul a pesca no mar é relativamente maior.

Quanto aos grupos de espécies capturados no Brasil, de forma geral, os pescadores pescam majoritariamente peixes, cujos valores mantiveram-se acima de 90% ao longo do tempo. A quantidade relativa de pescadores que pescam crustáceos caiu de 50,17% do total de pescadores em 1980 para 14,17% em 2010, o que pode ser explicado pelas restrições impostas às principais pescarias de crustáceos no Brasil (defesos, limitações de frota e, consequentemente, do número de pescadores). Por outro lado, a quantidade de pescadores que passaram a capturar mariscos dobrou entre o período de 1970 e 2010, quando chegou a 14,53% do total de pescadores.

As pescarias de algas mantiveram-se com percentuais de pescadores variando entre 0,30 e 0,71% no período, terminando o ano de 2010 com 0,46% do total de pescadores brasileiros. É possível perceber diferenças regionais em praticamente todas as variáveis do RGP estudadas, o que se conclui que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste formam um grupo com características diferenciadas das regiões Sudeste e Sul. Essas diferenças regionais dos pescadores podem refletir as diferenças socioeconômicas da população brasileira como um todo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, pelo apoio.

Ao Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA (atualmente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, L.P.; VASCONCELOS, J.A.; ALBUQUERQUE, J.A. Pesca. In: Ogawa, M.; Koike, J. (Eds.). **Manual de Pesca.** Associação dos Engenheiros de Pesca do Estado do Ceará.1987. 799 p.

BAILEY, C. **The political economy of fishery development**. Agricultural and Human Values (Winter–Spring), 35–48. 1988.

BÉNÉ, C. **When Fishery Rhymes with Poverty: A First Step beyond the Old Paradigm on Poverty in Small-Scale Fisheries.** World Development, Vol. 31, No. 7, pp.949-475. 2003.

BRASIL. **Decreto nº 8.425, de 31 de março de 2015**. Brasília: DOU de 01.04.2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/ D8425.htm. Acesso em: 17 fev. 2011.

BRASIL. **Decreto-Lei n° 221, de 28 de fevereiro de 1967**. Brasília: DOU de 28.02.1967. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0221.htm. Acesso em: 17 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009**. Brasília: DOU de 30.06.2009 e retificado em 09.07.2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11959.htm. Acesso em: 17 fev. 2011.

CARDOSO, E.S. **Pescadores Artesanais: Natureza, Território, Movimento Social**. Tese de Doutorado. 143p., Universidade de São Paulo, SP, São Paulo. 2001.

COPES, P. **Why are fishing incomes often low? A critical review of the conventional wisdom**. Discussion Paper 21/89-1, Burnaby, Canada: Institute of Fisheries Analysis, Simon Fraser University. 1989.

DIEGUES, Antônio Carlos. **A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil**. Etnográfica, Lisboa, v. 3, n. 2, p. 361-375, 1999. Disponível em: http://ceas.iscte.pt/etnografica/docs/vol_03/N2/Vol_iii_N2_361-376.pdf. Acesso em: 30 mar. 2012.

DIEGUES, Antônio Carlos. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar.** São Paulo: Ática, 1983.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. ***Orientaciones técnicas para la pesca responsable***. Roma: FAO, 1999. 81p.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Roma: FAO, 2012. 209 p.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Poverty in coastal fishing communities**. In: Advisory Committee on fishery research third session December 5–8, 2000. Rome: Food and Agriculture Organization. Disponível em: www.fao.org/DOCREP/003/Y0422E/y0422e09.htm. 2000.

FONTELES-FILHO, A.A. **Diagnóstico e perspectivas do setor pesqueiro artesanal do estado do Ceará**. In: Anais do Workshop Internacional sobre Pesca Artesanal, Laboratório deCiências do Mar – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, pp 7-17. 1997.

GORDON, S. H. **The economic theory of a common property resources: the fishery**. Journal of Political Economy, 62, 124–142. 1954.

IBAMA. **Estatística da Pesca: grandes regiões e unidades da federação – 2007**. Brasília: IBAMA, 2007.113p.

IVO, C. T. C.; FONTELES FILHO, A. A.; SILVA, A. C.; VIEIRA, R. H. F. **Cadeia produtiva da lagosta nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Fortaleza: RDS Gráfica e Editora, 2012. 220 p.

LAGO, M.C. **Modos de vida e escolaridade: aspectos no processo de urbanização da Ilha de Santa Catarina.** Revista de Ciências Humanas (ISSN: 0101-9589), 1994, 12(16):27-42, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/revistacfh/article/view/23850/21381.

MACHENA, C., & KWARAMBA, R. **The creation of property rights to promote sustainable development in Lake Kariba inshore fishery in Zimbabwe**. In K. Remane (Ed.), African inland fisheries, aquaculture and the environment (pp. 245–254). London: Fishing News Books. 1997.

SALLES, Rodrigo. **Avaliação econômica e ambiental dos sistemas de pesca utilizados nos Municípios de Aracati e Icapuí -CE: subsídios para gestão.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.

SILVA, Luís Geraldo. **A Faina, a Festa e o Rito. Gentes do Mar e Escravidão no Brasil (séc. XVII ao XIX).** 1996, São Paulo, USP, tese de doutoramento. In: Vasconcellos, M., Diegues, A.C. and Kalikoski, D.C. Coastal fisheries of Brazil. In S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles and J.C. Seijo (eds). Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 544. Rome, FAO. pp. 73–116. 2011.

SOUZA, M. D. A.; COELHO, M. V. **Ondas da esperança: o processo de alfabetização de pescadores artesanais de lagostas**. In: MELO, J. L.; FREITAS, A. J. R. Plano de formação e valorização do pescador: objetivo, lógica e resultado. UECE, Fortaleza, 2009. 129 p.

VASCONCELLOS, M., DIEGUES, A.C.; KALIKOSKI, D.C. **Coastal fisheries of Brazil.** In S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles and J.C. Seijo (eds). Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Roma, n. 544. p. 73–116. 2011. Disponível em: http://www.fao.org/3/i1926e/i1926e.pdf. Acesso em: 13 abr. 2012.

TOMO VIII DA REDE BRASPOR

SAINDO DA ZONA DE CONFORTO:

A INTERDISCIPLINARIDADE DAS ZONAS COSTEIRAS

Capítulo 3

Análise das mudanças ambientais da cidade do Rio Grande – RS (1737-2017) usando dados da cartografia histórica

ANÁLISE DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS DA CIDADE DO RIO GRANDE – RS (1737-2017) USANDO DADOS DA CARTOGRAFIA HISTÓRICA

Maria Cristina Chaves Pires[1], Ítalo Seilhe Reis[2] & Éder Leandro Bayer Maier[3]

[1] Mestre em Geografia, Laboratório de Climatologia e Cartografia – LACCA, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália km 8, Campus Carreiros, Pavilhão 6, sala 6223A, CEP 96203-900, Rio Grande - RS, Brasil. mcristina.pires@hotmail.com

[2] Graduando em Geografia Bacharelado, Laboratório de Climatologia e Cartografia – LACCA, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália km 8, Campus Carreiros, Pavilhão 6, sala 6223A CEP 96203-900, Rio Grande - RS, Brasil. italoseilhe@gmail.com

[3] Professor Doutor, Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália km 8, Campus Carreiros, Pavilhão 6, sala 25E, CEP 96203-900, Rio Grande - RS, Brasil. edermaier@gmail.com.

RESUMO

Os mapas históricos preservam informações geográficas sobre a ocupação humana, a expansão urbana e as transformações ambientais ao longo da história. Nesta perspectiva, efetuamos a coleta, catalogação, descrição e interpretação de mapas do sítio urbano da cidade do Rio Grande, a fim de investigar a expansão urbana e as transformações ambientais desde a fundação em 1737 até 2017. No presente estudo foram analisados oito mapas representativos da expansão do núcleo central urbano da cidade do Rio Grande ao longo do tempo, desde documentos cartográficos históricos do século XVIII até imagens de satélite da atualidade, buscando identificar os sistemas ambientais e suas transformações. As análises mostraram que a supressão das áreas de dunas, lagoas, marismas e banhados promovida pela expansão urbana, em função do crescimento demográfico propiciado pelas atividades militar, portuária e industrial, provocaram profundas alterações na geomorfologia original do pontal. Adicionalmente, a condição fisiográfica é um dos maiores desafios para a expansão urbana do Rio do Grande, novas porções de terrenos continuam sendo incorporados por moradores através de aterros das áreas inundáveis, nas margens da Lagoa do Patos e Saco da Mangueira. Os projetos de expansão formalizados, oriundos do Poder Público, promoveram as principais mudanças ambientais como, por exemplo, os aterros na área do porto, mas atualmente utilizam áreas regularizadas, favorecendo o adensamento urbano. O crescimento ordenado e não ordenado gerou poluição, subtração da vegetação nativa, retilinização de arroios, aterros e terraplanagem para usos urbanos. Essa situação evidencia uma necessidade de melhor relação entre as demandas e usos sustentáveis dos recursos naturais.

Palavras-chave: Mapa, Registro Histórico, Expansão Urbana, Mudanças Ambientais

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE CITY OF RIO GRANDE - RS (1737 - 2017): USING HISTORICAL CARTOGRAPHY DATA

ABSTRACT

Historical maps preserve geographic information on human occupation, urban expansion and environmental changes throughout history. From this perspective, we performed the collection, cataloging, description, and interpretation of maps of the urban site of the city of

Rio Grande, in order to investigate the urban expansion and the environmental changes since its foundation in 1737 until 2017. In the present study were analyzed eight representative maps from the expansion of the urban central nucleus of the Rio Grande city over time, from historical cartographic documents since the 18th century to the current satellite images, in an attempt to identify environmental systems and their changes. The analysis showed that the suppression of the dunes, lagoons, marshes, and wetlands areas were promoted by urban expansion, as a result of the demographic growth caused by military, port, and industrial activities, and that it caused profound alterations in the original geomorphology of the pontal. In addition, the physiographic condition is one of the major challenges for the urban expansion of the city of Rio Grande, new portions of land continue to be incorporated by private interests into the urban area through landfills of the flooded areas, on the banks of Lagoa dos Patos and Saco da Mangueira. The formalized projects, originated from the Public Authorities, promoted major environmental changes in the past, such as landfills in the port area, but currently, use regularized areas, favoring urban densification. Orderly and unordered growth generated pollution, subtraction of native vegetation, channeling of streams, landfills, and earthworks for urban uses. This situation emphasizes the need for a better a correlation between demands and sustainable uses of the natural resources.

Keywords: Map, Historical Register, Urban Expansion, Environmental Changes

INTRODUÇÃO

A história de uma população pode ser contada através de várias perspectivas, entre elas o registro cartográfico, que preserva ao longo tempo as mudanças ambientais e sociais por meio da escrita, desenhos, croquis, plantas e mapas. Neste contexto este trabalho tem como objetivo relacionar a história do município do Rio Grande com a cartografia histórica, desde a fundação em 1737 até 2017, a fim de analisar a expansão urbana e as decorrentes mudanças ambientais.

Pode-se afirmar que o mapa é uma das modalidades de comunicação mais antigas da humanidade, desde a pré-história todos os povos já utilizavam. O primeiro mapa que se tem conhecimento é de origem babilônia e os estudos sobre sua data de criação variam entre 3.800 a.C. e 2.200 a.C., tratando-se de um tablete de argila cozida com a representação de duas cadeias de montanhas e no centro delas um rio, provavelmente o Eufrates (OLIVEIRA, 1993).

A primeira representação cartográfica do Brasil surge na cartografia espanhola, nomeadamente no Planisfério de Juan da La Cosa em 1500. Já em documentos cartográficos portugueses, o Brasil é representado em 1502 no denominado Planisfério de Cantino. A história da Barra do Rio Grande começou em 1532 quando foi descoberta por Pero Lopes de Souza e o chamado Rio Grande de São Pedro foi citado no mapa de Gaspar Viegas em 1534 (FIALHO, 2010).

A fundação da Colônia de Sacramento em 1680, às margens do Rio da Prata, aumentou a expansão do domínio português para o sul. O território que se estendia do Rio da Prata à Capitania de São Paulo interessava à administração da colônia que pretendia explorar o potencial econômico da região. Começava a se desenvolver os argumentos que definiram a fisionomia da região e as motivações históricas para o surgimento de localidades, dentro de uma conjuntura geopolítica platina de enfrentamento entre Portugal e Espanha. Neste contexto, com a intervenção do poder público português, ocorre em 1737 a fundação do Presídio e Comandância Militar Jesus-Maria-José, com o objetivo de integração com Portugal através da ocupação militar e do povoamento civil (QUEIROZ, 1987; TORRES, 2015).

Ao desembarcarem encontraram um sítio de natureza inóspita na arenosa planície litorânea, cuja paisagem era dominada por dunas, lençóis de areia, sequencia lagunares e de banhados, vegetação pobre e

ventos fortes, que trouxeram inúmeras dificuldades para seu desenvolvimento (COPSTEIN, 1982).

A vila que nasceu com papel militar e geopolítico, decorrente de sua situação geográfica, começou a se desenvolver através da posição comercial do porto por onde escoava toda a produção da Capitania. Graças ao comércio e ao porto a cidade sofreu profundas transformações. Ao longo dos anos a cidade portuária passou por ciclos comerciais e industriais e o pontal precisou ser adequado à necessidade de urbanização exigida pelo desenvolvimento. A partir dessa premissa foram executadas diversas alterações no meio físico, através de aterros, nivelamentos e drenagens.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada nesta análise visa integrar diferentes fontes de informações geográficas para mapear a expansão urbana e as mudanças ambientais da cidade do Rio Grande. Nesse contexto, os mapas históricos, desde os mais rudimentares da época da colonização até os modernos mapas digitais da atualidade, são as principais fontes.

Foram usadas informações da cartografia histórica da gênese e expansão da cidade e suas consequentes mudanças ambientais oriundas dos registros cartográficos, em especial, pelas feições permanentes que caracterizam a história da cidade, porque apesar de sofrerem alterações em sua estrutura permaneceram em seus locais de origem.

Foram selecionados oito produtos cartográficos da cidade do Rio Grande – RS no período entre 1737 e 2017, obtidos na Biblioteca Rio-Grandense e no acervo de Fortunato Pimentel. São eles: “Desenho por idea da Barra & Porto do Rio Grande de S. Pedro” de 1737, “Villa do R. Grande de S. Pedro”, de 1767 “Planta da Villa de Rio Grande de S. Pedro do Sul” de 1829, “Planta Geral da Cidade do Rio Grande” de 1904,1926, 1942 e 1970. Para representação cartográfica contemporânea foi utilizada imagem de satélite do “Google Earth Pro”, datada de oito de junho de 2017.

Os oito mapas foram organizados em uma sequência temporal que possibilitou o acompanhamento do crescimento urbano de Rio Grande e as consequentes alterações ambientais. Os documentos foram identificados pela data (adotada como nome do arquivo digital), informação da fonte e autoria.

Adicionalmente, foram utilizadas imagens complementares para melhor compreensão dos mapas citados acima. Essas imagens são mapas históricos, aquarela e fotografias, que forneceram informações adicionais sobre o ambiente, a urbanização e a paisagem local durante os séculos XVIII, XIX e XX. Foram utilizados o mapa de 1767, intitulado “Demonstração da Villa do Rio Grande de São Pedro” de autor anônimo, obtido na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro, o mapa de 1894 ”Planta Geral da Barra e do Porto” de J. seixas da Biblioteca do Porto do Rio Grande e a aquarela de 1824 de autoria de Jean Debret disponibilizada em TORRES (2015).

As fotografias aéreas são das décadas de 1947 e 1964, fornecidas pela Agência da Lagoa Mirim. Para maior detalhamento foram utilizadas fotografias do Mapa Urbano Base (MUB) na escala 1:5000, fornecidas pela Secretaria Municipal de Coordenação e Planejamento da Prefeitura do Rio Grande, obtidas com máquina digital NIKON Coolpix, modelo P510.

Ao observar os documentos cartográficos percebe-se feições naturais e antrópicas remanescentes que podem ser utilizados no presente como feições permanentes representativas de outros usos e configuração do urbano e do sistema ambienta. As feições permanentes, segundo FIGUEIREDO (2013), são elementos que resistiram às transformações da cidade ao longo do tempo e servem como marcos

espaciais e temporais, visto que apesar de sofrerem alterações estéticas ou estruturais permanecem no mesmo lugar.

Na análise dos mapas históricos de 1737 e 1767 foi utilizada a técnica proposta por CINTRA (2015) onde a forma de pintar, os estilos e as cores das tintas empregadas no desenho dos mapas também são relevantes, visto que as informações do sistema ambiental contidas nesses documentos foram representadas através do uso desses recursos da representação cartográfica segundo o conjunto de valores e escolhas do próprio autor do mapa. Para a análise dos mapas atuais, utilizou-se os manuais de padronização cartográfica.

As informações geográficas dos mapas históricos foram vetorizadas sobre a imagem de satélite georreferenciada com erro máximo de 2 pixeis, extraída do "Google Earth Pro", do sítio urbano da Cidade do Rio Grande, de oito de junho 2017. Utilizamos a representação vetorial na forma de polígonos, caracterizados por no mínimo três vértices conectados. O georreferenciamento e a vetorização foram feitos no software QGIS, versão 3.0 e 3.4.

As delimitações poligonais foram criadas de acordo com a análise visual do mapa histórico, cada polígono representa a área urbana construída (ruas, quadras, edificações) correspondente a cada documento cartográfico. Para a vetorização das feições naturais foram adotados procedimentos semelhantes, sendo criado polígonos representativos das áreas naturais do sítio urbano do pontal (banhados, marismas, dunas e lagoas).

As análises visuais basearam-se na interpretação das medidas de distâncias, coordenadas geográficas, figuras geométricas, figuras irregulares, texturas, cores e feições permanentes que representavam os aspectos físicos e humanos nos mapas históricos. Sendo que a localização de cada vetor foi definida pela redundância de informações contidas em um ou mais mapas, conforme os parâmetros acima descritos.

Em casos de imprecisão dos limites da expansão urbana ou dos sistemas ambientais foram utilizadas as imagens complementares para aferir a localização dos limites dos polígonos. Cada polígono foi datado de acordo com o primeiro ou o último registro cartográfico da feição para identificar sua criação ou extinção, respectivamente. Por fim foram elaborados dois mapas temáticos, um com os sistemas ambientais pré-colonização e outro com a expansão urbana.

As informações cartográficas dos sistemas ambientais pré-colonização e da expansão urbana são apresentadas respectivamente nos mapas (Figuras 1 e 2). Os sistemas ambientais do pontal são identificados através de legenda de cores. A expansão urbana é demonstrada usando uma variação coroplética onde se ressalta a relação tempo/espaço em um único produto cartográfico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os sistemas ambientais pré-colonização europeia (Figura 1), demonstram a fisiografia do pontal em 1737, com a identificação das áreas de dunas, marismas, águas e vegetação. Estes ambientes foram suprimidos ao longo do tempo em função da necessidade de espaços urbanos, produzindo grandes transformações na geomorfologia local.

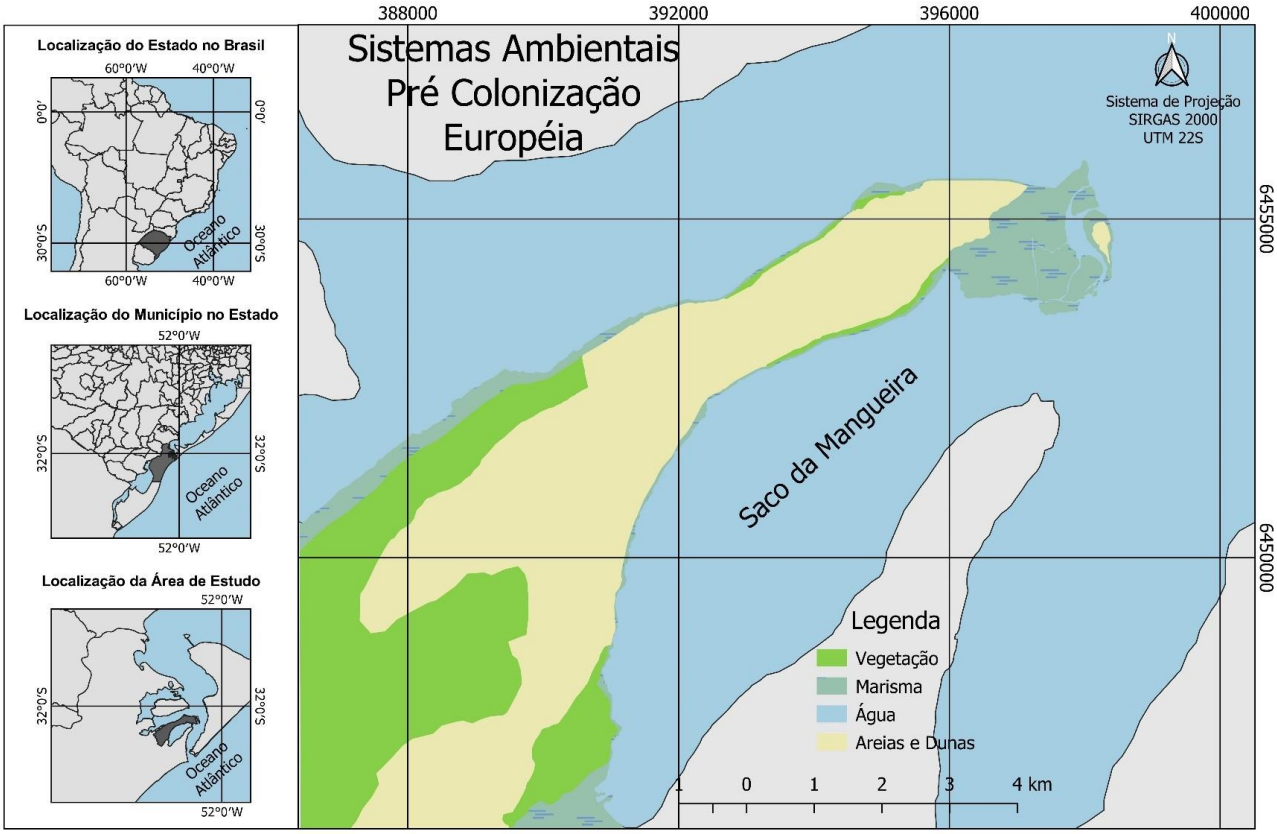


Figura 1. Sistemas ambientais do Rio Grande em (1737). Fonte: LACCA/FURG. Elaborado por Ítalo Seilhe Reis e

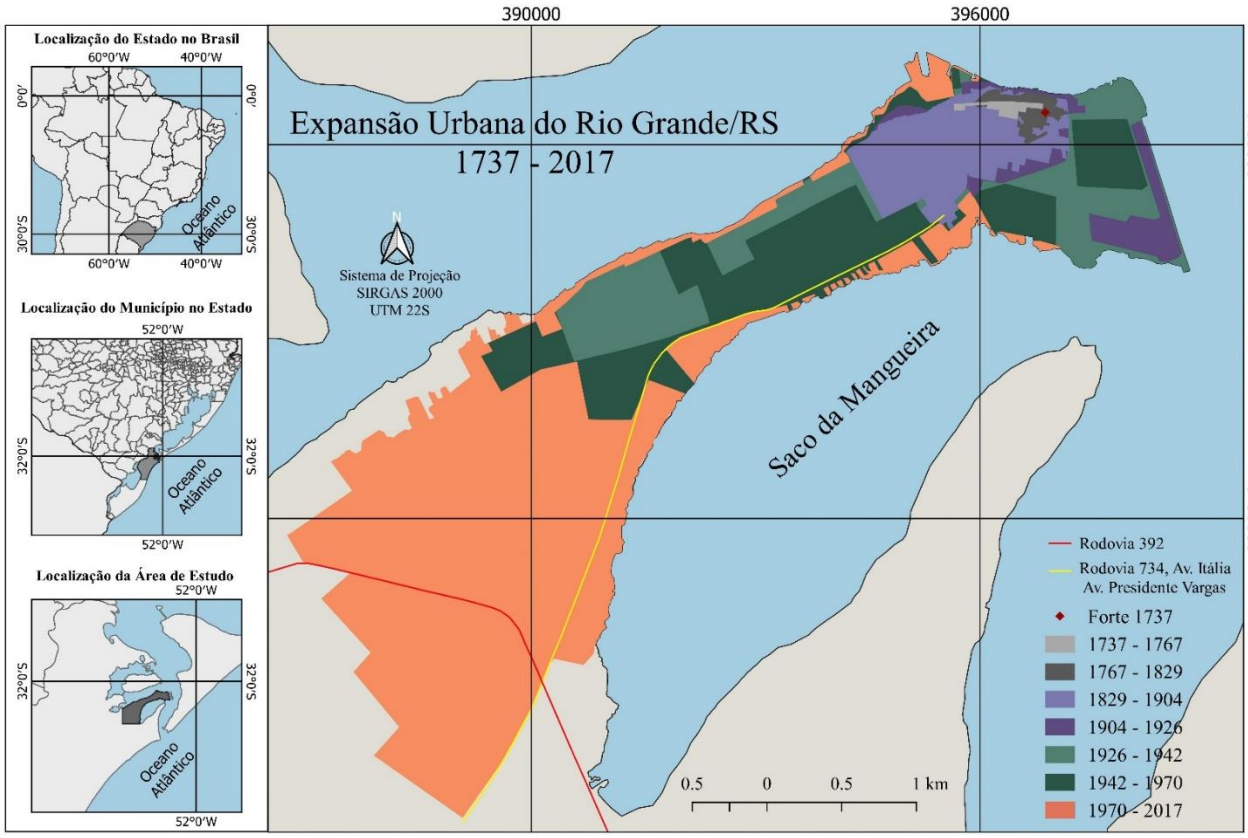


Figura 2. Expansão urbana da Cidade do Rio Grande (1737 a 2017). Fonte: LACCA/FURG. Elaborado por Ítalo Seilhe Reis e autora (2019).

A expansão urbana iniciou com a chegada do colonizador português em 1737, que usou para assentamento humano as áreas com menor resistência aos deslocamentos para os fortes e livres de alagamento. No decorrer do tempo, os diferentes usos da terra demandaram por espaços urbanos, sendo que a expansão ocorreu inicialmente no eixo Leste-Oeste, restrito à linha de trincheiras. Após o século XX a cidade expandiu para sudeste. É possível observar que a atual área urbana é composta por sucessivas expansões oriundas dos ciclos econômicos e demandas de usos da terra. Desta forma, a cidade militar e comercial dos séculos XVIII e XIX ocupava a área central, e nos períodos industrial (têxtil e pesqueiro), no final do século XIX e no século XX, a cidade cresceu sobre os campos de dunas e marismas na porção central e sudeste do pontal (Figura 2).

O mapa de autoria de José da Silva Paes, "Dessenho por idea da Barra & Porto do Rio Grande de S. Pedro" de 1737 revela a localização do porto, o desenho da fortificação no estreito, localização da guarda, ancoradouros das embarcações no lado Norte, banhados que cercam a região, o terreno que chamam Mangueira, e a Ilha dos Marinheiros. Presume-se através das formas desenhadas no entorno do pontal existência de árvores ou arbustos maiores, que não se confirmam na literatura associada ao tema. As atividades essencialmente militares deste período fomentaram a construção dos fortes "Jesus-Maria-José" e do "Estreito", situado a dois quilômetros e meio do porto, criando dois núcleos habitacionais.

As primeiras habitações e caminhos foram construídos em áreas de melhor acessibilidade aos deslocamentos para os fortes, a utilização de cavalos e bois degradaram a paisagem vegetal primitiva que permitia a fixação da areia eólica, tornando-se um problema para o povoamento devido à intensidade de movimentação das dunas, promovida pelos ventos fortes predominantes na região. Além disso a precariedade de materiais resistentes também favoreceu a dificuldade na construção de edificações (COPSTEIN, 1982).

Segundo MARTINS (2016) a expansão urbana do Rio Grande sofreu avanços e recuos, não somente pela dificuldade fisiográfica mas também, devido à invasão espanhola no período de 1763 a 1776. Nesse contexto o mapa de 1767, de autoria de Custódio de Sá e Faria, denominado "Villa do R. grande de S. Pedro" é elaborado pelos portugueses para retomada da vila por um ataque marítimo e terrestre. O documento revela um casario onde sobressai a Igreja Matriz de São Pedro, a Cadeia, a Casa do Governador, o Pelourinho, uma rua que se iniciava nas proximidades dos banhados do Leste e corria para oeste (atual rua Bacelar).

Neste período houve uma grande decadência do povoado, devido à ocupação espanhola, ficando reduzido a uma extensa rua com uma igreja. A precariedade das construções favorecia a movimentação das dunas e a paisagem vegetal primitiva teve sua degradação intensificada em virtude da grande concentração de bovinos e cavalos necessários para atender as demandas das tropas (COPSTEIN,1982).

A planta tirada por ordem da Câmara Municipal e adaptada de um levantamento realizado por Manoel Gonçalves dos Santos, denominada "Planta da Villa de Rio Grande de S. Pedro do Sul", de 1829, demonstra a expansão urbana com aterro de marismas e suas delimitações. As construções urbanas são registradas de uma forma mais compactada. As edificações demarcadas são a Matriz de São Pedro, a Capela de São Francisco, a Igreja do Carmo e a Alfândega. Aparecem também o registro das Praças do Poço, de São Pedro e da Alfândega. O trapiche junto ao prédio da Alfândega chama a atenção dando ideia do terreno alagadiço e da

área que ficava submersa. Cabe salientar ainda que terrenos e edificações da área oeste da cidade foram perdidos pela invasão de dunas móveis (SALVATORI, 1988; TORRES, 2015).

A partir deste documento a análise da supressão dos ambientes naturais ligada a urbanização do Rio Grande obtém maiores subsídios, já que nesta planta é possível visualizar com maior detalhamento a expansão urbana da vila. Aparece pela primeira vez os aterros na atual rua Riachuelo para melhorias no porto e a nordeste do centro histórico, obras que promoveram a retirada total das marismas. Segundo COPSTEIN (1982) o aterro da rua Riachuelo foi efetuado com material da demolição do forte Jesus-Maria-José e sedimentos das dunas. Esta planta registra o limite urbano demonstrado através de uma linha de dunas, com ênfase para a impossibilidade de ocupação, e pela primeira vez aparece na cartografia em estudo a projeção de novas áreas urbanas em terrenos ocupados pelas dunas.

A "Planta Geral da Cidade" de 1904, levantada pelos Engenheiros Antônio C. Chermont e Pedro D. Rache e autorizada pelo Vice Intendente Municipal Capitão Carlos A. F. De Assumpção, demonstra grandes alterações no espaço urbano, em decorrência da criação de indústrias que propiciaram muitos empregos e da necessidade de terrenos para construção de moradias populares. A cidade cresceu de aproximadamente 26 hectares quando da libertação do domínio espanhol, até 458 hectares no início do século XX. A infraestrutura urbana sofreu melhorias com o calçamento e alargamento nas ruas mais centrais e a expansão urbana em direção sul e oeste do pontal (COPSTEIN, 1982).

Os dados encontrados sobre população, segundo TORRES (2015), informam que no ano de 1900 o número de habitantes do município era de 29.492, sendo que 17.290 viviam na área urbana. Dados iniciais de uma década que marcaria índice tão expressivo de crescimento populacional, que jamais se repetiria. A expansão promovida pela prosperidade da cidade, forjou a necessidade da criação de novos espaços de urbanidade e da utilização de áreas além das trincheiras, a chamada cidade extramuros, um crescimento longitudinal que começava a desenhar a futura configuração espacial urbana do pontal.

O documento de 1904 demonstra alterações importantes em função da criação de indústrias e da necessidade de terrenos para os trabalhadores construírem suas residências. Além disso, a Praça Tamandaré aparece urbanizada, contrariando a afirmação contida no mapa de 1829, que descreve como área de dunas *incapaz de se povoar*. Adicionalmente, na área oeste aparece o registro do bairro Cidade Nova e do terreno da Companhia Hidráulica Rio-Grandense, situado equidistante do Saco da Mangueira e Lagoa dos Patos, em um terreno com dunas e lagoas.

A linha do litoral continua crescendo sobre as águas, neste mapa percebe-se o aterro entre a alfândega e o mercado, bem como o espaço aterrado para construção da Santa Casa. O traçado retilíneo das linhas de cais substituiu as margens sinuosas do pontal que retinha os sedimentos em suspensão trazidos pelas águas da Lagoa dos Patos. A expansão para além das trincheiras no final século XIX e início do século XX continuou a provocar modificações no interior do pontal. O modelado arenoso foi alterado pelo nivelamento das dunas, as areias foram utilizadas para aterrar áreas pantanosas e para elevar as cavas entre dunas, extinguindo pequenas lagoas ou alagadiços marcando o início da expansão para oeste (TELLES, 2011-2012).

A "Planta Geral da Cidade do Rio Grande" de 1926, levantada pela Diretoria de Obras e Viação da Prefeitura Municipal, constata a expansão urbana

principalmente a leste do centro histórico com a construção do Porto Novo. Para implantação da obra foi escolhida a área da Ilha do Ladino, extremo leste da cidade, formada por ilhas e alagadiços, com um extenso aterro que resultou em profundas alterações na fisiografia do pontal. Além das obras do Porto Novo, foram construídos os Molhes da Barra com a finalidade de se melhorar as condições de navegabilidade da barra devido aos constantes assoreamentos.

As primeiras décadas do século XX foram representativas em termos de expansão urbana da cidade do Rio Grande. O crescimento não se deteve apenas ao leste do centro histórico, mas também ocorreu para oeste, além dos limites do bairro Cidade Nova. A construção dos molhes da barra e de um novo porto atraiu muita mão-de-obra e novas indústrias, o que implicou na urbanização de novas áreas e consequente modificação geomorfológica onde dunas foram terraplenadas, os banhados e lagoas aterradas e os pequenos arroios canalizados. (MARTINS, 2016).

O mapa de 1926 é um registro cartográfico fundamental para análise das inúmeras alterações ambientais ocorridas no pontal. As modificações do ambiente nesse período foram muito rápidas, em menos de uma década se criou uma nova geomorfologia a partir do aterro de lagos e banhados, retilinização de arroios, edificação de ilhas em antigos baixios e material de dragagem lançado em áreas baixas e pantanosas, ao sul do centro histórico, inclusive distantes da área do novo porto, criando novos terrenos para fixar futuras moradias. As alterações implicam não somente modificações diretas sobre as feições, mas também nos processos de transporte e deposição dos sedimentos. Os aterros das margens pantanosas que retinham parte dos sedimentos finos, alteraram a sedimentação e consequentemente o fluxo de sedimentos dentro do estuário, estes passaram a seguir em suspensão até a barra (TELLES, 2011-2012).

A "Planta Geral de 1942" levantada pela Diretoria de Obras e Viação da Prefeitura Municipal tem como característica mais relevante a continuidade no padrão de crescimento da zona oeste do pontal. A cidade do Rio Grande na década de 1940, segundo Pimentel (1944) era organizada em 10 avenidas, 97 ruas, 44 travessas, 16 largos e praças. A expansão urbana se caracterizava por uma espacialização dispersa, pois a cidade possuía vastas áreas como a Hidráulica, no entanto havia semelhança de estrutura no tipo de ocupação.

A expansão para oeste ocorre sobre as áreas de dunas e areais e resulta em modificações ao modelado eólico dos sedimentos, além disso, sob uma área de terrenos alagadiços, à margem do Saco da Mangueira foi instalada a Refinaria de Petróleo (1937). Para viabilizar a construção da planta foi necessário aterrar uma extensa área com material retirado do próprio estuário (DUMITH et al., 2008).

A "Planta Geral de 1970" levantada por José M. L. Souza e Antônio C. S. Pereira, publicada no Jornal Rio Grande, demonstra a consolidação do crescimento da área urbana para oeste do pontal. A partir da década de 1950 a abundante mão-de-obra disponível em função da industrialização, ocasionou um processo descontínuo de urbanização. A classe operária sem condições, passou a erguer casa em locais sem infraestrutura, ocupando áreas alagadiças através de aterros ocasionando o que hoje chamamos de habitações subnormais, segundo IBGE (2010). Nesta planta é registrada a urbanização da área sul do centro histórico, próximo à refinaria, com o aterro dos terrenos alagadiços próximos ao Saco da Mangueira.

As décadas de 40/50 se caracterizaram pela grande oferta de terrenos, com as taxas de crescimento populacional superior às médias do estado, a área

ocupada dobra. Os índices de urbanização atingem 80% a partir de 1950 e refletem na expansão do tecido urbano. A criação de novos loteamentos representou o principal marco no espaço urbano da cidade, cabe salientar que a criação de novos lotes urbanos significou a expansão da cidade, mas não gerou ocupação imediata das novas áreas (SALVATORI, 1988).

Neste período o terreno arenoso, nas proximidades da Hidráulica, foi modificado à medida que os bairros do entorno se consolidam. Cabe registrar que nesta área encontravam-se diversas lagoas e dunas, em um ambiente que foi totalmente alterado, devido aos aterros e nivelamentos para construção das moradias. Outro aspecto importante são as medições entre o reservatório da Hidráulica e o Saco da Mangueira e o Canal do Rio Grande, visto que a documentação histórica citada por Martins (2016), afirma que as distancias são equivalentes. Entretanto, os aterros nas margens do Canal do Rio Grande adicionaram 281 metros nessa direção.

Aconteceu nesta época a proliferação das vilas com a comercialização privada da terra, observa-se a continuidade do crescimento para oeste e sudoeste próximo ao Saco da Mangueira, ainda em fase incipiente de consolidação, demonstrando o início da alteração do modelado original formado por dunas, alguma vegetação nativa e areais. Os conjuntos habitacionais que eram construídos próximo ao centro, passam a ser edificados de preferência nas proximidades da av. Santos Dumont e av. Itália junto à principal saída da cidade. A maior oferta de imóveis foi edificada próximo às margens do Saco da Mangueira, em áreas onde ficavam as chácaras ou em áreas ainda sem ocupação. Estas áreas sofreram significativas alterações através da extração da vegetação nativa, de aterramentos, de nivelamento, de impermeabilização do solo e da construção de esgotos que descarregam nas águas do Saco da Mangueira. Cabe salientar que junto a um trecho das margens deste corpo hídrico, é possível perceber a presença de paleodunas onde foram registrados sítios arqueológicos pré-coloniais conforme Ribeiro (2001).

A imagem extraída do “Google Earth Pro” da Cidade do Rio Grande, datada de 2017 mostra a configuração do pontal entre 1970 e 2017. Para a cidade do Rio Grande a década de 1970 é caracterizada pela Construção do Distrito Industrial e das novas instalações do chamado Superporto. Conforme Torres (2015) neste período ocorreu a substituição das indústrias de bens não-duráveis pelas indústrias de bens intermediários. As novas indústrias instaladas diferenciam-se das anteriores no que se refere a ocupação do espaço, pois as mesmas ocupavam áreas determinadas afastadas do centro urbano, separando os espaços de trabalho, moradia e lazer.

A instalação do complexo portuário-industrial atraiu um significativo número de migrantes, com a criação de dez mil postos de trabalho na construção civil e vagas de trabalho nas novas indústrias. Junta-se a isso o ápice do desenvolvimento da indústria pesqueira nas décadas de 1970 e 1980 (TORRES, 2015; MARTINS, 2016).

A ocupação do espaço urbano teve contribuição importante com a implantação da estrutura do novo campus da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, na década de 1970 próximo ao aeroporto à medida que atraiu população para o entorno. A edificação do campus foi estabelecida em uma área de banhados, campos, dunas e lagos teve sua fisiografia bastante alterada ao longo do tempo.

Nesta década, conforme DOMINGUES (2009) ocorreu a privatização do porto, a crise da indústria pesqueira, o fechamento de duas plantas industriais de fertilizantes e uma de óleo de soja, ocasionando uma redução estimada de 70% nos postos de trabalho da

indústria local e no complexo portuário. As mudanças na estrutura produtiva do município foram tão significativas que Rio Grande passou a figurar como uma área de estagnação econômica.

Nos anos de 1970 e 1980, em decorrência do aumento da população atraída pelos empreendimentos que ficaram aquém do esperado, houve o aumento dos terrenos acrescidos junto as margens. Segundo DUMITH et. al. (2008), o processo de construção de terrenos compreende a colocação de lixo, entulhos de obras e pneus nas margens do ambiente estuarino, após a compactação desse material uma moradia é construída. Esse processo acontece constantemente até os dias de hoje.

Contrariando as expectativas a primeira década deste século traria novas perspectivas para Rio Grande. A decisão do Governo Federal de impulsionar e descentralizar a indústria naval, após a descoberta da Camada de Pré-Sal na Bacia de Santos, teria importante reflexo na cidade portuária, sendo que os investimentos do polo naval geraram uma oferta total superior a 30.000 empregos diretos e indiretos (DOMINGUES, 2009; RAMOS & MARTINS, 2016).

As políticas públicas quanto a novas áreas de urbanização, consolidam a tendência verificada desde o século XIX de expansão urbana para oeste do centro histórico, atualmente junto às principais vias de acesso e de ligação do município com o balneário e com o restante do Estado. A cidade continuava sua expansão para oeste, ao longo da estrada Roberto Socoowski, área com areias e campos, segundo fotografias aéreas de 1964, foram ocupadas por empreendimentos municipais. Nesta área, o espaço compreendido entre a Vila São João e a Vila Santa Rosa é limitado pelos terrenos alagáveis da Lagoa dos Patos, por isso não possui edificações em suas margens, mantendo a vegetação rasteira e arbórea dos ambientes estuarinos, bem como as marismas e os planos de lama.

Na década de 1980 foram erguidos conjuntos habitacionais importantes: Parque Marinha, Jardim do Sol e o Parque Residencial São Pedro, em uma área considerada rural, três bairros populosos que possuem o Arroio Vieira como divisor natural. Essa expansão urbana ocorreu predominantemente sobre os campos litorâneos.

Além dos impactos causados pela criação de infraestrutura para uma quantidade grande de moradores, nesses empreendimentos específicos temos os impactos causados no Arroio Vieira, que teve parte de seu curso retilinizado. O arroio sofre com acúmulo de lixo em suas margens, com assoreamentos devido à falta de conclusão das obras do Parque São Pedro e com descarga de efluentes. Recebe diretamente em suas águas, desde o início da década de 1980, os despejos de efluentes (tratado e bruto) da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Parque Marinha, além dos despejos das ocupações irregulares do entorno (BOBADILO e CATTANEO 2008).

A primeira década do século XXI trouxe a implantação do Polo Naval e uma nova demanda por espaço urbano. Este acréscimo populacional tem alterações distintas, quando comparado a outros momentos, porque as alterações implicaram no adensamento das áreas urbanas já existentes e expansão urbana em áreas não incluídas neste estudo.

CONCLUSÃO

Durante os 280 anos analisados neste estudo certamente existe complexidades oriundas das relações homem-natureza e dos diversos atores que configuram a história do município do Rio Grande, junta-se a isso a limitação temporal dos registros cartográficos, visto que cada mapa preserva o registro da paisagem construída até a data de sua elaboração. A confecção de mapas ao longo do tempo foi favorecida pelas funções que a cidade assumiu, entre elas as funções militar e

portuária foram as mais significativas, pois evidenciaram a necessidade de conhecimento mais aprofundado sobre a região para atender sua necessidade de desenvolvimento.

A ocupação militar desta região representava um ponto estratégico para ocupação militar dentro de um momento geopolítico de enfrentamento entre Portugal e Espanha. Esta visão

militar surge clara no primeiro mapa de 1737 de José da Silva Paes onde é demonstrada a fisiografia da região, a localização do porto e o desenho da fortificação do estreito. As dificuldades das águas rasas e dos bancos de areias da Barra do Rio Grande de São Pedro dificultaram o desembarque e o terreno inóspito do pontal formado por dunas, banhados, lagoas e marismas, aliada à falta de materiais duráveis para construção representaram um grande desafio para o povoamento.

Desde o início a população do Rio Grande precisou adaptar-se à natureza do pontal, para tornar-se o primeiro referencial urbano luso-brasileiro nas terras meridionais do Brasil.

O nascimento da economia da Capitania do Rio Grande de São Pedro, nas últimas décadas do século XVIII, assistiu ao protagonismo do porto marítimo do Rio Grande, essa função essencial no comércio e escoamento de produtos foi determinante para o considerável crescimento nas décadas seguintes. No mapa de 1829 é registrada a expansão urbana da Vila marcada pelas limitações impostas pela fisiografia e pelo primeiro planejamento na tentativa de organizar o crescimento urbano. Registra-se o primeiro aterro em direção ao Canal do Rio Grande, com vistas à melhoria do Porto Velho e o aterro de marismas ao leste para abertura de ruas e edificações.

O mapa de 1904 demonstra uma cidade que prosperou, cresceu em direção ao Canal do Rio Grande com aterros próximo ao Porto Velho e junto a Santa Casa, urbanizou o terreno da Praça Tamandaré e criou ruas ao sul e a oeste. A expansão urbana atingiu a linha de trincheiras e precisou ultrapassá-las, planejando-se primeiro loteamento na chamada cidade extramuros e projetando-se terrenos ao norte do reservatório da Hidráulica, dando início ao crescimento para oeste verificado até os dias de hoje.

Este mapa (1904) é um documento essencial para a análise das mudanças ambientais, pela primeira vez se tem uma visão mais completa dos ambientes naturais que formavam o pontal. O documento possibilitou uma visão detalhada da configuração fisiográfica da região leste do centro histórico, com o registro da Lagoa do Ladino, da Ilha do Ladino, das marismas e canais que logo seriam suprimidos.

O mapa de 1926 registra a profunda alteração a leste do pontal com extensa área de aterros para a construção do Porto Novo. Uma nova geomorfologia foi criada, inclusive com aterros longe da área portuária, para construção de moradias. A expansão não se deteve somente a leste, mas a oeste com o bairro ortogonal ao norte da Hidráulica, as primeiras décadas do século XX foram representativas em termo de expansão urbana da Cidade do Rio Grande.

O mapa de 1942 mostra a continuidade no padrão de crescimento para oeste do pontal, com o surgimento das vilas, neste período a expansão urbana apresentava uma espacialização um tanto dispersa, pois existiam vastas áreas sem ocupação. Houve efetivação de melhoramentos urbanos na área de transportes, estradas, abastecimento, saneamento, fornecimento de energia elétrica e comunicação

A expansão urbana da cidade do Rio Grande no período de 1942 a 1970 é resultado de um grande fluxo de migrantes em decorrência do período de industrialização. As indústrias pesqueiras ocuparam predominantemente as margens da Lagoa dos Patos, ao norte do pontal. Ao mesmo tempo, a Prefeitura

Municipal começou a regularizar os terrenos próximos ao porto, surgiram loteamentos em toda a cidade, com incidência maior a sudoeste.

A imagem extraída do "Google Earth Pro" de 2017, mostra a configuração atual do núcleo urbano central da Cidade do Rio Grande, evidenciando as transformações do espaço urbano ao longo do tempo, com as diversas funções assumidas pela cidade, desde sua vocação portuária, passando por função comercial, industrial e na última década a de Polo Naval.

Notadamente cada período deixou a sua marca na configuração do espaço urbano, com a chegada de milhares de trabalhadores e a necessidade de adequar o gerenciamento da vida urbana. O crescimento e estagnação acompanharam esses processos pois cada um deles teve seu apogeu e queda, não gerando riqueza suficiente para que os habitantes usufruíssem de uma melhor qualidade de vida. Cabe ressaltar que na última década os programas de habitação favoreceram o adensamento urbano e não a expansão como registrado no século passado.

A necessidade de "criar terreno" para a expansão urbana promoveu profundas alterações na fisiografia no pontal. O crescimento ordenado e não ordenado gerou poluição, desmatamento, assoreamentos de arroios, destruição de ecossistemas e utilização de áreas preservadas para usos urbanos, gerando diversos desafios ambientais que Rio Grande precisa enfrentar na busca de um equilíbrio entre os interesses econômicos e ambientais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BIBLIOTECA NACIONAL DO RIO DE JANEIRO. DEMONSTRAÇÃO da Villa do Rio Grande de São Pedro sua Barra e terreno que da margem oriental do rio diz corre thé o estreito da linha de devizão para o sul thé o rio e o terreno q' prezentem.te ganhamos dos espanhois, q' ocupavão. sitio chamado o 1767**.** 1 mapa ms, desenho a nanquim, aquarelado, 46,5 x 68cm em f. Disponível em: <http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_cartografia/cart512344/cart512344.jpg>. Acesso em: 21 abr. 2018.

BIBLIOTECA RIO-GRANDENSE. Arquivos**.** Rua Gen. Osório, 454. Rio Grande/RS. Brasil.

BOBADILHO; C, R. S., CATTANEO, D.2008. Análise Ambiental do Arroio Vieira – Rio Grande/RS: Conflitos de Uso e Ocupação. Trabalho de conclusão de curso de Geografia Bacharelado. FURG. Rio Grande, RS.

CHERMONT.A.C. & RACHE. P. D.1904. Planta Geral da Cidade. Mapa físico. In: Biblioteca Rio-Grandense. Arquivos. Foto Maria Cristina C. Pires.

CINTRA, J. P. Técnicas de leitura de mapas históricos: uma proposta. Revista Brasileira de Cartografia, nº 67/4 773-786, 2015. Disponível em http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1260/825 (Acesso: Janeiro 2019).

COPSTEIN, R.1982. Evolução urbana de Rio Grande. Porto Alegre, Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul, n.122, p.43-68.

DOMINGUES, M. V. R. 2009 (Coord.) Desenvolvimento e Consolidação do Polo Naval e Off Shore de Rio Grande. Secretaria do Desenvolvimento e dos Assuntos Internacionais (SEDAI), Universidade Federal do Rio Grande (FURG) Rio Grande.

DUMITH, R. C., Telles, R. M. e Lucas, L. M. (2008) Modificações geomorfológicas do sítio urbano do Rio Grande (RS), a partir da intensificação do uso e ocupação do solo. V Seminário Latino-americano e I Ibero-americano de Geografia Física. Santa Maria, 12(1):2834-2849.

FARIA, C.de S. 1767. Villa do R. grande de S. Pedro. Mapa Físico. In: Biblioteca Rio-Grandense. Arquivos. Foto Maria Cristina C. Pires.

FIALHO, D.M. 2010. Cidades Visíveis: para uma história da cartografia como documento da identidade urbana. Universidade Federal do Rio Grande do sul. (Doutorado em História) Porto Alegre.

FIGUEIREDO, C. C. et al. Análise da evolução urbana da cidade do Rio de Janeiro a partir de mapas históricos. Revista Brasileira de Cartografia, v. 65, n.3, p. 511-527, 2013. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/597>. (Acesso: Outubro 2017).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?edicao=16119&t=sobre> (Acesso: Dezembro 2018).

MARTINS, S. F. 2016. Cidade do Rio Grande: industrialização e urbanidade (1873-1990). 2ª ed. Revisada e ampliada. Rio Grande: Ed. da FURG.

OLIVEIRA, Cêurio de. 1993. Curso de Cartografia Moderna. 2ª. ed. Rio de Janeiro, IBGE.

PAES, J.S. 1737. Desenho por ideia da Barra & Porto do Rio grande de S. Pedro. Mapa Físico. In: Biblioteca Rio-Grandense. Foto Maria Cristina C. Pires.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO GRANDE. 2018 Secretaria Municipal de Coordenação e planejamento. Rio Grande.

_____ Planta Geral da Cidade do Rio Grande. 1926. Diretoria de Obras e Viação. Mapa físico. In: Biblioteca Rio-Grandense. Arquivos. Foto Maria Cristina C. Pires.

_____Planta geral da Cidade do Rio Grande. 1942.Diretoria de Obras e Viação. In: PIMENTEL, F. Aspectos gerais do município do Rio Grande. Rio de Janeiro: IBGE. 1944.

QUEIROZ, M. L. B. 1987. A Vila do Rio Grande de São Pedro (1737-1822). Rio Grande: FURG.

RAMOS, B. R.; MARTINS, S. F. 2016. Dinâmica socioespacial a partir das transformações econômicas e industriais do setor naval/portuário na cidade do Rio Grande, RS. In: HEIDRICH, A. L. et al. Estruturas e dinâmicas socioespaciais urbanas no Rio Grande do Sul: transformações em tempos de globalização (1991/2010). Porto Alegre: Editora Letra 1. p. 47-67.

RIBEIRO, P. A. M. 2001. Sítios arqueológicos do Saco da Mangueira, Rio Grande, RS**.** In: Nunes, C. O. I. Escritos sobre arqueologia. Rio Grande: Ed. da FURG. Cap. 3, p.23-31.

SALVATORI, E., HABIAGA, L. A. G. P., THORMANN, M. C. 1989. Crescimento Horizontal da Cidade do Rio Grande. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro. Vol. 51. N 1. 124p.

SANTOS, M.G. 1829. Planta da Villa de Rio Grande de S. Pedro do Sul. Mapa físico. In: Biblioteca Rio-Grandense. Arquivos. Foto Maria Cristina C. Pires.

SOUZA, J.M.L. & PEREIRA, A.C.S. 1970. Cidade do Rio Grande. In: Jornal Rio Grande. Arquivos. Rio Grande, RS. Edições de 1970 a 1971. Foto Maria Cristina C. Pires.

SUPERINTÊNCIA DO PORTO DO RIO GRANDE.2018. Planta Geral da Barra e Porto de 1894. In: Biblioteca. Av. Honório Bicalho, s/n - Getúlio Vargas, Rio Grande - RS, 96201-020. Brasil.

TELLES, R. M. 2011-2012. Evolução geomorfológica de Rio Grande (RS): um confronto de dois tempos. In: CaderNAU-Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas, v. 5 n.1.

TORRES, L. H. 2015. História do Município do Rio Grande: fundamentos. Rio Grande: Pluscom Editora.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS-UFPEL. 2018. Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (arquivos). Endereço: Rua Lobo da Costa, 447. Pelotas/RS- Brasil.

Capítulo 4

Na beira da praia: sociabilidades na orla marítima do Rio Grande do Sul (1900-1950)

NA BEIRA DA PRAIA: SOCIABILIDADES NA ORLA MARÍTIMA DO RIO GRANDE DO SUL (1900-1950)

Joana Carolina Schossler [1]

[1] Dra. em História pela UNICAMP. R. Cora Coralina, 100 – Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-896. mergulhandonoliroral@gmail.com

RESUMO

Ir à praia durante o verão é uma prática comum entre a população gaúcha. Ao longo das primeiras décadas do século XX, este hábito regional passou por modificações referentes à apreciação da beira-mar e seus usos. Desde a visão inóspita dos relatos de viajantes do século XIX até os banhos de mar terapêuticos nas águas geladas da costa marítima, os banhistas descobriram o caráter hedonista de passar os meses de verão junto ao mar. Este artigo retrata as mudanças em relação ao uso, a apreciação e as transformações das práticas de sociabilidade desde os primórdios até a popularização dos banhos de mar no litoral norte do Rio Grande do Sul, durante a primeira metade do século XX.

Palavras-chave: história cultural, veraneio, banhos de mar, sociabilidades.

AT THE BEACH: SOCIABILITY AT THE WATERFRONT OF RIO GRANDE DO SUL (1900 – 1950)

ABSTRACT

Go to the beach during summer is a common practice among the population from Rio Grande do Sul. Through the first two decades of the twentieth century, this regional habit went through modifications in reference to the enjoyment of the shore and its uses. Since the inhospitable view from reports of travelers of the nineteenth century until the therapeutic sea baths in the cold waters of the sea board, the bathers discovered the hedonist character of spending the summer months next to the sea. This article investigates the changes regarding the use, the enjoyment and the transformation of the sociability practices since the primordial times until the popularization of the sea baths at the north beaches of Rio Grande do Sul.

Keywords: Cultural History, summer vacation to the seaside, sea baths, sociability.

PRELÚDIO SOBRE A PAISAGEM MARÍTIMA: A DOMESTICAÇÃO DA NATUREZA E O INÍCIO DOS BANHOS DE MAR

Desde os primeiros cronistas até os relatos de viajantes do século XIX, o litoral do Rio Grande do Sul sempre foi designado como inóspito, árido e desértico. Sua topografia e sua hidrografia eram consideradas muito adversas à passagem dos tropeiros e bandeirantes, bem como pouco atrativas para os agricultores e muito perigosas para o ancoradouro dos marinheiros. Essas imagens repulsivas do mar também foram incorporadas à literatura regional que, de várias correntes e com matizes, contribuíram para o imaginário social de um território *ex-nihlo* (SCHOSSLER: 2012, p. 237-255).

Em meados do século XIX, as água marinhas começaram a ser procuradas com finalidades terapêuticas. No entanto, para que os banhos de mar se realizassem dentro dos preceitos estipulados pela medicina, os banhistas tiveram que vencer o medo das águas. Isso significa que a domesticação da natureza marítima foi acompanhada pela domesticação da natureza humana, de um domínio de si, do controle de

temores e receios diante da paisagem desértica do litoral.

O medo e o prazer experimentados nos banhos de mar estavam presentes nas imersões preventivas ou curativas, que o corpo médico edificou por meio das teorias e regras. Historicamente, a prescrição médica da hidroterapia marinha foi uma prática decisiva para a divulgação e ritualização da moda dos banhos de mar. Ela chamou um grande número de vilegiaturistas a dominar sua fobia, em nome da ciência e da saúde, perpassando a repulsão inicial para aceitar o contato salutar (URBAIN: 2007, p. 124).

A mudança da percepção sobre o território arenoso, vasto e desguarnecido do Rio Grande do Sul, acusa uma alteração do olhar em relação ao litoral e a paisagem marítima, favorecendo um olhar contemplativo sobre a natureza do litoral (CAUQUELIN: 2007, p. 93). Em vista disto, pode-se observar que a relação entre comunidades nativas e adventícias se intensificou com a invenção do veraneio, pois os curistas e os primeiros veranistas dependeram das comunidades locais para o provimento de comida e água, entre outros serviços. Também deve-se destacar que eram necessárias informações sobre eventuais perigos no ambiente talássico, principalmente sobre os ventos, as correntes marítimas, a fauna lacustre e marinha, e mesmo sobre as doenças endêmicas.

O benefício dos banhos de mar terapêuticos iniciou o espetáculo social de exibir-se à beira-mar. Ao longo das primeiras décadas do século XX, este processo alcançou maiores proporções relacionadas ao desejo da beira-mar, ao uso do tempo livre, as férias e a popularização da orla marítima, despertando o desejo de estar à beira-mar e ultrapassar os preceitos terapêuticos.

O DESEJO DE BEIRA-MAR: A PRÁTICA DOS BANHOS DE MAR E AS SOCIABILIDADES NA ORLA MARÍTIMA

No romance *O Grande Gastby*, Fitzgerald garante que "a vida recomeça com o verão". A assertiva pode ser associada ao movimento migratório repetido todos os anos pelos gaúchos em direção ao litoral, quando nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, uma nova vida junto ao mar é vivenciada pelos veranistas num tempo curto ou longo, denominado como veraneio.

No princípio dessas migrações estivais para o litoral, a prática do banho e sua sociabilidade estavam organizadas em torno da doença. O banho não era uma aventura marginal ou uma cerimônia de ostentação. Ele entreviu um método curativo ou preventivo, definindo uma linguagem comum às múltiplas prescrições. Ainda assim, a medicina dos banhos de mar estabeleceu regras e teorias, formando um órgão decisivo na vigilância e ritualização de algo que se tornou moda. (URBAIN: 2007, p. 133).

A normalização dos banhos de mar previa a segurança do banhista, canalizando e homogeneizando, de modo dogmático, o prazer dos curistas. Para isso, a medicina codificou tudo: os corpos, os gestos, as ações, os costumes, a convivência, o espaço e o tempo dos banhos de mar (URBAIN: 2007, p. 133)

Para dar sentido ao tempo de cura e descanso, pois os banhos terapêuticos eram muito pontuais, sendo praticados no início da manhã e no fim da tarde, oferecendo aos banhistas um amplo tempo livre, sem muitas distrações; os empreendedores hoteleiros, precisaram desenvolver ao longo da costa litorânea atividades que quebrassem com o rotineiro quadro contemplativo da natureza e o vai-e-vem das ondas, que tornavam a estação calmosa um verdadeiro tédio.

Deste modo, os hotéis foram os responsáveis por gerenciar o tempo dos hóspedes, proporcionando a

eles atividades que deixavam a vida à beira-mar suavemente animada. Além disso, houve a invenção social de um espaço para novas sociabilidades. Assim, o deslocamento do hotel ao lugar de banhos, os passeios, jogos, jantares e bailes favoreciam a exibição de si, mas também o conhecimento do outro (RAUCH : 1995, p. 83).

Em seus vastos salões, os hotéis ofereciam refeições de acordo com os horários dos banhos realizados no início da manhã e no final da tarde. No *Hotel Picoral*, o café da manhã era servido até 8 horas e 30 minutos, o almoço das 11 às 12 e o jantar das 17 às 18 horas (RUSCHEL: 2004, p. 142-143). Essa delimitação temporal reunia os hóspedes em um mesmo ambiente, possibilitando o relacionamento e a sociabilidade entre desconhecidos.

Os banhos de mar e as refeições em grupo proporcionavam aos banhistas a contemplação dos rostos, corpos, manifestações miméticas, gestos, comportamentos, palavras ou gritos. Estes elementos, depois de assimilados, decifravam os signos do prazer que eles comunicavam (URBAIN: 2007, p. 155). Portanto, os banhistas também foram protagonistas para diversificação dos entretenimentos, pois eles deslocaram para o ambiente balneário, os hábitos do mundanismo urbano, estabelecendo durante o veraneio relações efêmeras, porém não menos "elegantes".

Durante as principais refeições, os hoteleiros também proporcionavam aos vilegiaturistas apresentações musicais com "excelente orquestra" composta por músicos trazidos de Porto Alegre. O *Hotel Sperb*, por exemplo, disponibilizava para as horas de recreio dos hóspedes um piano *Schiedmayer* (Correio do Povo, 4/1/1925). No *Hotel Picoral*, saraus realizados pelos veranistas no "salão nobre" contavam com apresentações de trechos da ópera de *Reine de Sóba [sic]* ou *Um certo non so che*, composições de Beethoven e Chopin, monólogos em francês e poesias de Olavo Bilac (RUSCHEL, 2004, p. 518-519).

Os hotéis também ofereciam serviços de translado para a realização dos banhos. Efetuadas primeiramente com carretas de bois e posteriormente com veículos especiais, tipo ônibus ou trenzinhos, estas conduções facilitavam a chegada até a orla, que era tomada pelos cômoros de areia (SOARES: 2000, p. 128). Com o avançar das décadas, o translado em algumas praias foi terceirizado. Em Tramandaí, a empresa *Carris* incluía na passagem a ida até "a mais alegre e saudável praia do nosso Estado", assim como o transporte de bonde para o banho (Correio do Povo, 16/1/1934).

Nos primórdios dos balneários marítimos, os corpos brancos dos banhistas, eram transportados até o local dos banhos, onde biombos eram montados[5] para a troca das vestimentas. Neste período, em que as formas do corpo eram escondidas por largas e longas vestes, os hotéis em Tramandaí, mesmo com rusticidade, providenciaram a construção de biombos de palha para a troca de roupas dos banhistas (SOARES: 2000, p. 128). O *Balneário Picoral* comunicava em seus anúncios a disposição de novos e sortidos gorros para banhos (Correio do Povo, 8/1/1925).

Os registros fotográficos das décadas de 1910 e 1920 demonstram os banhistas em poses dentro e fora da água. Durante o banho, grupos com mãos dadas denotam a prevenção de afogamentos, assim como o emergente prazer desfrutado com os banhos de mar,

[5] Diferentemente da Europa, em que os "carros de banho" que entravam no mar para auxiliar banhistas a realizarem os banhos de mar ou casinhas de banho que ficavam na orla para proteger os banhistas do pudor do olhar alheio, no litoral gaúcho, não se teve a reprodução desse tipos, sendo até então encontrados apenas vestígios desses biombos. Sobre as tipologias dos equipamentos à beira-mar, podem ser consultadas em SCHOSSLER, Joana. Utopias marítimas no Atlântico Sul: imaginário e tipologias no Litoral do Uruguai e Rio Grande do Sul (1900-1950). Tese de doutorado/IFCH/UNICAMP, 2016, p. 50.

que acusa um rompimento com os preceitos dos banhos de mar terapêuticos. Em grandes grupos heterogêneos ou em núcleos familiares, é possível perceber aspectos das sociabilidades na orla marítima. Nesta época, em que os banhos já não eram tomados tão cedo, o repórter do *Correio do Povo* narra a cena.

> Entre as nove e as onze da manhã, vai-se ao banho, no bonde, no auto-linha. Gente de "maiô", de roupão, de pijama, gente de ambos os sexos, feia e bonita, cavalheiros adiposos e não adiposos, guris quietos e manhosos – tudo se mistura e ruma, sacudido, [sic] coqueteilizado, em direção do rancho de parada, que, de longe, mal apontando por traz de um cômoro, faz a gente pensar que ele é a arca de Noé encalhada, abandonada ali. Chaga-se. O bonde pára. E todos descem, uns rumo ao mar, que ronca ali perto, outros rumo aos biombos, mudar de roupa, outros tomar um trago ali no chalé, cujo dono, apesar de fazer o relógio conservar o horário antigo, sabe mil e um modos de ganhar dinheiro. Até pastéis de siri estão à venda (Correio do Povo, 26/2/1932).

Na areia, os trajes de banho que de alguma forma igualavam os banhistas, também os distinguiam socialmente[6] através de seus incrementos. Os homens utilizavam bermudas e camisetas escuras, ou trajes do gênero por inteiro. As crianças vestiam macacões ou vestidos, normalmente lisos ou listrados. Já as mulheres usavam vestidos escuros e largos, com diferentes cortes que não aderiam ao corpo, ocultando suas formas. Seus cabelos ficavam presos e protegidos por toucas. Neste figurino à beira-mar, os banhistas experimentavam a volúpia, as sensações de pisar na areia, de colocar os pés nus na água, de sentir o vento, e acompanhar a subida da maré, de viver emoções que excitam a sexualidade (CORBIN: 1988, p. 187- 191). Para Roque Callage, redator da revista Kodak, à hora do banho era o momento que quebrava com a monotonia marítima, pois ele permitia a promiscuidade e o flerte, como descreve na crônica a seguir:

> O quadro é belo: a visão é tentadora. Propositalmente desviados das linhas espadaúdas e fortes dos Tritões, o olhar foge para mais longe, de devassa em devassa, lá onde as formas ideais de tímidas sereias vaporosas aparecem enfeitadas pela alva rendilha das espumas. Então, toda a extensão da costa é um mostruário febril de corpos seminus, acariciados pela volúpia mordente das ondas (Kodak, 14/2/1920).

A moda balnear foi evoluindo com o passar das décadas. Já em meados dos anos 1920, algumas banhistas aparecem com sapatilhas de borrachas para proteger os pés da areia. Outros artigos como toucas e cintos de borracha também foram incrementando os acessórios para beira-mar. As lojas de vestuário da capital publicavam anúncios no Correio do Povo, na A Gaivota e na Revista do Globo oferecendo sortidos e modernos artigos para o banho, que variavam desde boias salva-vidas de divertidos animais, bolas de borrachas e roupas nacionais e importadas (A Gaivota, 1929).

> A brancura das areias está bordada de todas as cores: as malhas dos banhistas, verdes azuis, amarelas, desenham arabescos caprichosos na tela clara... As sereias de cabelos verdes e olhos madrepérola fugiram para longe, para os recifes. A praia é agora propriedade das ondinas civilizadas, que vestem maiô Yantsen, toucas Pirelli e sapatos de Aarkron (Correio do Povo, 5/2/1931).

Além do vestuário para o banho de mar, os vilegiaturistas precisavam de roupas apropriadas para os passeios na orla marítima e para as atividades nos hotéis. A partir dos anos 1930, na *Revista do Globo*,

[6] Não há indícios claros sobre a segregação social na praia neste período. Entretanto, as fontes jornalísticas, crônicas e fotografias, permitem inferir que determinados balneários eram frequentados pela elite burguesa porto-alegrense, tal como o balneário de Torres, por sua beleza pitoresca e distância maior da capital gaúcha.

matérias mostram as tendências dos "trajes de praia"[7], ilustrando chapéus, vestidos, calças, shorts, blusas e calçados que a mulher moderna e elegante deveria vestir nas praias de mar (Revista do Globo, n° 8, 6/9/1934, p. 8). Algumas matérias também apresentavam personalidades ilustres e famosos nacionais e internacionais para divulgar trajes de homens e de mulheres para a temporada de banhos (Revista do Globo, n° 17, 1/11/1933, p. s/p.; Revista do Globo, n° 25, 8/8/1936, p. 22) As roupas de banho ficaram registradas não somente em fotografias como na memória visual dos banhistas. Segundo as recordações dos veraneios da banhista Olga Schlatter:

> Havia também o ritual das roupas. Era moda os homens usarem "pijama", não só para dormir, mas também durante o dia, quando ficavam, sentados no avarandado do chalé a conversar com os amigos e a tomar chimarrão. Meu pai tinha vários pijamas especiais para essas ocasiões. Mas, à noite, para a ocasião do jantar, todos se arrumavam para os encontros "footing"! Muitos namoros e casamentos iniciaram nesses veraneios!
>
> Ah, quase ia me esquecendo da roupa que usávamos à beira-mar. Segundo a Doralice, "Tínhamos que usar maiô recomendado pela Ação Católica (associação de jovens católicos). Já era época de maiô duas-peças, mas tínhamos de usar maiô fechado e com saiote!" (SCHLATTER: 2009, p. 55).

Na medida em que o corpo foi se desvelando, a sociabilidade entre gêneros foi se renovando. Assim, se inicialmente as longas vestes e a troca de roupas nos biombos impediam os olhares, os novos trajes, mais justos ao corpo, atraiam os olhares e favoreciam os jogos eróticos, renovando as sociabilidades que traduzem os hábitos de estadia sazonal no litoral marítimo (RAUCH: 1995, p. 90)

> As sensibilidades adaptam-se a esta nudez codificada ao sabor da moda do vestuário. As divisórias continham os olhares, o maiô atrai-os. Graças a estética, a interiorização da norma moral contém as pulsões. Não se trata simplesmente de uma progressão do pudor, mas, sobretudo, de uma nova formalização das pessoas consigo mesmas. Com a permanência no litoral marítimo, a cura perde a rigidez. O flerte vulgariza-se nestes lugares privilegiados das estâncias balneares e cassinos. Aí se conciliam pudores e imperativos do desejo. (...).
>
> Simultaneamente, o corpo torna-se o lugar visível de uma identidade. Mais que a situação social, as máscaras e os papéis de empréstimo, mais até do que as ideias ou as convicções, frágeis e influenciáveis, o corpo torna-se a realidade da pessoa privada; atrai ou repele o desejo do outro. (...). Aceitar à imagem pessoal aviva o sentimento de ser importante e difunde o desejo do conto social. Nos jornais ou nas revistas, cujo número aumenta, jornalistas e fotógrafos massageiam o ego, valorizam a expansão individual, teatralizam as atitudes, os gestos, as expressões do corpo e as mímicas do rosto (RAUCH: 1995, p. 90).

Este fator torna-se evidente nas publicidades de roupas para a praia, pois homens e mulheres compartilham do mesmo cenário na orla marítima com seus "trajes elegantes". (Correio do Povo, 4/1/1932). No entanto, o público feminino continuava a ser o alvo principal das lojas de vestuário, pois eram elas que permitiam as "sereias" adquirirem o seu desejado maiô importado de Paris ou da Argentina (Revista do Globo, n° 241, 3/12/1938, p. 63; Correio do Povo 10/1/1946).

A partir dos anos 1940, a moda das roupas de borracha prevalecia; aqueles largos e pesados roupões de lã, que inibiam e protegiam o corpo, foram substituídos por maiôs inteiros ou de duas peças. Porém, polêmicas internacionais em torno dos maiôs de borracha, que inibiam a circulação e aumentavam a temperatura do corpo provocando desmaios,

[7] Desde cedo, a praia começou a ser, também, lugar de exibicionismo. Tal como em sociedade, a "moda" impunha-se nos trajes de praia e em todos os outros acessórios, revelando quem tinha "bom gosto" e posses. O traje de banho, que em princípio seria elemento democratizador tornando todos iguais, era na realidade também elemento de discriminação social.

incrementou o mercado da moda balneária, que investiu em novos tecidos, cores e modelos (Revista do Globo, n° 288, 25/1/1941, p. 38).

Nos anos seguintes, para aquelas que não acreditavam em veraneio sem "os elegantes maiôs de borracha" (Revista do Globo, 25/9/1943), a Revista do Globo mostrou novas tendências de maiôs, que seguiam os parâmetros de uma moda que agregava saúde, bem-estar, jovialidade e elegância (Revista do Globo, n° 372, 7/10/1944, p. 40).

Além dos trajes para beira-mar, outros acessórios para proteger a pele alva do sol foram utilizados pelas banhistas. No período entre guerras, sombrinhas chinesas fizeram moda na vilegiatura marítima. Essa "chinoiserie" também aparece em fotografias das décadas de 1920 e 1930 nos balneários marítimos da França e da Argentina, o que acusa que a moda internacional da vilegiatura marítima era assimilada nos balneários do Brasil, bem como em âmbito regional, como nas praias gaúchas e no Rio de Janeiro, onde houve, inclusive, um concurso para premiar as mais belas sombrinhas (Revista Careta, dezembro/1928). Em Blumenau, Santa Catarina, o acessório também aparece entre banhistas da comunidade germânica.[8] Mas, o chapéu de palha confeccionado pelos nativos, é sem dúvida o acessório que ultrapassou todas as tendências, sendo usual até os dias atuais (THERRA: 2007, p. 57).

Em relação as fotografias, cabe ressaltar que, neste período, possuir um registro como lembrança da temporada vivenciada junto ao mar, significava pertencer a um grupo social privilegiado, pois poucas eram as pessoas que possuíam suas próprias máquinas fotográficas, o que permitia aos fotógrafos a realização de seu trabalho. Neste sentido, os fotógrafos tiveram papel representativo na vida dos veranistas que frequentavam o litoral gaúcho. Foram eles os responsáveis por boa parte das recordações visuais, além da criatividade e produção artística para realização das imagens.

> A fotografia turística nos permite a posse imaginária de um passado irreal. Pela primeira vez na história, pessoas viajam regularmente, em grande número, para fora de seu ambiente habitual, durante breves períodos. Parece decididamente anormal viajar por prazer sem levar uma câmera. As fotos oferecerão provas incontestáveis de que a viagem se realizou, de que a programação foi cumprida, de que houve diversão (SONTAG: 2004, p. 19-20).



Imagem 1 - "Nas praias de Tramandahy". Revista **Kodak**, 14 de fevereiro de 1920. Acervo: MCSHJC

A indústria fotográfica também utilizava o desejo da beira-mar para comercializar seus produtos. A *Kodak Brasileira,* ao divulgar sua *Cine-Kodak,* apresenta em seu pequeno anúncio a imagem de banhistas sendo filmadas enquanto desfrutam da estação de veraneio (Correio do Povo, 15/12/1928). A *Casa Masson,* que vendia filmes, câmeras fotográficas e revelava fotografias, também usava o veraneio como

[8] Fotografia da Família Weege, 16/12/1928, Fundo Privado.

chamariz para vender seus instantâneos estampados por uma bela banhista (Correio do Povo, 10/1/1937). Assim, conforme Kosoy, "a fotografia é resultante da ação do homem, o fotógrafo, que em determinado espaço e tempo optou por um assunto em especial e que, para seu devido registro, empregou os recursos oferecidos pela tecnologia em cada época" (KOSSOY: 1989, p. 23).

Desde o final do século XIX, a presença de vários fotógrafos na capital gaúcha revela uma concorrência num mercado incipiente, onde a inovação das técnicas fotográficas foi uma constante. Entre alguns fotógrafos estrangeiros mencionados por Athos Damasceno, destacam-se o nome de alguns alemães, como Balduíno Röehrig, Mme. Reeckell, Luiz Guilherme Willisich e Frederico Hunfleisch, este último inovou o mercado apresentando ao público "postais, avulsos, propriamente ditos, semelhantes aos postais confeccionados na Europa" (DAMASCENO: 1974, p. 39).

Desde o litoral gaúcho, os cartões-postais enviados ao longo do primeiro quartel do século XX contém a rubrica dos imigrantes Leopoldo Geyer, Idio Feltes, F. Becker e Otto Schönwald. Em relação a estes fotógrafos, pode-se inferir que possivelmente eles transferiam temporariamente seus estúdios fotográficos para as praias, o que lhes garantia fonte de renda extra e certa inspiração fotográfica, que poderia ser compartilhada em cartões-postais e revistas da época.

Entre esses imigrantes, é interessante notar que o alemão Otto Schönwald, que possuía seu estúdio fotográfico em Porto Alegre, era um profissional de renome e comercializava materiais fotográficos para amadores e profissionais. O nome de Otto Schönwald parecia ser comum entre a comunidade teuto-riograndense, pois além do mesmo publicar anúncios em alemão na *Koseritz' Deutsche Zeitung* (Koseritz' Deutsche Zeitung, 22/5/1889), seu nome também aparece nas fotografias da *Badeanstalt* da SOGIPA, assim como na imagem de um grupo de banhistas em um balneário de Tramandaí.[9]

Já o fotógrafo Idio Feltes estabeleceu-se em Torres no final da década de 1930. Na cidade, o fotógrafo exercia atividades comerciais em seu empório, que vendia diversos artigos, inclusive, munições para armas (O Torrense, 26/2/1949). O mesmo ainda possuía na cidade um estúdio fotográfico, que, em conjunto com sua equipe, produzia séries de cartões-postais ressaltando os atrativos "naturais" daquela paisagem litorânea (SCHOSSLER: 2009).

Outras lentes que captaram aspectos da paisagem e das sociabilidades à beira-mar foram as imagens da denominada *Casa do Amador*. De propriedade de Ulpiano Etchart, as imagens de antigos veranistas ilustres, dos passeios, banhos de mar, das banhistas e da paisagem do litoral gaúcho eram publicadas na *Revista do Globo* e na *A Gaivota* com a legenda da "Casa do Amador" (A Gaivota, 1941).

A circulação de cartões-postais provavelmente aguçou o desejo de beira-mar em muitos destinatários, como revelam as matérias e os anúncios na Revista *A Gaivota*. Em 1941, a empresa *Jaeger e Irmão*, que realizava o transporte de malas postais entre Torres e Porto Alegre duas vezes por semana, passou a efetuar o serviço diariamente, durante os meses de veraneio (A Gaivota, 1941).

Conforme ressalta Shapochinik, a imagem incita o destinatário a ver a paisagem pelos olhos do remetente, apelando para o uso da imaginação ou daquela faculdade que Mário de Andrade cunhou de "conhecimento sensível" (SHAPOCHNIK: 1998, p. 457). Para Patrícia Franco, "o emissor detém as características culturais básicas que serão expostas na

[9] Cartão- Postal verso e reverso. Acervo: CEDOC/UNISC.

mensagem. Os criadores de cartões-postais assumem o papel de emissor da mensagem. A eles cabe transmitir a realidade cultural e social do grupo que retratam".

A dupla comunicação expressa nos cartões-postais, uma mais objetiva (verso) e outra mais subjetiva (anverso), permitem o receptor compartilhar por meio da escrita e da imagem o prazer vivenciado na beira-mar. Deste modo, este desejo despertado pela circulação de imagens e dos relatos orais do cotidiano e da paisagem marítima, evidenciam-se entre os postais da família Mentz, que frequentava as praias de Tramandaí e Torres, desde o início da década de 1920. Assim, em seu veraneio de 1924, F. Trein escreveu de Torres a seu sobrinho Benno Mentz declarando que, "aqui de fato é muito bonito".[10] Portanto, a afirmação de Trein, em seu postal fotográfico, comprova o fato de que o mesmo passou a frequentar aquela praia por "osmose familiar".

Após longas viagens, banhos de mar e refeições, os banhistas precisavam de entretenimentos para animar a permanência e o convívio deste tempo outro junto ao mar. Os vastos salões de refeições dos hotéis também serviram para animados bailes, inclusive, no mês que congregava veraneio e carnaval.

No *Grande Hotel Atlântico*, em Cidreira, no "baile dos tamancos os pares esquecem os paradigmas", comenta a matéria. Em uma folia de carnaval, os banhistas usavam pijamas de banho no lugar dos *smokings,* "os mais ousados bailavam com tamancos improvisados do jazz-man" e outros "deixavam-se ficar no meio-termo das sapatilhas americanas" (Correio do Povo, 13/2/1931).

O *Balneário Picoral* também promovia bailes carnavalescos, que atraíam veranistas de Torres e de outros balneários. O hotel ainda preparava os festejos com uma semana de antecedência dos clubes da capital, atraindo um público para a festa que proporcionava comemorações ao deus da folia, "banho a fantasia" e escolha da rainha do carnaval (Correio do Povo, 1/2/1934).

A maioria dos bailes carnavalescos no litoral era organizada pelos próprios veranistas. Fotografias de pessoas, como os membros da família Pilla vestidos com fantasias para os festejos carnavalescos, eram publicadas na revista *A Gaivota* (A GAIVOTA, 1930). No carnaval do hotel *Parque Balnear,* em Tramandaí, uma comissão composta pelas veranistas Maria Santos, Nemora Lubisco, Carmen Santos e seus respectivos maridos, promoveu uma "formidável e entusiasmada" festa para o avolumado número de veranistas que se faziam presentes na estação balnear (Correio do Povo, 9/ 2/ 1936).

Assim como nas fontes de águas termais, nos balneários marítimos a roleta também foi uma grande febre da época de banhos. Dirigidas por empresas autônomas ou pelos hoteleiros do litoral, os cassinos foram um entretenimento social que atraíram muitos banhistas desde a década de 1930. Talvez, assim como para *Um Jogador* de Dostoiévski, não existia na temporada outro remédio senão jogar na roleta.

Na praia de Torres, "o cheiro bom do mar, que se quebra em franjas de espuma nas areias", se imiscuía ao cair da noite, nos bailes e nos jogos. "No salão grande do hotel soam as primeiras notas da orquestra e esboçam-se os primeiros passos de dança. E na casinha branca, de duas janelas, corre a roleta vertiginosa e tinem as fichas sobre o pano cheio de números" (DOSTOIÉVSKI, 2004, p. 35).

Durante o período estival, eram frequentes os anúncios da abertura de temporada balneária e dos cassinos na orla marítima. Em Tramandaí, o *Casino Tramandahy,* que funcionava junto ao *Hotel Sperb,*

[10] Cartão-Postal verso e reverso. Torres, 29/1/1924. Acervo: Benno Mentz/DELFOS/PUCRS.

comunica sua inauguração, em 1939, com "frios, doces e líquidos". A empresa do cassino também informa que, a partir da temporada de 1940, o funcionamento seria diário, e que a disposição de um ônibus gratuito a serviço da empresa sairia de Porto Alegre todos os sábados (Correio do Povo, 15/12/1939). Em vários outros anúncios, o *Casino Tramandaí* convida os veranistas para que após o almoço ou o jantar os mesmos visitem os salões de jogos (Correio do Povo, 25/12/1939).

No ano seguinte de sua inauguração, o cassino mudou-se para outro edifício, deixando de atuar junto ao *Hotel Sperb*. Porém, o mesmo continuava a oferecer condução gratuita e víspora com 120 coleções (Correio do Povo, 24/1/1940).

> Um "week-end" verdadeiramente encantador vai proporcionar o Casino Tramandaí aos seus "habitués", hoje e amanhã em prosseguimento à série de festas sociais-artísticas que tiveram início com a magnífica "soirée" dançante em homenagem à senhorita Elen Nedel, "a mais bella porto-alegrense".
>
> Tanto a soirée de sábado, como a "matinée dansante" de domingo, serão cadenciados pelo conhecido Jazz Imperial.
>
> Como brinde especial à sociedade porto-alegrense, intervalando as danças, nos dois dias haverá dois espetáculos de "musis-hall" do qual participarão o famoso conjunto vocal feminino "Singing Babies", que, atuando, sábado e domingo, com exclusividade no Casino Tramandaí, despede-se de Porto Alegre, de vez que embarcarão segunda-feira para Buenos-Aires, onde vão actual na Radio Belgrano.
>
> Participarão ainda da "hora de arte", Stella Norma, sambista gaúcha, Jacqueline Roland, cançonetista e contorcionista francesa, além de vários outros elementos do "cast" de P R C-2, a simpática emissora da rua 7 de setembro, sob a direção pessoal do locutor Oduvaldo Cozzi. (...). (Correio do Povo, 7/12/1940).

No mesmo período, o *Casino Cidreira* também noticia o convite para visita de "um cassino elegante, numa praia confortável" (Correio do Povo, 12/1/1940). Já em seus anúncios seguintes, o cassino propunha em seu chamariz a aliança do prazer à beira-mar com o divertimento dos jogos, sugerindo, assim, aos veranistas: "Saiba distrair-se, enquanto goza do veraneio" (Correio do Povo, 11/1/1941).

Em sua crônica "Praia Atlântica de Cidreira", Ernesto W. Albrecht menciona as sociabilidades nos espaços comuns como um momento propício para o flerte. O mesmo também se refere aos jogos de azar, que apareciam sobre a denominação de "jogos de sociedade".

> É também áquela hora que o elemento feminino, que aqui abundante e altamente graciosos, faz o seu "footing" pela tradicional rua, quase inteiramente gramada, encantando pela beleza, porte e gosto em se vestir e "pintar". Finalmente chegou a hora para escolherem o "programa" para a noite, como ir a um anunciado baile, ir jogar cartas, ping-pong, jogos de sociedade, "assaltando" para tal preferência os salões dos hotéis (A GAIVOTA, 1941).

Com a urbanização dos balneários marítimos, em novas praias, como de Imbé, também se edificaram cassinos. Segundo *A Gaivota*, a localidade contava, em 1941, com o apoio do governo estadual para a construção de um luxuoso cassino, nos moldes das casas do gênero existentes nas grandes praias cariocas. Neste mesmo período, em que o governo disponibilizava verbas para a construção de um cassino em Imbé, ele também abria concorrência para a abertura de um cassino-hotel em Torres. Os interessados deveriam apresentar um anteprojeto com a planta da distribuição dos pavimentos, uma perspectiva do edifício e um memorial justificativo. O edital ainda ressalta que a arquitetura do edifício deveria harmonizar-se com o ambiente, aproveitando

todos os recursos naturais para o efeito do conjunto (A GAIVOTA, 1941).

Curiosamente, no início da década de 1940, o filho de José Picoral construiu, em parceria com um sócio, um cassino em Imbé (RUSCHEL: 2004, p. 657). Pode-se supor que, provavelmente, Picoral Filho intencionava estabelecer uma filial do empreendimento de seu progenitor em Imbé, pois o *Casino Imbé*, como se apresentava, descrevia-se logo abaixo, em parênteses, como *Hotel Casino Picoral Imbé*. (Correio do Povo, 28/2/1942).

No entanto, apesar do encampamento do *Balneário Picoral* em Torres- por razões ainda não esclarecidas, o empreendimento em Imbé continuou exercendo atividades até o período da medida imposta pelo presidente Gaspar Dutra, em 1946.

Sobre a relação do incentivo governamental e a construção do empreendimento de Picoral Filho, no mesmo período, cabe ainda uma investigação mais minuciosa, pois nos anúncios do cassino encontram-se, justamente, programações análogas às quais o governo se propunha em oferecer aos veranistas. Assim, o cassino proporcionava diariamente "Soires [sic] dançantes e Hora de Arte", mas também apresentações com a cantora de tangos Ivone de Cordoba e matinês aos domingos. (Correio do Povo, 5/2/1942). Ainda em 1942, o cassino promoveu um jantar dançante com uma encantadora "hora de arte" em benefício da *Cruz Vermelha* e da *Casa da Criança Inválid*a (Correio do Povo, 7/2/1942). Outras atrações, como recital de músicas brasileiras com "o conhecido tenor cego Higino Martins" ou com a dançarina espanhola Manon Bianchi, eram anunciados aos leitores do jornal *Correio do Povo* (Correio do Povo, 28/2/1942).

O aumento de anúncios das casas de jogos e o incremento de atividades festivas nos cassinos e hotéis acusam um crescimento de banhistas que usufruíam destas atividades. Conforme o relato do ficheiro Darcy Fagundes, homens amanheciam jogando e perdiam fortunas (SOARES: 2000, p.125). Para Dostoiévski, "os jogadores sabem como uma pessoa pode passar quase vinte e quatro horas sentada com um baralho, sem desviar os olhos das cartas" (DOSTOIÉVSKI, 2004, p. 152).

A considerável procura pelos cassinos durante a estação de veraneio está atrelada à modernização e urbanização dos balneários, mas também aos benefícios trabalhistas conquistados ao longo da década de 1930. As férias remuneradas, que foram constituídas na legislação brasileira somente em 1934, tornaram-se um benefício comum aos trabalhadores, a partir da década 1940. Porém, ao longo das alterações constitucionais, elas já mexiam com o imaginário social dos trabalhadores, que sonhavam com a possibilidade de gozar férias e do tempo livre nas praias do Atlântico.

Cabe lembrar que balneários marítimos ou termais e cassinos eram cenários aristocráticos e burgueses na passagem do século XIX para o XX. Dostoiévski descreve muito bem como os ricos jogavam por jogar, mostrando total indiferença ao dinheiro que se perde ou se ganha. Porém, a classe trabalhadora "sonhava" com balneários e cassinos, que se tornaram realidade com a conquista das férias remuneradas. Trata-se de uma mimese social, que primeiramente foi desejada, para, depois, ser realizada. Evidentemente, os trabalhadores ao terem acesso aos balneários e cassinos, acabam modificando, ou seja, popularizando estes espaços.

O balbuciar em torno das férias foi tema da revista *A Gaivota* de 1929, primeiro ano de sua circulação. A matéria elaborada pelo médico Ulysses Nonohay tece considerações que justificam o descanso pelo imperativo terapêutico que o ar, o sol e os exercícios físicos proporcionam ao trabalhador. Nonohay ainda lamenta o fato de poucos usufruírem de

férias nas praias ou na serra, permanecendo resignados pelas doenças dos ares urbanos ou da rotina de obrigações. Já para aqueles que entendiam as férias como um sinônimo de agito, o médico alertava que os bailes, os banhos de sol e as atividades encontradas nos próprios locais de veraneio prejudicavam o descanso (A GAIVOTA, 1929).

Os exercícios físicos também passaram a fazer parte da recomendação para a temporada de veraneio. Segundo os especialistas, que se baseavam nas teorias europeias do fisiculturismo, a praia não deveria apenas ser encarada como um ambiente elegante ou um lugar de fuga do verão insuportável nas cidades. Para o cronista, era necessário seguir o exemplo da Alemanha, que durante a época balnear transformava a orla em um "magnífico estádio de cultura física". Seguindo, a matéria destaca que o desporto ofereceria "aspectos de um encanto inigualável, pois são comuns os grupos de moças que, junto ao mar, às vezes sob a direção de professores de cultura física, se entregam a toda a espécie de exercícios de ginástica, formando frequentemente grupos plásticos admiráveis" (A GAIVOTA, 1941).

Em 1934, o desporto em Torres era atração do veraneio. A competição natatória realizada pelo *Balneário Picoral* reunia grande número de concorrentes que atravessam o rio Mampituba em direção a Santa Catarina. Naquele ano, somente a prova feminina não pode ser realizada, pois a única inscrição efetivada havia sido a de Aura Gassen, vencedora do concurso no ano anterior (Correio do Povo, 1/2/1934). Apesar disso, a verdadeira atração daquele veraneio era a praça de ginástica construída por Picoral à beira-mar.

> Graças a uma feliz iniciativa do Balneário Picoral, a prática de desportos neste lugar de veraneio está tendo um incremento extraordinário. Diariamente, sob direção do competente profissional Ricardo Schmiedel, professor da ginástica física é praticada em horas diferentes pelos veranistas de ambos os sexos.
>
> Para torar ainda mais atraente e concorrida a pratica da ginástica a direção do Balneário Picoral fez construir, na praia, uma verdadeira praça de desportos, com paralelas, barras, trapézio e argolas (Correio do Povo, 1/2/1934).

O fisiculturismo na orla marítima também foi motivo de matérias na Revista do Globo, que além de mostrar várias imagens do método "moderno de emagrecimento, que melhora as linhas do corpo", também criou uma série de artigos sugerindo jogos de várias espécies ao ar livre. Em seu primeiro artigo, a bola foi o objeto de demonstração de seis exercícios a serem praticados na praia (Revista do Globo, 21/12/1938). Além disso, fotografias mostrando os exercícios da plástica física das banhistas também foi destaque nas publicações no periódico, assim como no filme *As praias do município de Torres*, que mostram as "bailarinas" dobrando seus corpos.[11]

Como é possível perceber, a partir dos anos 1930, as sociabilidades deixam de acontecer somente em torno dos estabelecimentos hoteleiros e passam a ganhar mais espaço na orla marítima. Isso significa que, ao mesmo tempo em que o hoteleiro continua a proporcionar recreações e delimitar os horários para as refeições e outras atividades, os banhistas também passam a gerir com mais autonomia o tempo e o espaço de suas atividades.

Este fenômeno interno também foi favorecido por aspectos externos. Nesse caso, ao mesmo tempo em que o banhista rompe com os códigos de pudor e

[11] As praias do município de Torres. Gênero: documentário, PB, 35 mm, 300m, 24 q. Produção: Tomazoni Filmes, 1957. O documentário foi censurado em 1957. Acervo: MCSHJC.

assimila a relação temporária com o outro, a melhoria de estradas, as férias, o carro próprio e os incrementos urbanos nos balneários também foram fatores que possibilitaram a emancipação dos banhistas em relação aos códigos estabelecidos. Portanto, é possível afirmar que no início da década de 1940, o veraneio tomou maiores proporções, pois com a urbanização e a abertura de loteamentos no litoral, muitos gaúchos, além de desfrutarem férias na orla marítima, também puderam sonhar ou concretizar o desejo de possuir uma casa na praia[12].



Imagem 2 - Capa da Revista do Globo, 7/2/1942. Acervo: MCSHJC.

A acessibilidade e a popularização do veraneio alteraram a dinâmica social na orla marítima. Ou seja, a sociabilidade que antes era circunscrita em torno dos hotéis, passou a ser possível fora deles. Esta transição não foi abrupta, ela começou a se estabelecer na medida em que os veranistas criaram vínculos com o local onde veraneavam. Como exemplo deste aspecto, pode-se mencionar o fator religioso atrelado aos benefícios do banho de mar, pois apesar dos banhistas seguirem os rigores científicos do curismo, o resultado positivo do tratamento não deixou de ser percebido, às vezes, como um "milagre".

Assim sendo, em fevereiro de 1924 os banhistas da praia de Cidreira inauguraram com festejos a Capela da praia de Cidreira, elegendo como padroeira Nossa Senhora da Saúde (THERRA: 2007, p. 69). Nos anos vindouros, a festa em homenagem a santa reunia na comunidade de Cidreira milhares de veranistas e nativos das praias vizinhas. Cabe ainda salientar que, para cada ano eram eleitos novos responsáveis, normalmente veranistas porto-alegrenses, para a organização da *Festa de Nossa Senhora da Saúde*, que em 1930 registrou o número de 5.000 participantes na procissão (A Gaivota, 1930).

As mesmas devoções cabem para a praia de Torres, que teve em 1930 um festival organizado pelos veranistas em beneficio da igreja (A GAIVOTA, 1930). Do mesmo modo, em Tramandaí, a tradicional festa em louvor de Nossa Senhora dos Navegantes reunia anualmente grande número de fiéis para a procissão e os festejos que lançavam a santa ao mar (Correio do Povo, 18/2/1936).

Portanto, é possível deduzir que muitos banhistas veraneavam anualmente no mesmo balneário ou estabeleceram residências secundárias nelas, pelos vínculos comunitários que formaram ao longo da prática da vilegiatura marítima. Sobre este aspecto, é igualmente importante levar em consideração a mímica social, pois provavelmente muitos veranistas se orientavam na escolha do balneário por sua popularidade, pela presença de personagens ilustres ou

[12] Atualmente, a casa de férias é o tema de pesquisa de Pós-Doc, que venho desenvolvendo no IFCH/UNICAMP, com auxílio FAPESP.

pela identificação com a comunidade urbana, da qual eram originários. Este fator evidencia-se entre todos os grupos de imigrantes, pois desde os primórdios da vilegiatura marítima, as comunidades tinham seus locais de veraneio preferenciais, como os alemães em Tramandaí ou Torres no Hotel Picoral ou Sperb, os italianos, em Capão da Canoa, no Hotel Bassini, e nesta mesma praia os judeus (SOARES: 2000, p. 152).

Assim, na medida em que o veraneio se popularizou, a dinâmica hoteleira foi substituída pela dinâmica comunitária. Nela, os banhistas passaram a gerir sua temporada de veraneio escolhendo praticar a vilegiatura nos finais de semana ou em períodos prolongados, ficar à beira-mar o dia inteiro ou algumas horas, fazer refeições comunitárias ou individuais, tomar banho de mar pela manhã ou no final da tarde. Enfim, o banhista dominou os códigos e rituais do prazer de gozar das praias de mar. E como num ritual sagrado, o veraneio tornou-se uma necessidade anual.

> Na verdade, a ida e permanência na praia tem para muitos o cunho de obrigação a que não se deve faltar. É este problema, isto é, suas motivações e modos de realização, as táticas de ubicação no espaço, a conduta durante a estada, os relacionamentos com o ambiente e com os demais humanos, os sentimentos experimentados de prazer, de repouso, de integração no conjunto dos presentes costumeiros ou adventícios, os riscos ou inconvenientes sofridos, toda essa variegada gama de fenômenos, que este esboço de sócio-história visa apontar (AZEVEDO: 1989, p. 105).

Como bem reflete o antropólogo francês Urbain (2007, p. 155), a emergência do prazer se assemelha a um baile popular, um lugar instituído de aproximação dos corpos - um espaço de contatos, de sensações, de excitações, do gozo das livres expressões largamente autorizadas (URBAIN: 2007, p.155). Nas areias das praias gaúchas, este ao menos era o retrato registrado nas páginas de fotorreportagem da Revista do Globo e d'A Gaivota. As imagens, além de mostrarem numerosos banhistas "sob as carícias das ondas", também demonstram a "alegria das praias" no litoral norte do Rio Grande do Sul. Porém, os corpos das "sereias" eram o principal alvo das lentes fotográficas, como revela o fotógrafo Ulpiano Etchart, para os leitores da *Revista do Globo*.

> Minha retina e minha objetiva fixaram uma legião de corpos encantadores gozando as delícias do ar aberto à beira do velho Atlântico. Mais de mil negativos forneceram-me estas esplêndidas praias de mar. Mais seria impossível mostrar aos leitores, todos os aspectos, todos os lindos corpos e sorrisos que aqui vão. Ao acaso, sim, porque escolher com critério de seleção seria enormemente embaraçoso e talvez mesmo impossível (Revista do Globo, n° 289, 8/2/1941, p. 28).

As colunas de fotorreportagem, além de demonstrarem aspectos de sociabilidade na orla, também possibilitam observar aspectos sobre comportamento e moda balnear. Desempenhando algumas vezes o papel de coluna social, as imagens nas revistas ganharam, na maioria das vezes, um cuidado gráfico especializado, sendo montadas para serem olhadas como em álbuns fotográficos.

Na maioria das páginas de fotorreportagem, a assinatura de fotógrafos era desconhecida. Segundo Machado Júnior, a autoria vinha assinalada na própria fotografia, provavelmente grafada no seu original, mas não no objeto transposto à diagramação no periódico (MACHADO: 2009, p. 132). Além deste fator, muitas fotografias publicadas nas páginas da *Revista do Globo* também eram contribuições dos próprios veranistas, que enviavam suas imagens a fim de testemunharem para a sociedade suas férias.

Por outro lado, o surgimento do editor de fotografia deu outro sentido à imagem, "articulando adequadamente palavras e imagens, por meio do título,

da legenda e de breves textos que acompanhavam as fotografias" (MAUAD: 2008, p. 178). Essas considerações são visíveis nas fotorreportagens publicadas na *Revista do Globo*, onde o editor enfatizava o título *Ecos das praias*, colocando logo a baixo um subtítulo que servia como uma espécie de legenda, de onde vem o "eco" fotografado. Algumas páginas também traziam junto com a disposição das imagens uma pequena descrição do veraneio e o local. Já o acabamento gráfico e artístico era decorado com espécies de ondas na borda ou entre as imagens.

Apesar das imagens publicadas no periódico não possuírem, na maioria das vezes, legendas com o nome dos veranistas ou demais detalhes, pode-se inferir sobre determinados aspectos do passado, como vestuário/moda, lugares, pessoas e condições de vida. Estes elementos caracterizados como índices da imagem permitem analisar as características dos banhistas, como as mulheres que acompanhavam a moda de veraneio anunciadas em propagandas de produtos para a estação.

Analisando e utilizando o conceito de documento/monumento, de Jacques Le Gloff, a fotografia também é um símbolo, que no passado ficou estabelecido como uma imagem registrada para o "futuro". Levando em consideração estes conceitos, pode-se observar o papel do fotógrafo em registrar determinado momento, de narrar imageticamente o evento que ficará registrado na memória coletiva, pois o portador da câmera fotográfica é quem organizou o grupo para fotografia, montou o cenário e por fim registrou o momento.

As numerosas imagens sobre a vida sob o sol, publicadas nas revistas, demonstram como o veraneio foi incorporado ao imaginário social como forma de cultura, lazer, divertimento e sociabilidade. Assim, o veraneio tornou-se o momento de renovar as energias, de libertar-se das obrigações cotidianas, de deixar os adornos, de praticar exercícios físicos, de respirar o ar revigorante do oceano, de esquecer os problemas e curar os males, inclusive, do coração. Esta representação da vida à beira-mar, ao menos, era convidativa.

> Minha amiga porto-alegrense:
>
> Venha o quanto antes. O mar é camarada. Se ele passa a noite toda resmungando, acalma-se de dia e brinca de balanço com a gente que o procura. A sinfonia bizarra das ondas verdes orladas de prata faz coro com a policromia dos sorrisos. Sim! Aqui você rirá sem motivo, o animal bom que vive em você despertará em toda sua inocência. A praia é tolerante, acolhedora, democrática ... E ouço dizer também que a hora em que as portas do dia começam a se fechar e as cortinas da noite vêm descendo, a praia fica pontilhada de vultos silenciosos. São os que acreditam no sortilégio que o mar sabe fazer. Dizem que ele recebe e transmuda em alegria as pessoas que lhe atiram. E assim, cada ente que sofre, no instante em que o dia perfila e despede-se no horizonte, joga as ondas o saco de coisas amargas que o destino encheu. Veja, pois, como há encantamento por aqui.
>
> Pois minha boa amiga, se você estiver asfixiada sob esta máscara social que oprime sua face, venha! Longe da cidade, do relógio do ponto, da sinaleira que lhe barra a passagem quando você tem pressa de atravessar a rua, da multidão que a comprime nas estreitas calçadas da Rua da Praia, longe de tudo isto, você espantará o "eu" fictício que lhe rouba o sossego, enchendo-a de complicações elegantes, às vezes tão caretas. Venha, minha amiga, mas simplesmente, sem vícios, sem manias... Deixe o *cock-tail*, o cigarro, o "maquiagem", deixe até mesmo o coração, se possível for.
>
> Venha sem nada: traga apenas seu saco de amarguras. De regresso, levará uma gota de sol brilhando nas pupilas: na face renovada, o viço tropical; e um grito de vitalidade em cada pulsação (Revista do Globo, n° 357, 19/2/1944, p. 41).

A partir da década de 1930, as matérias de jornais, revistas e as fotorreportagens permitem perceber uma mudança de valores e crenças em relação aos benefícios da exposição do corpo aos raios solares.

Neste sentido, o corpo bronzeado passa a ser exaltado como um corpo saudável, demarcando também a transmutação do espaço da praia aristocrático, para um espaço democrático.

> A tez morena, a pele macia e firme tornam-se um traje. As pessoas deliciam-se a deixar ver o corpo: cada etapa deste desnudamento progressivo começa causando um escândalo, mas depois se vulgariza (RAUCH: 1995, p. 89).

Os corpos enfermos e brancos saem de cena, e as areias molhadas refletem a imagem de corpos ociosos expostos ao sol[13]. As fotografias nas páginas da *Revista do Globo* mostram as garotas esticadas na areia. Uma das imagens, intituladas como "ilustração da receita", justifica em sua legenda o banho de sol como uma "prática saudável devido à absorção da vitamina D na epiderme" (Revista do Globo, n°357, 19/2/1944, p. 42).

A importância salutar da ação solar foi ressaltada em inúmeras matérias publicadas em revistas, especialmente na *A Gaivota*. S*ob o título "O sol fonte de saúde", o artigo informava aos leitores que:*

> *O sol estimula e fortalece o indivíduo e aumenta as defesas orgânicas contra as doenças. Atuando sobre a pele, provoca a formação de vitamina D, cuja influência sobre a fixação, no organismo, do cálcio e do fósforo é conhecida dos que acompanham de perto os preceitos da educação da saúde.*
>
> *Por outro lado, o sol destrói os germens que a ele estão diretamente expostos. É o que acontece, por exemplo, com o bacilo da tuberculose; e é o que ocorre com outros micróbios nocivos ao homem. Onde entre o sol, impera a saúde. E não é outra razão pela qual se diz que "casa em que entra o sol, não entre o médico (A Gaivota, 1955).*

Ainda no mesmo número da revista, uma nota afirmava que:

> *O banho de sol é particularmente benéfico; estimula a nutrição geral, porque ativa a circulação superficial do sangue e excita o sistema nervoso, transforma o ergosterlo da pela em vitamina D, cuja função é fixar o cálcio no organismo, assim melhorando as condições dos ossos, dentes, sangue e nervos; e pelo robustecimento físico, dá ao indivíduo alegria e sensação de bem-estar.*
>
> *Incorpore aos seus hábitos o banho de sol diário, mas evite excessos que transformem o benefício em prejuízo (A Gaivota, 1955).*

Já em matéria da Revista do Globo, intitulada "Para depois do Veraneio", os danos à pele causados pela exposição exagerada aos raios solares são apontados e, conselhos são emitidos às leitoras para restaurar suas epidermes. Sobre o envelhecimento da pele, afirma ainda o articulista Fernando de Barros que "se observarmos alguns rostos submetidos, durante o veraneio, à ação combinada do vento, da água e do sol, das praias marinhas, veremos que muitas ficaram ressentidas dessa falta de cuidado" (Revista do Globo, n° 358, 11/3/1944, p. 40). O mesmo, ainda informa que "as sardas aumentam grandemente depois do veraneio, quando se esteve muito tempo exposto ao sol" (Revista do Globo, n° 358, 11/3/1944, p. 40).

As inúmeras matérias sobre os cuidados com a pele exposta aos raios solares denotam uma procura obsessiva pelo bronzeamento. A helioterapia, a hidroterapia, o naturismo e a vilegiatura marítima foram componentes decisivos para a mudança de valor em relação ao corpo bronzeado (ORY: 2008, p. 66-73). O tempo para se bronzear acusa uma nova relação com o corpo pautado em noções modernas de beleza e dos cuidados de si.

[13] Ao longo da democratização da beira-mar nas primeiras décadas do século XX, a pele branca era sinônimo de beleza para distinguir a aristocracia e a burguesia da classe trabalhadora, que, normalmente, tinha a pele bronzeada. A partir da década de 1920, esse valor passa por uma inversão, que supostamente é demarcada com o momento em que Coco Chanel aparece bronzeada.

Neste sentido, a revolução cultural que se operou em relação à exposição ao sol contribuiu para o desenvolvimento da indústria cosmetológica. Pois, se os banhistas procuravam o "sol que cura", os médicos alertavam para certos cuidados, aconselhando o uso de sombrinhas e precaução às longas horas de exposição do corpo ao sol.

Em meados dos anos 1930 surgiram os cremes aptos a "amorenar a pele". Os anúncios, como da marca alemã Nívea, invocam a tríade água, ar e sol, referindo-se aos fortes raios do sol tropical. A *Nívea* ainda ressalta o uso da substância *Eucerit*, que se assimilava à pele.[14] Suas propagandas, também estimulavam os banhos de sol, salientando que este artifício de beleza deveria ser complementado com os cuidados que o *Creme Nívea* oferece à saúde da pele (Revista do Globo, n° 10, 30/05/1934, p. 35).

O bronzeado passou a ser visto como algo chique. Segundo a matéria sobre o veraneio no jornal *Correio do Povo*: "a praia é dos morenos. Não há mais corpos claros. A luz ardente dourou a brancura das epidermes. E todas ficaram mais lindas assim beijadas de sol. Linda praia das morenas" (Correio do Povo, 13/2/1931).

Como sublinha Georges Vigarello em relação ao bronzeado:

> Essa "escalada da melanina à superfície do corpo social" está longe de ser uma simples moda. Ela é antes de mais nada receita de descontração, vasta revisão pedagógica em que cada um se melhoraria, se "embelezaria", buscando indolência e prazer. (...) "entregar-se aos raios" para melhor proporcionar uma "nova sedução". Primeira grande afirmação do indivíduo moderno extensiva à escala de uma população, esse abandono privilegia a posse de si, o tempo para si. E é acompanhado pelas férias pagas, tornadas, para alguns, o "ano n° 1 da felicidade (VIGARELLO: 2006, p. 149).

O bronzeado nem sempre foi um beneficio para todos. Muitos banhistas, ao exporem com exageros a pele ao sol acabavam sofrendo fortes queimaduras. As imagens na *Revista do Globo*, não deixaram de registrar as formas de precaução adotadas pelos veranistas. Em uma imagem com três banhistas vestindo roupas de passeio, óculos de sol e lenços na cabeça, a legenda detalhava que o sol nem sempre era um aliado, sendo necessário resguardar o corpo das queimaduras inevitáveis (Revista do Globo, n° 289, 8/2/1941, p. 31). Em outra imagem, muitos banhistas aparecem na orla marítima sob proteção de guarda-sóis. De acordo com a legenda da imagem, nem todos acreditavam na eficácia dos cremes e óleos protetores, evitando a incidência solar com os "modernos e coloridos" guarda-sóis, que ficavam desordenados pela areia (Revista do Globo, n° 381, 10/3/1945, p. 39).

Ao mesmo tempo em que as praias de mar se popularizaram, os setores da economia moderna assimilaram o desejo de beira-mar, criando necessidades de consumo aos veranistas. Portanto, apesar dos banhistas migrarem temporariamente para o litoral, reproduzindo inconscientemente os imperativos terapêuticos como justificativa para se libertar dos vícios citadinos, o mercado de consumo se apoderou do veraneio, aproximando cada vez mais a vida balneária ao cotidiano urbano das cidades.

A mudança em relação ao corpo e à sua cor não poderia ser possível sem a experiência social dos balneários marítimos. Embora tal exposição ao sol tenha sido criticada por médicos preocupados com os

[14]A fórmula da Eucerit foi criada pelo doutor Isaac Lifschüts que logrou isolar derivados da lanolina por um processo novo de decantação. A fórmula da Eucerit ficou sob a propriedade do Dr. Oskar Troplowitz, líder do grupo Nívea desde 1890. ANDRIEU, Bérnard. Bronzage. **Une petite histoire du soleil et de la peau**. Paris: CNRS Éditions, 2008, p.87.

riscos à saúde, a situação fugia ao controle desses especialistas.

Bem como a talassoterapia, a helioterapia também deu margem a um prazer desmedido e de consequências inusitadas. Os curistas se tornaram turistas, e o ar, a água marinha e o sol passaram a representar mais que uma tríade benfazeja em termos de saúde, pois um prazer passou a imperar.

Esse duplo prazer em bronzear o corpo e exibi-lo bronzeado, acusa uma mudança cultural em relação ao corpo que se situa num tempo e num espaço moderno, no qual o balneário marítimo é sua melhor tradução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos
Jornal O Torrense

Jornal Correio do Povo/ Porto Alegre

Jornal Koseritz' Deutsche Zeitung

A Gaivota, revista das praias balneárias do Rio Grande do Sul

Revista Careta

Revista do Globo

Revista Kodak

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, Thales. *Italianos na Bahia e outros temas*. Salvador: Empresa Gráfica da Bahia, 1989.

CAUQUELIN, Anne. *A invenção da paisagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

CORBIN, Alain. *Território do Vazio: a praia e o imaginário ocidental*. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.

DAMASCENO, Athos. *Colóquios com a minha cidade*. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1974.

DOSTOIÉVSKI, Fiódor. *Um jogador*. São Paulo: Editora 34, 2004.

MAUAD, Ana Maria. *Poses e Flagrantes: ensaio sobre história e fotografias*. Niterói: Editora da UFF, 2008.

MACHADO JÚNIOR, Cláudio de Sá. *Imagens da Sociedade Porto-Alegrense: vida pública e comportamento nas fotografias da Revista do Globo (década de 1930)*. São Leopoldo: Oikos, 2009.

ORY, Pascal. *L`invention du bronzage*. Paris: Editions Complexe, 2008.

RAUCH, André. Las vacances et la nature revisitée (1830-1939). In: CORBIN, Alain.

L`avènement des loirs (1850-1960).Paris: Flammarion, 1995.

RUSCHEL, Ruy Ruben. *Torres tem história*. Porto Alegre: EST, 2004.

SOARES, Leda Saraiva. *A saga das praias gaúchas: de Quintão a Torres*. Porto Alegre: Martins Livreiro, 2000.

SONTAG, Susan. *Sobre fotografia*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

SHAPOCHNIK, Nelson. Cartões-postais, álbuns de família e ícones da intimidade. In: *História da vida privada no Brasil, 3. República: da Belle Époque à Era do Rádio*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SCHLATTER, Olga Nedel; MENDONÇA, Renato. *Rua Garibaldi, 1085: vivências de Olga Nedel Schlatter*. Porto Alegre: Renato Mendonça Edição, 2009.

SCHOSSLER, Joana. *Do pitoresco ao atrativo nos cartões-postais de um balneário marítimo no Rio Grande do Sul***.** In: XXV Simpósio Nacional de História: História e ética. Fortaleza, 2009.

_____. Do território do vazio ao lugar de veraneio: paisagem e cultura balneária no litoral do Rio Grande do Sul. In: KLANOVIEZ Jó; ARRUDA, Gilmar; BERGO DE CARVALHO, Ely. (Org.). *História*

Ambiental no sul do Brasil. 1ed.São Paulo: Alameda, 2012, v., p. 237-255.

_____. Utopias marítimas no Atlântico Sul: imaginário e tipologias no Litoral do Uruguai e Rio Grande do Sul (1900-1950). Tese de doutorado/IFCH/UNICAMP, 2016, p. 50.

THERRA, Ivan. *Cidreira, história, cotidiano, cultura e sentimento*. Cidreira: Casa de Cultura do Litoral, 2007.

URBAIN, Jean-Didier. *Sur la Plage : moeurs et coutumes balnéaires (XIX–XX siècles)*. Petite Bibliothèque Payot: Paris, 2007.

VIGARELLO, Georges. *História da Beleza*. Rio de Janeiro, Ediouro, 2006.

KOSSOY, Boris. *Fotografia e História*. São Paulo: Editora Ática, 1989.

Capítulo 5

A gestão costeira no Ceará (Nordeste, Brasil): políticas, estratégias e experiências

A GESTÃO COSTEIRA NO CEARÁ (NORDESTE, BRASIL): POLÍTICAS, ESTRATÉGIAS E EXPERIÊNCIAS

Davis Pereira de Paula[1], Eduardo Lacerda Barros[2], Renan Gonçalves Pinheiro Guerra[3] & João Alveirinho Dias[4]

[1] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Campus do Itaperi, Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.714.903, davis.paula@uece.br.
[2] Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Av. da Abolição, 3207 – Meireles – Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60165-081, eduardo.lgco@gmail.com.
[3] Secretaria do Meio Ambiente, Av. Pontes Viera, 2666 - Dionísio Torres Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.135-238, renan.lgco@gmail.com.
[4] Universidade do Algarve, Centro de Investigação Ambiental e Marinha - CIMA , Edifício 7, Campus de Gambelas, 8005-139, Faro, Portugal, jdias@ualg.pt.

RESUMO

O presente estudo propõe uma análise da gestão costeira brasileira tendo como recorte espacial e empírico o litoral do Ceará, que a partir de uma avaliação geral tem convivido com mudanças na paisagem provocadas pela erosão costeira. Nesse sentido, foi levantado e discutido o estado da arte da gestão costeira no Ceará sob a perspectiva da sua aplicação nos municípios costeiros e os problemas associados a atuação dos processos erosivos. A implantação do programa de Zoneamento Costeiro para o litoral brasileiro, ao longo das 12 milhas náuticas ou 22 km, representa a estruturação inicial do atual Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). O PNGC buscou criar formas efetivas de ordenamento das ocupações ao longo da Zona Costeira, e assim, minimizar impactos. Essa iniciativa culminou na criação do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla), previsto desde 1998 pelo Plano de Ação Federal para a Zona Costeira. No Ceará, o Projeto Orla conta com a adesão dos 20 municípios genuinamente litorâneos, que firmaram termo junto à Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). As primeiras iniciativas datam de 2003, quando Icapuí e Beberibe aderiram ao Orla, iniciando as etapas de capacitação. No entanto, apenas os munícipios de Fortaleza, Icapuí e Beberibe finalizaram todas as etapas de elaboração do Projeto Orla, consolidando o Plano de Gerenciamento Integrado (PGI). Neste cenário, é salutar a implementação das diretrizes do Projeto Orla nos municípios costeiros no sentido de promover o ordenamento ambiental territorial e reduzir os impactos relacionados as respostas adaptativas do litoral frente a erosão costeira.

Palavras-chave: Gestão Costeira; Erosão Costeira; Projeto Orla.

COASTAL MANAGEMENT IN THE CEARÁ STATE (NORTHEAST, BRAZIL): POLICIES, STRATEGIES AND EXPERIENCES

ABSTRACT

This study proposes an analysis of the Brazilian coastal management having as empirical and spatial area the coast of Ceará, that from an overall assessment has experienced changes in the landscape caused by coastal erosion. In this sense, the state of the art of coastal management in Ceará was raised and discussed under the perspective of its application in coastal municipalities and the problems associated with erosion processes. The implementation of the Brazilian

Coastal Zoning Program along 12 nautical miles or 22 km represents the initial structuring of the current Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC (National Coastal Management Plan). The PNGC sought to create effective forms of ordering occupations along the Coastal Zone, and thus minimize impacts. This initiative culminated in the creation of the Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla (Integrated Maritime Management Project (Orla Project), foreseen since 1998 by the Federal Action Plan for the Coastal Zone. In Ceará, the Orla Project counts on the adhesion of 20 genuinely coastal municipalities, which have signed an agreement with the Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA (State Secretariat for the Environment). The first initiatives date back to 2003, when Icapuí and Beberibe joined the Orla, initiating the training stages. However, only the municipalities of Fortaleza, Icapuí and Beberibe finalized all the stages of elaboration of the Orla Project, consolidating the Plano de Gerenciamento Integrado – PGI (Integrated Management Plan). In this scenario, it is salutary to implement the Orla Project guidelines in the coastal municipalities in order to promote territorial environmental planning and reduce the impacts related to coastal adaptive responses to coastal erosion.

Key-words: Coastal Management; Coastal Erosion; Orla Project.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma região natural importante para a economia mundial e necessita de atenção legal, pois a sua gestão é um dilema para diversas nações, como é o caso do Brasil. Dentre os espaços presentes na zona costeira, temos domínios públicos e privados, que se materializam em conflitos de interesses econômicos, culturais, patrimoniais e ambientais nos trechos de orla costeira.

As orlas costeiras mundiais estão ameaçadas pelo uso insustentável dos seus recursos naturais, bem como pelas previsões de subida do nível do mar, sob risco de erosão costeira e inundação marinha. Isso não é diferente no Brasil, especialmente quando as orlas marítimas urbanas, a exemplo de Fortaleza (CE), Recife (PE), Natal (RN), Rio de Janeiro (RJ), Vitória (ES) e Balneário Camboriú (SC), são densamente ocupadas e voltadas para um turismo massificado.

Nas últimas décadas, as praias do Nordeste brasileiro, em especial as do Estado do Ceará – como as praias de Ponta Grossa, Canoa Quebrada, Morro Branco, Cumbuco, Lagoinha, Icaraizinho de Amontada, Flecheiras e Jericoacoara – se tornaram sinônimo de desenvolvimento turístico e de negócios globais, tendo nos aeroportos de Fortaleza, Jericoacoara e Aracati infraestruturas que permitem maior agilidade e conectividade na formação de uma rede internacional de negócios pautados no turismo de sol, praia e mar.

Santos (2002) já destacava o papel do espaço como uma associação de sistemas, em que os aeroportos funcionam como macrossistemas e dinamizam os microssistemas, aqui representados pelas inúmeras comunidades costeiras que ganharam notoriedade a partir do desenvolvimento global do turismo.

Kunz (2014, p. 29) destaca que “por menor que seja um aeroporto, e por menor que seja seu movimento operacional de passageiros/turistas, este só terá competitividade à medida que se articular em redes regionais, nacionais, internacionais e globais de transporte aéreo”. No caso do Ceará, os aeroportos estão bem articulados com as companhias aéreas e as operadoras de turismo, inseridos em um macroplanejamento de desenvolvimento do estado.

Todo o dinamismo contemporâneo do litoral como lugar de lazer e recreação tem suas repercussões positivas e negativas, especialmente no que concerne às orlas urbanas. No Brasil e em Portugal, as políticas

públicas voltadas à gestão e ao ordenamento do litoral têm pautado suas gerências em salvaguardar os espaços costeiros, sobretudo no que tange aos usos preferenciais da orla. A exemplo disso, temos no Brasil o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla, Ministério do Meio Ambiente) e, em Portugal, o Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC, Ministério do Ambiente).

No estudo em questão, centraremos nossa análise na gestão costeira brasileira, tendo como recorte espacial e empírico o litoral do Ceará, que a partir de uma avaliação geral expõe as mudanças na paisagem provocadas pela erosão costeira. Este processo tem sido ampliado em consequência da artificialização de sistemas naturais que sustentam o equilíbrio sedimentar do litoral.

Mulder et al. (2011) destacam que uma gestão costeira eficiente passa obrigatoriamente pela sua gestão de sedimentos, tendo a bacia hidrográfica como reservatório estratégico. Assim, objetivamos avaliar o estado da arte da gestão costeira no Ceará, analisando sua aplicação pelos municípios costeiros e os problemas associados à erosão costeira.

A GESTÃO COSTEIRA NO BRASIL E NO CEARÁ

De acordo com o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil lançado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), o litoral brasileiro possui mais de 7 mil km de extensão. Se considerarmos as reentrâncias e saliências, esse valor ultrapassa os 9 mil km. O litoral do Nordeste brasileiro possui mais de 3 mil km de extensão, sendo composto de nove estados litorâneos, dentre esses, o Estado do Ceará, que possui a terceira maior extensão de linha de costa, recobrindo mais de 570 km de paisagens diversas como praias, dunas, lagunas, estuários e outros (Figura 1).

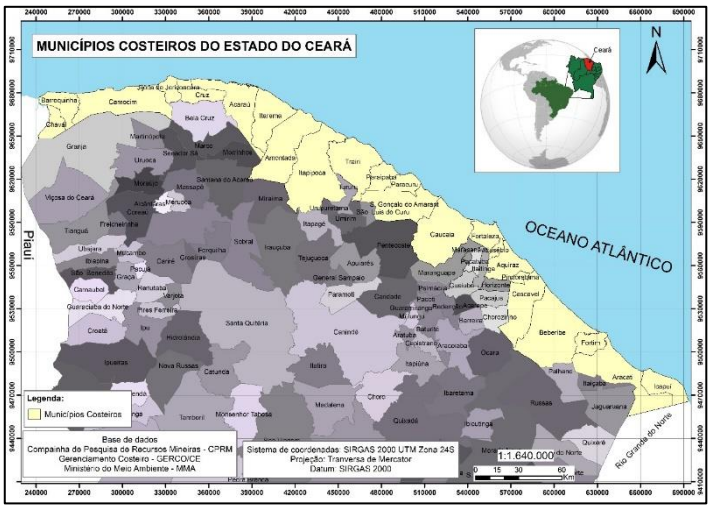


Figura 1: Mapa de localização dos municípios costeiros do estado do Ceará.

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)

A gestão costeira no Brasil só ganhou alguma notoriedade a partir do ano de 1988. Contudo, a instituição da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) de 1980, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n.º 6.938/1981) e a própria Constituição Federal subsidiaram a instituição do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC I), criado pela Lei Federal n.º 7.661/1988 (MMA, 2015). No Brasil, esse instrumento estabelece o marco inicial das políticas públicas voltadas à gestão da zona costeira.

A estruturação inicial do PNGC foi baseada na implantação de um programa de Zoneamento Costeiro para o litoral brasileiro, ao longo das 12 milhas náuticas ou 22 km (faixa de Mar Territorial), em escala de 1:100.000. Foi a partir dessa iniciativa que a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM),

criada em 1974, publicou, em 1987, o já referido PNGC com a sua implementação, envolvendo inicialmente seis Estados: Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MMA, 2015). Assim, foi iniciada a estruturação das bases para o que viria a ser o atual Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), que expõe como principal intuito promover o uso sustentável dos recursos naturais inseridos na faixa costeira do país, utilizando principalmente meios que visam ao ordenamento dos espaços litorâneos, estratégia que já perdura por mais de 30 anos.

Tendo como foco o ordenamento da ocupação dos espaços litorâneos, o PNGC I, como já destacado anteriormente, foi instituído em 1988. Os detalhamentos e operacionalização estão descritos na Resolução 01/90 da CIRM, de 21/11/1990, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Já se fazia presente na época da constituição do PNGC a ideia de que seria realizada uma série de atualizações e adequações por meio do Grupo de Coordenação do Gerenciamento Costeiro (COGERCO), algo que iria se concretizar alguns anos depois.

Segundo MMA (2015), desde que o PNGC foi criado houve uma série de atividades em diversas áreas, principalmente naquela que compete ao zoneamento costeiro, como a criação e o fortalecimento de equipes institucionais nos estados da federação. Essa medida visa ao desenvolvimento de uma maior consciência sobre a importância da preservação e manutenção dos sistemas costeiros e oceânicos.

O primeiro PNGC, também conhecido como PNGC I, passou por sua maior atualização ainda na década de 1990, mais precisamente após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como ECO-92 ou RIO-92. O plano passou por adequações para atender as práticas e experiências vividas à época no âmbito do Ministério do Meio Ambiente (MMA), passando a se adequar aos documentos e protocolos gerados na RIO-92, a exemplo da Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Agenda 21.

Para Tagliani (2003) e Voivodic (2007), o PNGC I não alcançou os objetivos iniciais propostos no seu escopo, gerando críticas após sua implantação. No entanto, é preciso destacarmos que nesse ínterim ocorreram mudanças no âmbito da gestão ambiental governamental: a coordenação do Gerenciamento Costeiro deixou de ser atribuição do IBAMA, passando a ser atribuição do recém-criado Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da Lei n.º 8.490/1992.

Entre os principais problemas do PNGC I, Tagliani (2003) aponta a confusão das equipes quanto aos objetivos e finalidades: as atividades de coordenação ficaram sem definição concreta, deixando a esfera federal sem função clara dentro do organograma de trabalho; a metodologia de zoneamento apresentava uma excessiva rigidez para uma atividade descentralizada; e a impossibilidade do desenvolvimento de ações emergenciais em função do atrelamento da implementação dos planos de gestão ainda na dependência de conclusão do zoneamento.

Ainda de acordo com o autor (*op. cit*), havia uma falha diretamente ligada ao zoneamento concernente ao detalhamento cartográfico, ainda em desenvolvimento e incompatível com o crescimento populacional na Zona Costeira. Este fato implicou diretamente o desenvolvimento do Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), que foi concebido como um instrumento de auxílio ao zoneamento e não como ferramenta que poderia ser

utilizada como fator decisório dentro das premissas de gestão.

Nesse contexto de acertos e erros, a segunda versão do PNGC, conhecida como PNGC II, foi publicada em 03/12/1997 por meio da Resolução n.º 005 da CIRM. O PNGC II teve seus objetivos concebidos após a RIO-92, onde os ecossistemas costeiros e marinhos passaram a assumir papel estratégico para o Brasil e as demais nações mundiais (MMA, 2015).

A principal alteração perceptível entre o PNGC I e o PNGC II foi uma mudança de concepção de planejamento, deixando de ser uma política restritiva e passando a ser considerada com um agente indutor de desenvolvimento (VOIVODIC, 2007). Desta forma, cabe ao PNGC, dentro do que lhe compete na Zona Costeira, a promoção do desenvolvimento sustentável, tendo como princípios básicos a observância da Política Nacional de Meio Ambiente e da Política Nacional para os Recursos do Mar; compromissos internacionais; direitos de liberdade de navegação; utilização sustentável dos recursos costeiros; gestão integrada da zona costeira; tomadas de decisões, dentre outros.

Segundo o decreto que estabelece as diretrizes do PNGC, o plano tem como área de abrangência a Zona Costeira, definida como área de interação do ar, do mar e da terra (incluindo seus recursos ambientais), abrangendo a faixa marítima, faixa que vai mar afora até 12 milhas náuticas das linhas de base estabelecidas pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, ou seja, a totalidade do Mar Territorial e na faixa terrestre, extensão do continente formada pelos municípios que sofrem algum tipo de influência dos fenômenos característicos na Zona Costeira (MMA, 2015).

DESENCADEAMENTO DO PNGC PARA OS ESTADOS E MUNICÍPIOS

Segundo Chhabra (2006) e Moura et al. (2015), mais de 50% da população mundial vive até cerca de 100 km da costa. Além disso, oito das dez maiores cidades do mundo estão situadas em regiões litorâneas. Esse crescimento acelerado e de forma desordenada tem intensificado em diversas escalas que vão do local ao global. Assim, estados e municípios constituem importantes territórios de aplicação das normativas legais de gestão costeira no Brasil, visando ao ordenamento dos recursos naturais e vocações econômicas do litoral.

O IBGE e o PNGC consideram como município costeiro aqueles que estão defronte ao mar. Municípios que não estão defrontes ao mar, mas que se encontram em regiões metropolitanas litorâneas, até 50 km da linha de costa, que possuam algum tipo de atividade ou infraestrutura de grande impacto na zona costeira, enquadram-se também como municípios costeiros (IBGE, 2019).

Conforme informações dispostas no Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas, existem no Brasil, de acordo com o censo 2010, 5.565 municípios. Destes, 463 municípios são considerados como costeiros, pouco mais de 8% do total. Apesar disso, mais de 26% da população brasileira reside no litoral, o equivalente a aproximadamente 50,7 milhões de habitantes. Esse fato está atrelado ao processo histórico de ocupação no país e segue a tendência global de ocupação voltada diretamente para regiões costeiras.

Devido ao estabelecimento do PNGC, houve a necessidade de implantação de instrumentos legais de gestão, como o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) e o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC). O PEGC tem como

principal objetivo a implementação da Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, enquanto o PMGC visa à implementação da Política Municipal de Gerenciamento Costeiro. Esta última deve estar relacionada diretamente com os planos de uso e ocupação territorial (e.g. Plano Diretor Urbano e Lei de Uso e Ocupação do Solo) fundamentais ao planejamento municipal.

Criou-se também o Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), que se trata de um sistema de informações do PNGC proveniente de banco de dados, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto. Também foram criados o Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC) e o Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC). Ambos tratam, respectivamente, de estruturas operacionais para a coleta de dados e informações, além de um procedimento de avaliação periódica produzido pelo monitoramento ambiental.

Vale ressaltarmos que, segundo Voivodic (2007), a questão da escala de atuação de cada poder se faz fundamental dentro dos aspectos que envolvem o planejamento da zona costeira. De acordo com as diretrizes PNGC, em nível federal, cabe ao MMA a competência de aplicar o PNGC, como órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). O MMA também é responsável por acompanhar e avaliar a aplicação do PNGC dentro dos Planos Estaduais e Municipais, promovendo a articulação interinstitucional (órgãos e colegiados), mediante o apoio técnico, financeiro e metodológico de Monitoramento, Controle e Ordenamento dentro da Zona Costeira (MMA, 2015).

No nível estadual, dentro de suas competências legais, os estados devem planejar e executar as atividades ligadas ao Gerenciamento Costeiro em articulação com os demais entes. É de sua atribuição designar o Coordenador do Plano Estadual do Gerenciamento Costeiro, com o intuito de estruturar e consolidar o Sistema Estadual de Informações do Gerenciamento Costeiro.

No âmbito da gestão municipal, dentro das jurisdições federais e estaduais, os municípios devem elaborar, implementar, executar e acompanhar o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro, estando este de acordo com as diretrizes do PNGC e do Plano Estadual do Gerenciamento Costeiro. Além disso, devem estruturar o sistema municipal de informações do Gerenciamento Costeiro.

A GESTÃO COSTEIRA NO CEARÁ

Atualmente, no Ceará, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), criada em 2015 (Lei Estadual n.º 15.773/15) após a transformação do Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente (CONPAM), passou a ser responsável pela aplicação das bases legais que envolvem todo o PNGC. É importante destacarmos que com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente, em 1981, os Estados foram incumbidos de novas atribuições associadas à gestão ambiental nos seus territórios. A partir disso o Governo do Ceará criou, em 1987, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), que entre 1987 e 2015 assumiu a responsabilidade do Gerenciamento Costeiro no Ceará. Apesar disso, a SEMACE apenas foi instituída oficialmente com a publicação da Lei Estadual n.º 11.411/1988 (CEARÁ, 1988).

Desde sua criação, a SEMACE foi vinculada a diversos órgãos e secretarias de governo, como a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (até 1999), a Secretaria da Infraestrutura, a Secretaria da Ouvidoria Geral e do Meio Ambiente (até 2007), Conselho de Políticas e Gestão do Meio

Ambiente (até 2015) e, por fim, à Secretaria Estadual do Meio Ambiente (desde 2015). Apesar da transferência de atribuições do Gerenciamento Costeiro no Ceará para SEMA, ainda cabe à SEMACE outras atividades de interface e com repercussão direta e indireta no gerenciamento costeiro, a exemplo do licenciamento e fiscalização ambiental e o monitoramento ambiental.

Em síntese, em nível de Ceará, a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro e o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro são atribuições da SEMA e foram instituídas pela Lei n.º 13.796/06 (CEARÁ, 2006). Atendendo aos objetivos da Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, também foi concebido o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro (GERCO/CE), que contempla uma extensão de 573 km de linha de costa. Para fins de aplicação do GERCO/CE foram definidos 38 (trinta e oito) municípios de abrangência, divididos em quatro setores (Quadro 1), conforme descrito no Art. 3° da Lei Estadual n.º 13.796/06, nos itens I, II, III e IV. É importante destacarmos que todos os municípios juntos representam pouco mais de 16% do território cearense, porém sua representatividade populacional e econômica é indubitavelmente importante para o desenvolvimento do Estado do Ceará.

Na implementação das ações do gerenciamento costeiro constante no site da SEMACE, esse quantitativo é reduzido para 33 municípios, presentes na Figura 2 na cor cinza. Já na atualização do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC), iniciado em 2018, são utilizados no total 23 municípios, dos quais apenas Chaval, Eusébio e Pindoretama não apresentam limite geográfico contíguo ao oceano. Considerando apenas os municípios limítrofes com o mar, esse número se reduz para um quantitativo de 20 municípios.

Setores GERCO/CE	Municípios	Área (Km^2)	% em Km^2 da Zona Costeira
Setor 01 – Costa Leste	Icapuí, Aracati, Itaiçaba, Fortim, Beberibe, Cascavel, Pindoretama, Jaguaruana e Palhano	5964	24,73
Setor 02 – Costa Metropolitana	Fortaleza, Caucaia, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Guaiuba, Itaitinga, Pacajus, Horizonte, Eusébio, Aquiraz, Chorozinho e São Gonçalo do Amarante	4881	20,24
Setor 03 – Costa Oeste	Paracuru, Paraipaba, Trairi, Itapipoca, Pentecoste e São Luís do Curu	4546	18,85
Setor 04 – Costa Extremo Oeste	Amontada, Itarema, Acaraú, Cruz, Bela Cruz, Jijoca de Jericoacoara, Camocim, Barroquinha, Chaval e Granja	8724	36,18

Fonte das informações: SEMACE (2015) e IPECE (2014).

Quadro 1. Delimitação dos setores do GERCO/CE com indicação dos respectivos municípios integrantes

As atividades que envolvem o GERCO no Ceará são voltadas principalmente para as atividades de Macrozoneamento e Diagnóstico Socioambiental, Macrozoneamento do litoral do Estado, Plano de Gestão dos Setores, além de convênios de cooperação técnico-científica com as prefeituras dos munícipios abrangidos pelo Plano Estadual.

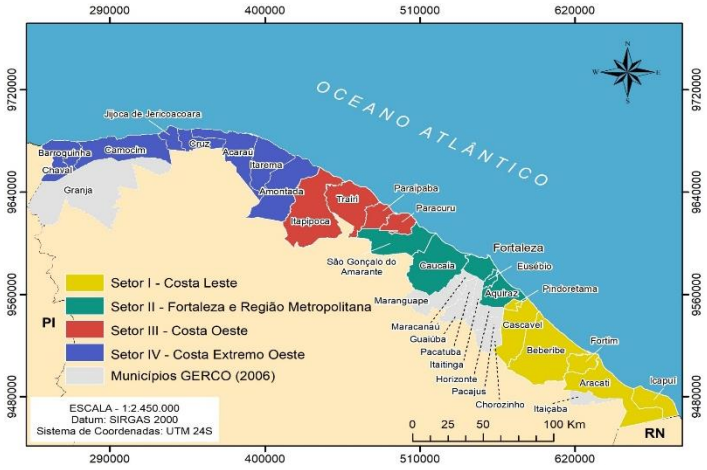


Figura 2: Identificação dos munícipios que integram o GERCO-CE. Base de dados: GERCO-CE

PROJETO DE GESTÃO INTEGRADA DA ORLA MARÍTIMA NO CEARÁ (PROJETO ORLA – CE)

Nos últimos 30 anos de existência, no âmbito da legislação brasileira, o PNGC buscou criar formas efetivas de ordenar as ocupações ao longo da Zona Costeira e, assim, minimizar impactos. De forma estratégica, o Governo Federal, através da Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Secretaria do Patrimônio da União (SPU) do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, buscou diretrizes gerais de disciplinamento de uso e ocupação de um espaço que constitui a sustentação natural e econômica da zona costeira, a Orla Marítima.

Essa iniciativa Federal culminou na criação do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla), previsto desde 1998 pelo Plano de Ação Federal para a Zona Costeira. Segundo o relatório publicado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal em 2008, o Projeto Orla vem sendo implementado, desde 2001, em caráter experimental, e posteriormente, de forma oficial, nos municípios participantes do Programa Nacional de Meio Ambiente II (PNMA II).

As ações que envolvem o Projeto Orla estão diretamente voltadas para o ordenamento dos espaços litorâneos que se encontram sob domínio ou não da União, pois, desde 2017, a Portaria n.º 113 da Secretaria do Patrimônio da União (SPU), do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, aprovou o modelo que transfere às prefeituras municipais a responsabilidade pela gestão das praias urbanas por 20 anos, inclusive das áreas de bens de uso comum com exploração econômica (Artigos 1° e 2°), com possibilidade de prorrogação.

O Projeto Orla é baseado diretamente na Gestão Participativa do litoral, dentro das premissas do Gerenciamento Costeiro Integrado, contando com a articulação das esferas de poder e demais atores públicos e privados no que se refere às normativas para o ordenamento de uso e ocupação desses espaços, promovendo ações de gestão voltadas para o uso sustentável. Mesmo se tratando de um Plano Nacional de ordenamento territorial voltado para o litoral, a aplicação do Orla não se faz presente em todos os municípios brasileiros.

No caso do Estado do Ceará, os 20 municípios genuinamente litorâneos já firmaram o termo de adesão ao Projeto Orla junto à Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (Quadro 2). As primeiras iniciativas datam de 2003, quando Icapuí e Beberibe aderiram ao Orla, iniciando as etapas de capacitação. De forma geral, apenas os munícipios de Fortaleza, Icapuí e Beberibe finalizaram todas as etapas de elaboração do Projeto Orla, consolidando o Plano de Gerenciamento Integrado (PGI).

Visando à atualização do Plano Diretor Urbano, o município de Fortaleza concluiu todas as etapas de atualização do seu Projeto Orla e ainda requereu, junto à Secretaria de Patrimônio da União (SPU), a gestão

urbana do seu litoral durante os próximos 20 anos, pedido deferido em janeiro de 2018.

Nº	MUNICÍPIOS	DATA DA ADESÃO	ETAPAS PROJETO ORLA			
			OFICINA I	OFICINA II	AUDIÊNCIA	COMITÊ GESTOR
1	Acaraú	2010		-	-	-
2	Amontada	2018		-	-	-
3	Aquiraz	2009				Aguardando publicação
4	Aracati	2009	05/2013	08/2013	-	-
5	Barroquinha	2010				
6	Beberibe	2003	CONCLUÍDO			
7	Camocim	2010				
8	Cascavel	2010	09/2017	10/2017	-	-
9	Caucaia*	2010	09/2017	01/2018	-	-
10	Cruz	2010	03/2018	08/2018	-	-
11	Fortaleza	2005	REVISÃO CONCLUÍDA - 2018			
12	Fortim	2013	11/2013	-	-	-
13	Icapuí	2003	CONCLUÍDO			
14	Itapipoca	2016	04/2017	11/2017	-	-
15	Itarema	2010	04/2013	06/2013	-	-
16	Jijoca de Jericoacoara	2010	04/2018	05/2018	-	-
17	Paracuru	2010	05/2013	07/2013	-	-
18	Paraipaba*	2010	05/2017	-	-	-
19	São Gonçalo do Amarante	2018		-	-	-
20	Trairi	2010		-	-	-

* Em virtude de mudanças na administração municipal, alguns municípios reiniciaram o processo de desenvolvimento das oficinas participativas. Com relação às etapas do Orla: Vermelho – Não iniciadas; Verde – Realizado; Amarelo – Solicitado. Fonte: SEMA (2019).

Quadro 2. Situação dos municípios da orla marítima quanto ao Projeto Orla em 2018.

Já no âmbito do Projeto Orla e do projeto de desenvolvimento turístico do município, a Prefeitura de Fortaleza iniciou, em 2018, as obras de requalificação urbana da orla turística, envolvendo um novo calçadão para a Avenida Beira-Mar, a nova feira de artesanato, a reestruturação paisagística e urbana da própria avenida, a engorda do aterro da Praia de Iracema e a construção de um novo aterro na Avenida Beira-Mar (Figura 3).



Figura 3: Plantas e imagens do projeto arquitetônico de requalificação da Avenida Beira-Mar de Fortaleza. Fonte: Autores Ricardo Muratori, Esdras Santos e Fausto Nilo.

Os investimentos em infraestrutura urbana em Fortaleza visam, sobretudo, beneficiar o segmento do turismo na capital, que corresponde a 25% do Produto Interno Bruto (PIB) de Fortaleza. O projeto de requalificação da orla de Fortaleza, orçado em R$ 600 milhões, também visa atenuar os efeitos paisagísticos da erosão costeira, recuperando áreas degradadas e diminuindo a vulnerabilidade social. Contudo, a integração entre os municípios não foi desenvolvida e gera conflitos de gestão com os municípios vizinhos. Outros municípios, como Icapuí e Icaraí, também têm realizado investimentos no ordenamento territorial e na mitigação dos impactos de processos erosivos nas suas orlas por meio de obras de proteção costeira.

Além disso, considerando aspectos como a limitação de recursos e inviabilidade técnica dos municípios para elaboração/execução dos projetos de obras de proteção costeira, as condutas de intervenções individuais para a mitigação dos efeitos de recuo da linha de costa têm sido ampliadas. À luz do observado, são cada vez mais recorrentes as implicações negativas dessas obras que atenuam a erosão costeira e provocam

efeitos adversos em áreas contíguas, a exemplo dos municípios costeiros de Fortaleza, Caucaia, Icapuí e Beberibe (Figura 4).



Figura 4: Investimento na mitigação dos impactos de processos erosivos nos litorais de Fortaleza (A- Beira-Mar), Caucaia (B- Praia do Icaraí), Icapuí (C – Praia de Barreiras de Baixo) e Beberibe (D – Praia de Parajuru).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão costeira no Brasil tem sido tratada como uma política estratégica e descentralizada, porém pouco articulada no sentido da integração entre os instrumentos legais e os preceitos de uso sustentável dos recursos naturais. De efeito prático, cabe aos estados e municípios um papel fundamental na articulação entre desenvolvimento local, atores sociais e políticos e aplicabilidade dos instrumentos previstos em lei.

Ao longo de seus 30 anos de existência, o PNGC tem acumulado sucessos e fracassos. Os fracassos são inúmeros, especialmente no que concerne à gestão sustentável das orlas costeiras no Brasil, que, cada vez mais, estão sujeitas às vontades do desenvolvimento econômico local. No que tange ao sucesso, podemos destacar os novos elementos contextuais que possibilitam novas reflexões, como no caso do Projeto Orla. Trata-se de um projeto que ainda carece de melhor articulação regional, pois a origem e as consequências dos problemas costeiros não são universais e, tampouco, bem conhecidos na escala municipal.

O Projeto Orla, como instrumento de gestão e ordenamento territorial, não tem sido eficaz no Ceará, o que denota, por vezes, certa falta de interesse do Poder Público Municipal ou até mesmo falta de conhecimento técnico. Como no restante do Brasil, a gestão pública da orla tem sido ineficiente nas diferentes esferas da gestão pública, como pode ser observado por meio da morosidade na implantação do Projeto Orla na maioria dos municípios. Com relação aos PGIs, foi observado um baixo percentual de adesão por parte dos municípios cearenses.

Por fim, é importante que as dinâmicas locais sejam consideradas na gestão costeira, de forma a serem contextualizadas e relacionadas com as demais escalas (regional, nacional e internacional) e se obtenha melhor articulação entre os diversos atores envolvidos na Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), no Brasil e no Ceará. Não menos importante, é preciso um esforço para que sejam articulados os instrumentos legais preconizados na Política Nacional de Meio Ambiente, considerando uma relação equilibrada entre desenvolvimento local e a preservação ambiental da zona costeira como um todo.

REFERÊNCIAS

BRASIL (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL (1988). Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília, DF.

CEARÁ (1987). Lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Fortaleza, CE.

CEARÁ (1996). Lei nº 13.796, de 30 de junho de 1996. Institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro e o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Fortaleza, CE,

CEARÁ (2015). Lei nº 15.773, de 10 de março de 2015. Altera a Lei nº 13.875, de 07 de fevereiro de 2007. Fortaleza, CE.

CHHABRA, A.; GEIST, H. (2006). Multiple Impacts of Land-Use/Cover Change. In: LAMBIN, E. F. & GEIST, H. (orgs.) Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts. Springer Berlin Heidelberg, New York, 71-116p.

KUNZ, A (2014) A estruturação da rede técnica de transporte aéreo, as funções nodais dos aeroportos e o turismo. GEOATOS – Revista Geografia em Atos. Departamento de Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, n. 14, v.1, janeiro a junho de 2014, p. 17-35.

IBGE (2011). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil / IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 173 p.

IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Regional, Zona Costeira, Áreas Especiais, Cadastro de Municípios da Zona Costeira. Acesso em: 12 de fevereiro de 2019. Disponível em https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/costeira.shtm?c=5

MMA (2015). Ministério do Meio Ambiente. Plano nacional de gerenciamento costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil / Flávia Cabral Pereira e Márcia Regina Lima de Oliveira, organizadoras. Brasília: MMA, 2015. 181 p. ISBN 978-85-7738-235-4.

MOURA, V; MORAN, S.N; STROHAECKER, E.F.M; KUNST, A.V (2015). A Urbanização na Zona Costeira: Processos Locais e Regionais e as Transformações Ambientais - o caso do Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência e Natura [en linea] 2015, 37 (Septiembre-Diciembre) : [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2019] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546194046> ISSN 0100-8307

MULDER, J. P. M; HOMMES, S.; HORSTMAN, E. M. (2011). Implementation of coastal erosion management in the Netherlands. **Ocean & Coastal Management**, V. 54, Issue 12, p. 888-897.

SANTOS, M. (2002). A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 260 p.

TAGLIANI, P. R. A. (2003). Guia de estudos da disciplina Manejo de Ecossistemas Costeiros. FURG. Rio Grande, RS. Disponível em < https://novosite.furg.br/labgerco>.

VOIVODIC, R. (2007). Gestão ambiental e gerenciamento costeiro integrado no Brasil: uma análise do Projeto Orla em Cabo Frio – RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio de Janeiro, 180p.

Capítulo 6

Uma avaliação do gerenciamento de praias através da análise bibliométrica

UMA AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE PRAIAS ATRAVÉS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Ricardo França Santos[1] & Sergio Ricardo da Silveira Barros[2]

[1] Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis, Departamento de Análise Geoambiental, Rua Passo da Pátria, 156 Bloco E, sala 329A, Escola de Engenharia, São Domingos, Niterói, RJ, Brasil, CEP: 24210-240, r_frana@yahoo.com.br.
[2] Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis, Departamento de Análise Geoambiental, Rua Passo da Pátria, 156 Bloco E, sala 329A, Escola de Engenharia, São Domingos, Niterói, RJ, Brasil, CEP: 24210-240, sergiobarros@id.uff.br.

RESUMO

Diversas ferramentas bibliométricas com aplicação no campo da pesquisa estão sendo utilizadas para complementar a revisão da literatura, entretanto verificou-se que existe uma deficiência de publicações atinente ao tema praias, especificamente no que concerne aos assuntos gerenciamento de praias, governança, indicadores de praia e indicadores de sustentabilidade. O objetivo deste trabalho, dentro de uma abordagem quantitativa, do tipo descritiva e bibliográfica, é apresentar por meio de um estudo bibliométrico utilizando a ferramenta VOSviewer, na base de dados Scopus, quais autores que estão trabalhando nesse tema, os periódicos mais relevantes, quais universidades estão estudando esse assunto e quais países mais publicaram em relação ao tema proposto. Considerando as limitações atinentes aos métodos bibliográficos, a ferramenta VOSviewer permite ainda apresentar a evolução ao longo do tempo de quais autores estão publicando juntos com distintas disciplinaridades, as publicações mais relevantes, o grau de relacionamento entre os autores e entre os tópicos e as revistas.

Palavras-chave: gerenciamento de praias, governança, sustentabilidade, indicadores.

AN EVALUATION OF BEACH MANAGEMENT THROUGH BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT

Several bibliometric tools are being used to complement the literature review with application in the field of research, allowing to relate authors, works, research institutions, countries, among other topics. However, there was a lack of publications on beach management, governance, beach indicators and sustainability indicators.

The aim of this work, within a quantitative, descriptive and bibliographic approach, is to present through a bibliometric study using the VOSviewer tool, in Scopus Database, which authors are working on this topic, the most relevant journals, which universities are studying this subject and which countries have published the most in relation to the proposed theme.

Despite the limitations related to bibliographic methods, the VOSviewer tool allowed us to present the evolution over time of which authors are publishing together with different disciplinarities, the most relevant publications, the degree of relationship between authors and between topics and journals.

Key-words: beach management, governance, sustainability, indicators.

INTRODUÇÃO

A bibliometria já há algumas décadas se apresenta como uma medida de performance acadêmica na construção de mapas feitos a partir de dados bibliográficos, tendo aplicação no campo da pesquisa, com esses diversos tipos de mapas mostrando a relação entre autores, documentos, revistas e palavras-chave (WALTMAN et al., 2010).

Desta forma, a bibliometria, por meio de algoritmos, busca as relações existentes identificando as similaridades entre autores, documentos, palavras-chave, utilizando-se de técnicas como citation, co-citation, biliographic coupling, coauthor e co-word, entre as principais.

Portanto, os métodos bibliométricos permitem relacionar trabalhos, autores, instituições, países, palavras-chaves, de acordo com alguma métrica. Eles mapeiam essas unidades de análise de acordo com a intensidade da métrica proposta e projetam seus resultados a partir dessas informações.

Segundo Zupic & Carter (2015), os métodos bibliométricos suplementam a visão subjetiva, originariamente trazida pela revisão da literatura, pois empregam uma abordagem quantitativa permitindo analisar como disciplinas, campos de conhecimento estratégico, redes sociais e interesses estão interligados.

Não obstante, verificou-se que existem poucos trabalhos bibliométricos no campo do gerenciamento de praias. Botero & Hurtado (2009) realizaram uma análise bibliométrica encontraram como resultado 21 ocorrências, sendo 14 delas relacionadas ao tópico gerenciamento de praias e 7 ocorrências relacionadas aos dois outros tópicos juntos. Destes 21 registros, 19% estavam relacionados a geomorfologia, 19% a biologia marinha e 19% a praias turísticas. Nesta pesquisa estes pesquisadores perceberam que poucos autores escreveram sobre tipos de praias e alguns deles misturaram os tipos de praia.

Em outro trabalho, considerando um período temporal de 1997 a 2011, Botero et al. (2014) realizaram uma análise bibliométrica para avaliar a qualidade ambiental de praias turísticas e encontraram 40 documentos.

A motivação e a justificativa encontrada para este trabalho advem da busca pelo conhecimento inerente ao tema gerenciamento costeiro, por meio da bibliometria, especificamente nos assuntos relacionados ao gerenciamento de praias, à governança, aos indicadores de praia e aos indicadores de sustentabilidade, haja vista a escassez de publicações envolvendo todos esses tópicos dentro de um mesmo contexto.

Portanto, o objetivo deste trabalho é identificar, por meio de uma ferramenta bibliométrica, quais autores mais influenciam a pesquisa do ecossistema praia considerando o ponto de vista do seu gerenciamento, de sua governança, de sua sustentabilidade e de seus indicadores.

Além disso, este estudo dentro de uma abordagem qualitativa e uma pesquisa do tipo descritiva e bibliográfica, tem como objetivos específicos apresentar quais periódicos e disciplinas têm mais impacto nessa área de pesquisa, quem são os especialistas nessa área, o que se pode conhecer dessa área de pesquisa, quais os trabalhos mais influentes na base de dados Scopus, em que países esse tema é pesquisado e quais as organizações que estão envolvidas, quais são os autores mais influentes e o seu grau de relacionamento com a gestão de praias, quais autores são citados juntos e quais são seus trabalhos e suas últimas pesquisas nesse tema proposto.

O trabalho está dividido em cinco partes, sendo que a primeira esta introdução, a segunda parte aborda especificamente a metodologia utilizada englobando

uma a terceira parte que trata da fundamentação teórica do trabalho, a quarta parte apresenta os resultados e a discussão, invocando uma aplicação prática da ferramenta VOSviewer em uma pesquisa bibliométrica com o assunto gerenciamento de praias e, por último, é apresentada a conclusão da pesquisa mostrando os objetivos específicos atendidos, as limitações da utilização dessa ferramenta, além da sugestão para futuros estudos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem quantitativa utilizada neste trabalho pretende mostrar como uma análise bibliométrica, realizada por meio de uma ferramenta apropriada, poderia contribuir para revisão da literatura com foco em uma pesquisa científica no campo do gerenciamento de praias.

Esta obra faz uma reflexão acerca do estado da arte da área proposta, mas pode ser utilizado como parâmetro por diversas outras áreas do saber com o propósito de elucidar quais as principais tendências e carências de cada setor no que tange às publicações em produção.

Quanto a finalidade esta pesquisa pode ser considerada uma pesquisa descritiva, pois expõe as características dos métodos bibliométricos, embora não tenha o compromisso de explicar tais fenômenos. Quanto aos meios de investigação esta pesquisa é considerada uma pesquisa bibliográfica. (VERGARA, 2005, p.47-48)

O trabalho iniciou-se com a coleta de dados na base de dados Scopus, em periódicos revisados por pares, abordando os tópicos gerenciamento de praias, governança, sustentabilidade e indicadores e, compreendida, inicialmente sem limitação temporal, o que apontou 104 documentos como resultado, que após refino temporal para os últimos 5 anos, resultou em 48 documentos.

A escolha da base de dados Scopus se justifica pela razão da mesma abranger uma fonte referencial de literatura técnica e científica revisada por pares, utilizando mais de 46 milhões de registros, com aproximadamente 22.000 títulos com conteúdo de mais de 5.000 editoras, com campos envolvendo as áreas de ciências, tecnologias, ciências sociais, entre outras. (Scopus, 2016).

Quanto ao método, esta pesquisa está dividida em duas partes. A primeira é realizada no site da Scopus e a segunda na máquina do pesquisador. No sítio da Scopus, iniciou-se a pesquisa com a ferramenta de busca disponível neste sítio, sendo criada uma árvore composta pelas quatro palavras-chave da pesquisa: gerenciamento de praias, governança, indicadores de praia e indicadores de sustentabilidade. Estas palavras-chave estavam inicialmente ligadas por conectores boleanos do tipo “AND”. Como resultado, obteve-se apenas o retorno de 3 documentos, todos relacionados ao assunto surf. A partir deste resultado partiu-se para a situação oposta com todos os conectores boleanos ajustados para o tipo “OR”, considerando ausência de limitação temporal, o que retornou como resultado 104 documentos compreendidos em uma janela temporal de 1981 até a data de 20 de julho de 2016.

Portanto, optou-se por esta última pesquisa com conectores abertos, realizando apenas um ajuste da janela temporal para o período entre janeiro de 2012 e julho 2016. Dessa forma, foi gerado pela base Scopus um arquivo com 48 documentos, que posteriormente foi exportado como um arquivo csv para um diretório criado na própria máquina do pesquisador.

Na segunda parte, instalou-se o software VOSviewer versão 1.6.4 em um microcomputador com a seguinte configuração: processador intel i7,

memórias de 8GB, disco rígido de 500 GB, rodando sob o sistema operacional Windows 8.1. Após a instalação do VOSviewer, inicializou-se o software e apontou-se para o arquivo previamente importado com a extensão csv, indicando o tipo de análise desejada para a pesquisa.

REFERENCIAL TEÓRICO

Diante da ampla disponibilidade de artigos em diversas bases de dados e mediante o crescimento significativo do conteúdo acadêmico e dos motores de busca, o desafio para os pesquisadores passa da escassez da informação para a seleção dos artigos mais pertinentes e adequados no tocante a construção da argumentação teórica do seu trabalho (ANDRADE & FARIAS FILHO, 2014).

Dentro desse contexto, a bibliometria se apresenta como um campo do conhecimento denominado cientometria (*scientometrics*), conforme evidências encontradas no trabalho "mapping the backbone of Science". (BOYACK et al., 2005).

Não obstante, a cientometria aplica métodos baseados na citação, justificada pelo fato de que quando um autor cita outro autor, a pesquisa fornece informações a respeito das relações entre esses autores, suas ideias, os periódicos e as instituições envolvidas em suas pesquisas. A cientometria cresceu em utilização após sua aplicação na criação do índice de citação na ciência (SCI), realizado por Eugene Garfield, em 1950, o que ajudou não apenas os editores e bases de dados na avaliação de suas pesquisas, mas também os pesquisadores na busca pela melhor literatura procurada (MINGERS & LEYDESDORFF, 2015).

Yoshida (2010) relata que a bibliometria geralmente está relacionada a contagem de publicações ou citações encontradas nas bases de publicações científicas e acadêmicas e, não necessariamente elabora uma análise de conteúdo, embora possa aplicar o rastreamento sobre todo o conteúdo das publicações. Neste caso, o algoritmo que sustenta o método bibliométrico procura por padrões ou explicações para comportamentos não estruturados e faz uma varredura mais ampla visando quantificar o número de ocorrências dos termos dentro dos textos e, eventualmente, calcula a distância semântica entre os mesmos.

Na literatura existem duas abordagens apresentadas por pesquisadores deste assunto. A abordagem focada nos métodos bibliográficos, explorada por Zupic & Cater (2015) e a abordagem que mostra a bibliometria como um processo, ou seja, desenvolvida para mapear o progresso do conhecimento em um campo, explorada por Cobo et al. (2011).

O método proposto por Zupic & Cater (2015) utiliza a bibliometria para examinar como as disciplinas, os campos, os assuntos e os artigos estão relacionados uns aos outros por meio de uma representação espacial constituída de mapas geográficos e das analogias encontradas. O objetivo é criar uma representação da estrutura da pesquisa particionado os elementos (documentos, autores, artigos, palavras) em diferentes grupos.

Os métodos bibliométricos empregam uma revisão sistemática, transparente e reprodutível, que utiliza uma abordagem quantitativa para a descrição, avaliação e monitoramento da pesquisa publicada, evitando os vieses obtidos quando se utilizam métodos qualitativos sustentados por revisão bibliográfica e melhorando a qualidade da revisão biliográfica. (ZUPIC & CATER, 2015)

Wilsdon et al. (2015) relatam que a qualidade e o impacto nas pesquisas têm sido atribuídos por avaliações baseadas em revisão por pares e uma variedade de indicadores quantitativos. A revisão por

pares tem sido mais amplamente utilizada, porém nos últimos 20 anos, o uso de métricas tem surgido como uma potencial abordagem.

Zupic & Cater (2015) ressaltam que os métodos bibliométricos permitem que os pesquisadores encontrem seus resultados a partir de dados agregados disponibilizados por outros pesquisadores que se utilizam de citação, de colaboração (*co-citation*) e de dados primários e, a partir disto, emitem sua opinião contemplando em suas análises campos estruturados, redes sociais e interesses focais.

Yoshida (2010) menciona que a escolha da base de dados é uma limitação da pesquisa. No trabalho desse autor ele relata que o conteúdo das bases Scopus e Web of Science (WoS) geram resultados muito similares, com correlação elevada (R2 aproximado de 0,99), fato este comprovado cientificamente. Esse fato corrobora na escolha pela utilização da base de dados Scopus para a pesquisa neste trabalho.

Zapic & Cater (2015) acreditam que os métodos bibliométricos não substituem e sim complementam os métodos tradicionais de revisão da literatura estruturada e da meta-análise e recomendam uma sistemática contendo cinco passos para mapear uma pesquisa utilizando os métodos bibliométricos:

Projeto de Pesquisa - definir a questão de pesquisa e o método apropriado para solucioná-la;

Compilar dados bibliométricos - selecionar e construir a base que contém os dados bibliométricos, filtrar esses dados e exportar os resultados;

Análise - escolher o software de análise apropriado, tratar os dados e, se necessário, construir a matriz de similaridade para o *software* estatístico e identificar subgrupos com o método escolhido;

Visualização - escolher o método de visualização adequado (*Multidimensional Scaling* - MDS, *Network Analysis*) e selecionar o *software* adequado para visualização; e

Interpretação – os resultados precisam ser interpretados e descritos.

Zupic & Cater (2015) apontaram as forças e fraquezas de cada método bibliográfico que se encontram sumarizadas na tabela 1.

Tabela 1 – Forças e Fraquezas dos Métodos Bibliográficos

Método		**Forças**	**Fraquezas**
Citation (trabalho, autor e jornal)		Localização ágil de documentos relevantes de uma área de pesquisa	Novas publicações podem ser desconsideradas no critério de relevância
Co-Citation (trabalho, autor e jornal)		confiabilidade na busca para conectar o trabalho, o autor e o periódico	Para arquivos considerados fontes de pesquisa, pode haver negligência devido ao mapeamento de artigos citados
Bibliographic Coupling (trabalho, autor e jornal)		Pode ser usado para encontrar novas áreas de pesquisa e sub-áreas .	Deve ser usado em uma janela temporal reduzida. (até 5 anos). Há dificuldade em conhecer a importância dos trabalhos encontrados
Co-Author (autor)		Apresenta evidências de colaboração e estrutura de campo social	A colaboração nem sempre é apresentada com coautoria
Co-Word (palavra-chave)		O conteúdo do artigo para análise pode ser utilizado	As palavras aparecem em diferentes formas e com significados diferentes

Fonte: Autores adaptado de Zupic & Cater (2015)

Não obstante, Van Eck et al. (2010), na comparação entre duas técnicas de mapeamento bibliométrico, o *Multidimensional Scaling* (MDS) e o VOS, concluíram, a partir de três conjuntos de dados experimentais envolvendo cocitações e co-ocorrência de palavras-chave, que em geral, os mapas construídos com a técnica de VOS fornecem uma melhor representação dos dados do que os construídos com MDS. Contudo, não é escopo deste trabalho apresentar

a discussão matemática teórica que resultou na conclusão supracitada desses autores.

Baseado nisso, buscou-se nesta pesquisa utilizar a técnica de VOS e verificou-se que esta técnica pode ser implementada por meio da ferramenta VOSviewer disponibilizada gratuitamente na Internet. No momento desta pesquisa, esta ferramenta encontrava-se na versão 1.6.4, disponibilizada em 07 de abril de 2016, no site do fornecedor. Esta versão inclui a pesquisa por citação, por co-ocorrência de palavras, com suporte a arquivos das bases de dados Web of Science, Scopus e PubMed, além de suporte aos arquivos RIS disponíveis nas bases de dados Mendeley, BibSonomy, Zotero and Perish.

Segundo informações disponíveis no site do produto VOSviewer, (2016), o *software* permite ainda ajuste automático e aproximação dos valores dos parâmetros apresentados na tela, além de possuir uma interface mais amigável que as versões anteriores. É factível a importação e exportação de arquivos Pajek e GML, além de permitir o uso de técnicas de *clustering* e técnicas de *layout* de rede.

O *VOSviewer* tem a capacidade de criar mapas de co-ocorrência de palavras-chave baseado em um conjunto de documentos. Este mapa determina a distância entre as palavras, o que indica o nível de relacionamento entre elas. Quanto menor a distância entre dois termos, maior é a relação entre eles (VAN ECK & WALTMAN, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme previamente reportado, o objetivo deste trabalho é apresentar, por meio de uma ferramenta de bibliometria, quais autores mais influenciam a pesquisa do ecossistema praia do ponto de vista do seu gerenciamento, sua governança, seus indicadores e sua sustentabilidade.

Além disso, no que tange aos objetivos específicos, o trabalho deverá responder quais os periódicos e disciplinas tem mais impacto em uma vertente de pesquisa, quem são os especialistas em uma área de pesquisa, o que se pode conhecer de uma determinada área de pesquisa, quais os trabalhos mais influentes na base de dados Scopus e onde isso é pesquisado e quais as organizações que estão envolvidas, quais são os autores mais influentes na área da gestão de praias, quais autores são citados juntos e quais são os trabalhos e últimas pesquisas em gestão de praias.

Seguindo a metodologia sugerida por Zapic & Cater (2015), a partir da questão-problema foi montada uma árvore de palavras-chave que atenda aos critérios da pesquisa. Para tal, foi inserida no campo assunto na base de dados Scopus a seguinte chave: *beaches management* OR *beaches governance* OR *beach indicators* OR *sustainability index*. Isso resultou em 95 documentos em uma janela temporal de 2002 à data de 20 de julho de 2016.

Em seguida após a instalação da ferramenta VOSviewer foi criado um mapa baseado em dados bibliográficos. A partir daí, escolheu-se o acesso a partir da base Scopus, e apontou-se para o arquivo importado com extensão csv, extraído previamente na consulta com 95 documentos retornados e definidos pelas palavras-chave previamente estabelecidas.

Ainda durante a seleção dos parâmetros para trabalhar com a ferramenta VOSviewer, deve-se escolher o tipo de análise que irá ser realizado. Por exemplo para o tipo de análise co-citação, escolheu-se a unidade de análise referências citadas e o método de contagem total. Na tela seguinte do VOSviewer deve-se escolher a tendência (redução da rede) por meio do número mínimo de citações que atendem essa referência. Clicando-se em “Finish”, a visualização da rede em forma de mapeamento já pode ser vista, e

permite ainda customizações. É apresentada também a visualização por densidade mostrando as áreas quentes, e suas referências, com algumas delas contendo o DOI do documento que permite abertura do mesmo.

As figuras 1 e 2 apresentam o mapeamento criado e baseado em palavras na visualização por densidade e na visualização por rede.

Na figura 1 foi realizado o mapeamento por citação por densidade, evidenciando os seguintes autores: Ariza, Botero, Lucrezi, Cervantes, Botero, Martin e Sardá.

Portanto, esses são os autores que mais influenciaram essa pesquisa sustentada pela árvore de palavras-chave criada e estão divididos em dois agrupamentos ou clusters.

Da mesma forma, o software permite no mapeamento por citação por densidade um ajuste para o tipo de análise "source", com um mínimo de documentos na fonte em 3, apresentando como resultados: *Journal of Coastal Research* (4); *Environmental Monitoring and Assessment* (4) e E*stuarine, Coastal and Shelf Science* (4), *Ecological Indicators* (3) e *Natural Hazards* (3).

No modo de visualização por rede, percebe-se o relacionamento entre os autores. São conclusões pertinentes da observação do mapeamento:

a) o autor Ariza e o autor Botero apresentam uma maior densidade na visualização e estes autores se relacionam por meio dos autores Lucrezi e Cervantes.

b) a autora Ariza destaca-se no campo de indicadores para gerenciamento de praias, Botero no campo do Monitoramento Ambiental de Praias, Cervantes na Avaliação Costeira Integrada e Lucrezi na avaliação de indicadores de sustentabilidade em praias.

c) como recomendação de leitura essencial para o gerenciamento de praias sugere-se a obra *Proposal for an Integral Quality Index for Urban and Urbanized Beaches*, dos autores Eduard Ariza et al. (2010), disponível no periódico Environmental Management, v.45, n.5, p.998-1013.

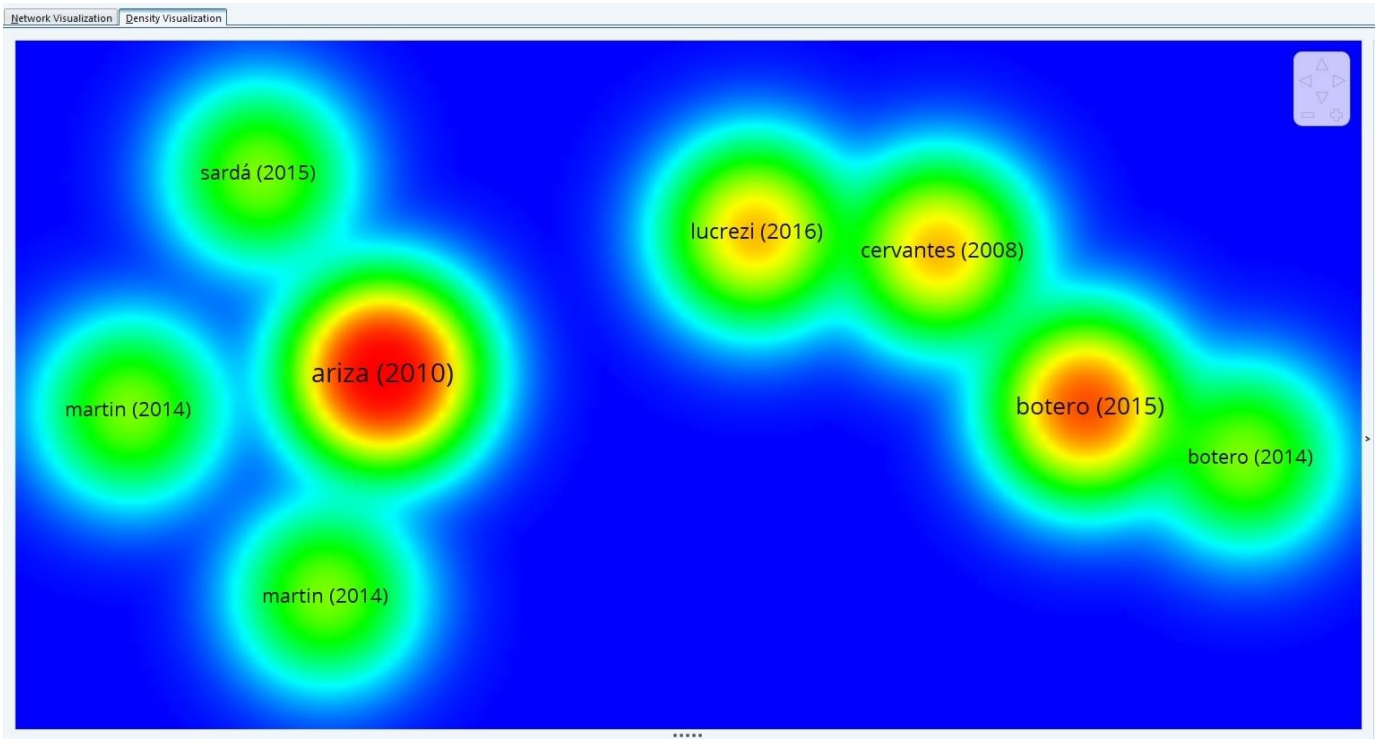


Figura 1 – Visualização por Densidade Fonte: Autor adaptado do VOSviewer versão 1.6.4

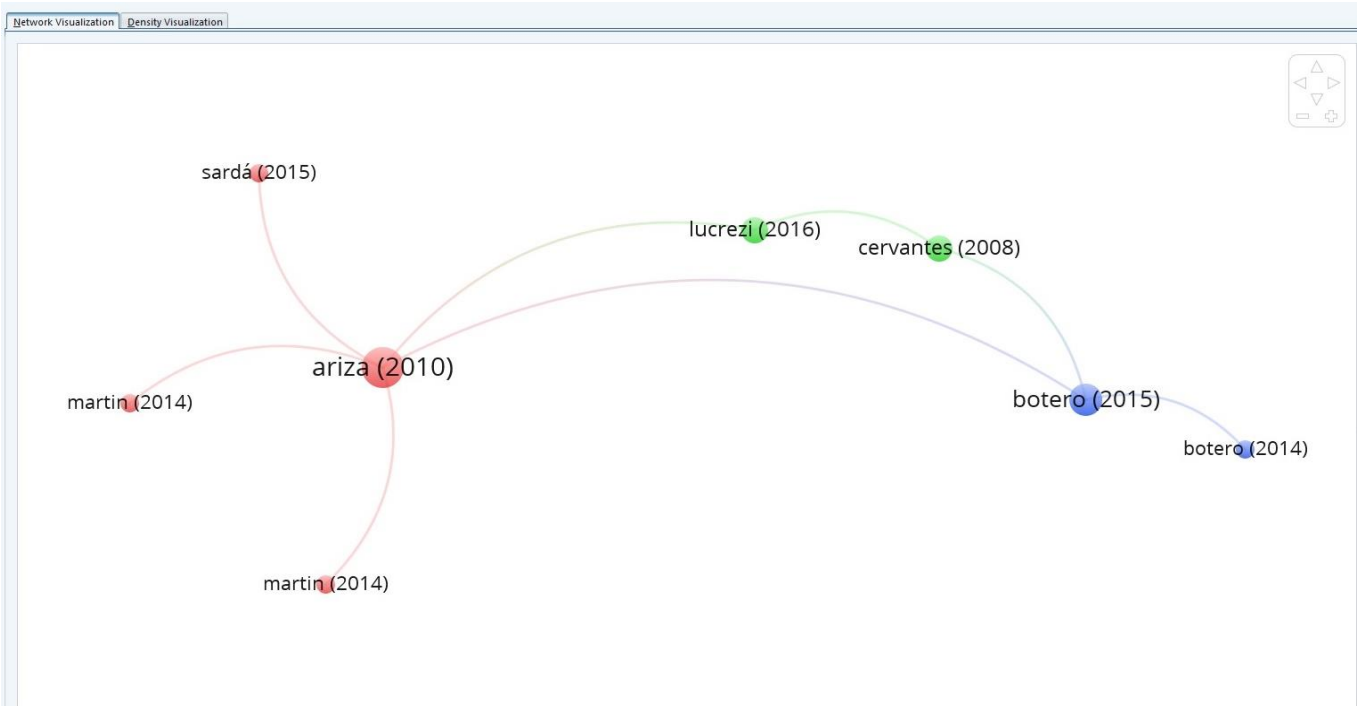


Figura 2 – Visualização por Rede
Fonte: Autor adaptado do VOSviewer versão 1.6.4

Ainda em relação ao mapeamento, na escolha do tipo de análise e método de contagem no VOSviewer é possível selecionar no tipo de análise "citação", a unidade de análise "organizações" e, selecionando o número mínimo de documentos publicados por uma organização como 2, os resultados apresentados são os seguintes: *East China Sea Center of Environment Monitoring*, em Shangai, na China; *Key Laboratory of Marine Integrated Monitoring and Applied Technologies of Harmful Algal Blooms*, em Shangai, na China e *Prince of Songkla University*, em Phuket, na Tailândia.

Da mesma forma, no tipo de análise e método de mapeamento é possível selecionar o tipo de análise "citação" com a unidade de análise "países" e, ajustando o número mínimo de documentos publicados por país como 5, obtém-se o seguinte resultado: Estados Unidos (13); Brasil (10); Espanha (8); China (7); Itália (7); Portugal (7); Reino Unido (5); França (5); India (5) e México (5).

Na estratégia de mapeamento baseado em co-autoria, após a configuração do VOSviewer para agrupar os *clusters* para autores que tenham um mínimo de três documentos compartilhados, percebe-se que dos 389 autores, apenas 2 possuem no mínimo 3 trabalhos em coautoria: Martin e o Assenov.

O mapeamento por coautoria considerando a mesma árvore de palavras-chave mostrou um outro *cluster* com o autor Erzini, porém este *cluster* apresenta que esse autor tem 3 trabalhos, porém todos sem coautoria.

Na visualização por *Bibliographic Coupling*, o VOSviewer identificou 104 documentos sendo que apenas 47 estavam relacionados a esta técnica. Os principais autores que se utilizam desta técnica são: Martin, Botero, Lucrezi, Sardá, Alexandrakis, Di Paola, González e Cardoso.

Em relação as redes de relacionamento utilizando a técnica de *Bibliographic Coupling*, verifica-se:

um forte relacionamento entre Cervantes e Lucrezi (grau de força 9), Gonzalez e Lucrezi (grau de força 8), Ariza e Lucrezi (grau de força 7), Cardoso e Lucrezi (grau de força 7), Botero e Lucrezi (grau de força 6), Cardozo e Reyes-Martinez (grau de força 5).

um médio relacionamento entre Sardá e Ariza (grau de força 3), Sardá e Lucrezi (grau de força 3), Ariza e Gonzalez (grau de força 2) e Alexandrakis e Lucrezi (grau de força 2).

um fraco relacionamento para os demais autores com grau de força 1, sendo considerados irrelevantes.

No tocante ao mapeamento utilizando a técnica da cocitação, verifica-se que das 4438 referências, considerando que haja um mínimo de citação de três para uma dada referência, consta-se as seguintes relações entre os autores: Buckley, R.C.; Lazarow, N., Miller, M.L., Blackwell, B.; Marchant, B., Mottiar, Z.; Martin, S.A., Assenov, I.; Nelsen, C., Pendleton, I., Vaughn, R.; Phillips, M.R., House, C., Ponting, J.; Short, A.D., Farmer, B.. Desses autores, percebe-se como mais relevante a relação entre Martin e Assenov.

Além disso, percebeu-se que todos os relacionamentos em rede entre os autores encontram-se com um fator de força 3, não havendo nenhuma relação que se destaque. No mapeamento de visualização por densidade verifica-se que todos os autores possuem a mesma densidade não sendo percebido nenhum pesquisador como central nem como periférico.

Na análise da co-ocorrência por palavras, o *software* utilizou como unidade de análise todas as palavras-chave e das 1521 palavras-chave analisadas o VOSviewer considerou 5 o número mínimo de ocorrências para uma dada palavra-chave, possibilitando a apresentação de 48 palavras-chave.

Em relação a força do relacionamento entre as co-ocorrências, verifica-se que entre as palavras-chave “beaches” e “coastal zone” existe um fator de força 10, entre “beaches” e “water polution” o fator de força é 5, entre “beaches” e “environmental monitoring” é 5, entre “bathing beaches” e “water quality” é 6, entre “sediment” e “water polution” é 5 e entre “environmental monitoring” e “nonhuman” é 6 e entre “nonhuman” e “water quality” é 7.

Na visualização do mapeamento de co-ocorrência por densidade verificou-se os seguintes destaques com mais de 100 ocorrências: article (184), nonhuman (136), water polution (134), beaches (131), water quality (116) e environmental monitoring (114).

Em relação ao mapeamento baseado em palavras foi configurado no VOSviewer o tipo de análise por co-ocorrência e a unidade de análise “todas as palavras”. Em seguida foi ajustado o número mínimo de ocorrências de uma palavra para 6, o que automaticamente o *software* convergiu para 32 palavras de um total de 1521 palavras-chave.

Na visualização por rede verifica-se algumas relações entre palavras-chave e seus os respectivos fatores de força: *beaches* e *coastal zones* (10); *bathing beaches* e *environmental monitoring* (6); *environmental monitoring* e *water quality* (8); *beaches* e *vulnerability* (4); *coastal zones* e *erosion* (3); *beaches* e *erosion* (3); *seashore* e *sediment* (5); *water quality* e *bioindicator* (4); *water polution* e *water quality* (7); *bathing beaches* e *nonhuman* (6); *nonhuman* e *water polution* (9); *humans* e *nonhumans* (4); *sediment* e *water polution* (5); *water analisys* e *nonhuman* (6); *beaches* e *environmental impact* (4) e *environmental impact* e *coastal zones* (3).

No mapeamento baseado em palavras com a visualização por densidade observa-se áreas quentes nas seguintes palavras com respectivas ocorrências: *beaches* (24), *beach* (12), *seashore* (10), *article* (23),

nonhuman (13), *water polution* (15), *water quality* (14), *bathing beaches* (8), *sediment* (7), *seawater* (9) e humans (6).

Discussão

Em relação a primeira pergunta sobre quais autores mais influenciam a pesquisa do ponto de vista do seu gerenciamento, sua governança, sua sustentabilidade e seus indicadores pertinentes, verifica-se após a análise das áreas quentes da figura 2 que no mapeamento baseado em citação, o VOSviewer, analisando sua base de dados contendo um universo de 389 autores, os seguintes autores são os que mais influenciaram a pesquisa: Ariza, Botero, Lucrezi e Cervantes.

Em relação as publicações que tem mais impacto para essa pesquisa, verifica-se que os periódicos Estuarine, Coastal and Shelf Science e Journal of Coastal Research são mais relevantes contendo 4 documentos publicados e 1 citação cada um deles.

Em relação as disciplinas que mais influenciaram na pesquisa, verifica-se que as palavras-chave mais citadas e cocitadas em ordem decrescente de frequência foram: *beaches, article, water polution, coastal zones, water quality, nonhuman, beach, bioindicator, environmental monitoring, seashore, vulnerability, seawater* e *bathing beaches*.

No tocante aos especialistas em uma área de pesquisa, percebe-se que os trabalhos mais influentes estão relacionados aos autores mais citados, ou seja, Ariza, Botero, Lucrezi e Cervantes. Destes, o trabalho do autor Ariza e colaboradores, apresenta-se com recomendação de leitura essencial para o gerenciamento de praias - *Proposal for an Integral Quality Index for Urban and Urbanized Beaches*, dos autores Eduard Ariza et al. (2010), disponível no periódico Environmental Management, v.45, n.5, p. 998-1013.

Além disso, o autor Ariza e o autor Botero apresentam uma maior densidade na visualização em relação ao mapeamento por citação.

Em relação a co-autoria, dos 389 autores, verifica-se que apenas 2 autores possuem no mínimo 3 trabalhos em coautoria: Martin e o Assenov.

No tocante a técnica de *Bibliographic Coupling*, percebe-se que há um forte relacionamento entre Cervantes e Lucrezi (grau de força 9), Gonzalez e Lucrezi (grau de força 8), Ariza e Lucrezi (grau de força 7), Cardoso e Lucrezi (grau de força 7), Botero e Lucrezi (grau de força 6), Cardozo e Reyes-Martinez (grau de força 5).

Em relação a cocitação, percebe-se como mais relevante a relação entre os autores Martin e Assenov. Outro fator que merece destacar é que todos os relacionamentos em rede entre os autores encontram-se com um fator de força 3, não havendo nenhuma relação que se destaque. Ainda em relação a este método verificou-se que os autores possuem a mesma densidade não sendo percebido nenhum pesquisador como central nem como periférico.

No tocante ao método da co-ocorrência, verificou-se que os relacionamentos mais relevantes com seus respectivos graus de força estão entre as palavras-chave “beaches” e “coastal zone” com um fator de força 10, entre “nonhuman” e “water quality” com um fator de força 7 e entre “bathing beaches” e “water quality” com um fator de força 6.

A relação entre praias e zona costeira é evidente conforme relatado na introdução e dispensa comentários. A relação entre fatores não humanos e qualidade da água reflete a poluição da água por outros impactos não oriundos da ação do homem e merecem ser investigados. Em relação a relação entre praias para banho e qualidade da água, a contribuição em relação ao gerenciamento de praias é importante e se torna evidente.

Ainda com relação ao método da co-ocorrência, verifica-se no mapeamento por densidade as seguintes palavras-chave com mais de 100 ocorrências: *article* (184), *nonhuman* (136), *water polution* (134), *beaches* (131), *water quality* (116) e *environmental monitoring* (114). Isto sugere que o campo científico *nonhuman*, que é bastante relevante neste mapeamento, seja investigado no estudo do gerenciamento de praias.

No mapeamento baseado em palavras configurado com o tipo de análise por co-ocorrência, as principais relações entre as 32 palavras evidenciadas que merecem destaque são: *beaches* e *coastal zones*, com fator de força 10; *nonhuman* e *water polution*, com fator de força 9; *environmental monitoring* e *water quality*, com fator de força 8; *water polution* e *water quality*, com fator de força 7. Destas relações a mais surpreendente seria a relação *nonhuman* e *water polution*, que relaciona a poluição da água por fatores não humanos que já foi evidenciada anteriormente.

No mesmo tipo de mapeamento baseado em palavras, em uma análise por densidade, verifica-se que as palavras-chave *water polution*, *water quality*, *nonhuman* e *seashore*, são as que merecem maior destaque, além da própria palavra *beaches*, na pesquisa sobre gerenciamento de praias.

No tocante as organizações em que o assunto gerenciamento de praias sob a ótica da governança, da sustentabilidade e dos indicadores de desempenho, as Universidades da China, em Shangai, mostraram-se estar envolvidas nesse campo da pesquisa.

Finalmente, em relação aos locais geográficos que estão pesquisando esse assunto, verifica-se que os principais países são Estados Unidos, Brasil e Espanha.

CONCLUSÃO

Em decorrência do enorme número de publicações disponibilizadas pelas principais bases de dados, atualmente, a seleção dos artigos mais pertinentes e adequados no tocante a construção da argumentação teórica da pesquisa passa a ser o ponto fundamental.

Para isso, o software VOSviewer, suportado por algoritmos que atendem aos métodos bibliométricos *citation*, *co-citation*, *biliographic coupling*, *coauthor* e *co-word*, torna-se uma ótima opção pois permite com relativa facilidade o manuseio e a extração das informações pertinentes.

O VOSviewer apresentou uma fácil instalação e um excelente desempenho, sem incompatibilidades, muito bem documentado e disponível para utilização pela comunidade científica sem custo adicional.

Em relação ao objetivo deste trabalho, Ariza, Botero, Lucrezi e Cervantes são os autores que mais influenciariam esta pesquisa, sendo os dois primeiros com uma maior densidade. Desses especialistas o resultado apontou que o trabalho elaborado por Ariza et al. (2010), *Proposal for an Integral Quality Index for Urban and Urbanized Beaches*, apresenta-se como uma recomendação de leitura essencial para o assunto gerenciamento de praias.

Além disso, o resultado desta pesquisa permitiu saber que os periódicos *Estuarine, Coastal and Shelf Science* e *Journal of Coastal Research* são mais os mais relevantes para o tema desta pesquisa.

Já em relação as universidades e os países mais atuantes, o resultado mostrou que as Universidades da China, em Shangai, estão mais envolvidas no tema desta pesquisa, enquanto que os Estados Unidos, o Brasil e a Espanha foram os países que mais publicaram em relação ao assunto proposto.

No tocante às disciplinas que são pertinentes ao assunto da pesquisa, constatou-se que *beaches*, *article*,

water polution, coastal zones, water quality, nonhuman, beach, bioindicator, environmental monitoring, seashore, vulnerability, seawater e bathing beaches, estão entre as mais relevantes.

Dessas disciplinas, constatou-se ainda que "beaches" e "coastal zone" possuem uma ligação forte com um fator de força 10; "nonhuman" e "water polution" possuem uma ligação forte com um fator de força 9; "nonhuman" e "water quality" possuem uma ligação forte com um fator de força 7 e "bathing beaches" e "water quality" possuem uma ligação mediana com um fator de força 6. Destas relações cabe ressaltar a relação forte entre os fatores não humanos e a qualidade da água e a poluição da água que merece futuras investigações.

Entretanto, em relação a densidade as disciplinas mais relevantes são *nonhuman* (136), *water polution* (134), *beaches* (131), *water quality* (116) e *environmental monitoring* (114).

Em relação aos trabalhos elaborados em co-autoria, dos 389 autores, verificou-se que os autores Martin e Assenov são os mais relevantes com 3 trabalhos publicados.

Entretanto, o resultado mostrou que há um forte relacionamento entre Cervantes e Lucrezi; entre Gonzalez e Lucrezi; entre Ariza e Lucrezi e entre Cardoso e Lucrezi. Há um relacionamento moderado entre os autores Botero e Lucrezi e entre Cardozo e Reyes-Martinez.

Os resultados apresentados, como já mencionado anteriormente, devem ser entendidos como uma complementação dos métodos tradicionais de revisão da literatura estruturada e da metanálise e não como uma substituição destes.

Este trabalho possui algumas limitações atinentes à metodologia utilizada tais como a não revelação da importância da citação referenciada e o viés ocasionado pelo aumento da frequência na autocitação. Como trabalhos futuros, sugere-se que outros estudos com outros temas e mesma metodologia sejam aplicados em outras áreas para comparação de resultados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado à epoca com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finace Code 001. Agradeço a Universidade Federal Fluminense (UFF) pelo apoio à pesquisa e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis (PPSIG) pela colaboração e incentivo à concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.& FARIAS FILHO, J. R. 2014. Estratégia de pesquisa bibliográfica utilizando o método multicritério de borda na priorização de artigos. In: Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria, v. 4, p. POSTER-10.

ARIZA, E. 2010. Proposal for an Integral Quality Index for Urban and Urbanized Beaches. Environmental Management, v.45, n.5, p. 998-1013. Disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007/s00267-010-9472-8.

ARAUJO, C. A. 2006. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em Questão, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32. Disponível em: http://www.revistas.univerciencia.org/index.php/revistaemquestao/article/view/3707.

BOTERO C. & HURTADO, Y. 2009. Tourist Beach Sorts as a classification tool for Integrated Beach Management in Latin America. *Coastline Reports*. 13:133-142. DOI=10.1.1.467.1879

BOYACK, K.; KLAVANS, R. E BORNER, K. 2005. Mapping the Backbone of Science. Scientometrics, and Springer, Dordrecht v. 64, n. 3, p. 351-374. Disponível

em: http://link.springer.com/article/10.1007/s11192-005-0255-6.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. 2011. Science mapping software tools: review, analysis, and cooperative study among tools. Journal of the American Society for Information Science and Technology, v. 62, v. 7, p. 1382-1402. (DOI: 10.1002/asi.21525. Disponível em: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.21525/full).

LUCREZI, S., SAAYMAN, M., VAN DER MERWE, P. 2016. An assessment tool for sandy beaches: A case study for integrating beach description, human dimension, and economic factors to identify priority management issues. Ocean & Coastal Management. v.121, p.1-22. (https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.12.003. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096456911530079X).

Mingers, J.; Leydesdorff, L. 2015. A review of theory and pratice scientometrics. European Journal of Operational Research (in press), v.246, n.1, p. 1-19. (https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037722171500274X).

Site Oficial da Scopus. (Disponível em: https://www.scopus.com/).

TREINTA, F.; FARIAS FILHO, J.; SANT'ANNA, A. & RABELO, L. 2014. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. Revista Produção, v.24, n.3, p. 508-520. (http://dx.doi.org/10.1590/S0103-513201300500007 8. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/prod/v24n3/aop_prod0312.pdf).

VAN ECK N. J., WALTMAN, L., DEKKER, R., & VAN DER BERG, J. 2010. A Comparison of Two Techniques for Bibliometric Mapping: Multidimensional Scaling and VOS. Journal of the American Society for Information Science and Technology, v.61, n.12, p.2405-2416. (Disponível em: https://arxiv.org/abs/1003.2551).

VERGARA, S. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. São Paulo: Atlas, 2005.

VOSviewer Official Site. Disponível em: http://www.vosviewer.com. Acesso em 25. jun. 2016.

WILSDON, J. BELFIORE, E. ALLEN, L.& KAIN, R. 2015. The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management. Hefce- Higher Education Funding Concil for England. (DOI: 10.13140/RG.2.1.4929.1363. (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279402178).

YOSHIDA, N. D. 2010. Análise Bibliométrica: Um estudo aplicado à previsão tecnológica. Future Studies Research Journal. v. 2, n. 1, p. 33 - 51. (Disponível em: https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/viewFile/45/68).

Zupic, I.; Cater, T. 2015. Bibliometric Methods in Management and Organization. Organizational Research Methods, v.18, n.3, p.429–472. (https://doi.org/10.1177/1094428114562629. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177 /1094428114562629).

Capítulo 7

Agentes modeladores da paisagem litorânea: um estudo sobre o balneário cassino no município de Rio Grande - RS

AGENTES MODELADORES DA PAISAGEM LITORÂNEA: UM ESTUDO SOBRE O BALNEÁRIO CASSINO NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE - RS

Leonardo Danielli[1]

[1] Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Av. Itália KM 8 – Carreiros – Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96.201-900, leonardodanielli@icloud.com.

RESUMO

O estudo tem como finalidade realizar uma análise histórica da evolução da malha urbana do balneário Cassino, localizado geograficamente no extremo Sul do Brasil, no município de Rio Grande, no Estado do Rio Grande do Sul. Buscou-se avaliar como esta evolução, por meio da ação antrópica cria e recria paisagens. No final do século XIX, teve-se a fundação do balneário Cassino e a sua expansão foi dada por meio da criação de loteamentos por particulares e concomitantemente, pelo poder público no decorrer do século XX. Investigou-se por meio de pesquisas bibliográficas, as quais abordaram a história do surgimento do balneário que de antemão, sabia-se que fora motivado pela cultura do banho de mar baseado nas teorias da moda dos balneários europeus, chegando posteriormente no estado do Rio Grande do Sul assim como em diversas localidades do Brasil. Num segundo momento, foi analisado o contexto socioeconômico do objeto, observando a relação da evolução da sua malha urbana por meio da análise das imagens históricas não georreferenciadas, obtidas gratuitamente no software Google Earth Pro, seguido pela comparação com a observação feita “in loco” onde se fez a verificação das infraestruturas urbanas existentes. A pesquisa evidenciou uma constante expansão da malha urbana do Cassino, cujo fenômeno reflete diretamente no preço da terra, despertando interesse dos promotores imobiliários nestes locais. Logo, as transformações na paisagem litorânea se fazem visíveis.

Palavras-chave: Paisagem; Espaço Geográfico; Expansão Urbana; Infraestruturas; Balneário.

THE MOLDERS AGENTES AT THE LITORAN LANDSCAPE: STUDY ABOUT THE CASINO IN THE MUNICIPALITY OF RIO GRANDE – RS

ABSTRACT

This study aims to carry out a historical analysis of the evolution in the urban mesh at Cassino balneary, located geographically in the extreme South of Brazil, in the municipality of Rio Grande, state of Rio Grande do Sul. It was tried to evaluate how this evolution, through anthropic action creates and recreates landscapes. In the end of the XIX century, the Cassino balneary was founded and its expansion was given through the creation of private lots and concurrently, by the public power during the XX century. It was investigated by means of bibliographical researches, which approached the history of the appearance of the balneary, in advance, was known to be motivated by the culture of the sea bath based on the fashion theories of the European spas, arriving later in the state of Rio Grande as well as in several places in Brazil. At the second time, the socioeconomic context of the object was analyzed, observing the relation of the evolution of its urban mesh through the analysis of the non-georeferenced historical images, obtained free by the software Google Earth Pro, followed by the comparison with the observation made "in loco" where has made the verification of the existing urban infrastructures. The research evidenced a constant expansion of the urban fabric of the Cassino, whose phenomenon directly reflects the price of the land, arousing interest of the real estate developers in these

places. Therefore, the transformations in the coastal landscape become visible.

Key-words: Landscape; Geographic space; Urban Expansion; Infrastructures; Balneary

INTRODUÇÃO

O vertiginoso processo de urbanização do Brasil, a partir da segunda metade do século XX, foi determinante para a formação estrutural da sociedade moderna brasileira, articulado a uma série de conjuntos de transformações sociais, econômicas, políticas e demográficas. A construção da sociedade urbana se desenvolvia com o ciclo de migrações internas, especialmente a rural-urbana. Eram elas as responsáveis por estabelecer o elo entre as grandes mudanças estruturais que a sociedade e a economia passavam junto com o acelerado processo de urbanização (BRITO; PINHO, 2012). Ao findar o século XX, a população urbana mundial chegou a marca dos 50% do seu total. No Brasil, pode-se notar, que o grau de urbanização passou de 36% no ano de 1950, para 56% no ano de 1970, alcançando um marco de 84% da população no ano de 2010, transformando as cidades em grandes centros de concentração humana (PINHO; BRITO, 2014). O espaço geográfico é palco das relações constantes entre homem/natureza e passa por transformações seculares, em que cada geração coopera de modo particular para a organização e a dinâmica territorial das paisagens onde estão inseridas. Pensar a urbanização nos dias atuais, é pensar nos espaços urbanos e no que está sendo feito com eles, sendo mutáveis e com a atuação de diferentes agentes transformadores. Portanto,

> A paisagem não é simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpetua evolução (BERTRAND, 1972, p. 2)

Fruto da ação antrópica, fator gerador e modificador do espaço, o processo de urbanização vertiginosa e o crescente aumento populacional das cidades brasileiras criam e recriam paisagens, modificam espaços naturais e muitas vezes interferem nos sistemas ambientais. Os municípios litorâneos da região Sul do Brasil acompanham esse crescimento populacional intenso, atingindo um patamar tão elevado quanto ao padrão de crescimento metropolitano das cidades (DESCHAMPS 2000) e sobretudo, provocado pelo afluxo de imigrantes, que incrementa a presença de população fixa nesses locais, definindo uma modificação no padrão de uso desses balneários.

O extremo crescimento da população pode ser verificado em diversos municípios da costa brasileira, bem como em municípios litorâneos da Região Sul do Brasil. Neste sentido, pode-se citar a aglomeração litorânea Paranaense, composta pela ocupação dos tradicionais balneários formada pelos municípios de Guaratuba, Matinhos, Pontal do Paraná e Paranaguá que apresentaram um crescimento de 2,7% a.a., entre 1970/80, para 5,1% a.a., entre 1991/96 onde apresentou como projeção entre 1996/2010 taxas elevadas de 3,4% a.a., como apresenta o estudo, baseado em dados oficiais como IBGE e IPARDES (DESCHAMPS 2000).

Aproximando-se da região pesquisada, um estudo realizado no ano de 2016 comparou o crescimento populacional do litoral Norte do Rio Grande do Sul entre os anos de 2000 e 2010, demonstrando que os municípios à beira mar apresentaram um crescimento de 33,6% enquanto que os demais atingiram um crescimento de apenas 6,87%. Se comparado com o percentual de crescimento do Brasil para o mesmo período, que é de 12,36%, e do

estado do Rio Grande do Sul com 4,97%, este dado é ainda mais significativo. O estado apresentou uma taxa de crescimento significativamente menor quando comparado ao país, entretanto se nota que os municípios na orla gaúcha tiveram uma taxa de crescimento quase três vezes mais em termos percentuais que o Brasil e quase sete vezes mais que o Rio Grande do Sul (RAMOS, 2017).

O litoral do Estado do Rio Grande do Sul abrange uma praia arenosa com cerca de 600 quilômetros de extensão, fazendo limite ao norte com o rio Mampituba no município de Torres, com coordenada geográfica 29º20'34'', se estendendo até o limite sul do Arroio Chuí com coordenadas geográficas 33º45'09'', fazendo fronteira com o Uruguai.

Como parte da costa oceânica do Rio Grande do Sul, o município do Rio Grande (figura 01) tem vivenciado um período de expansão econômica e demográfica, oriunda de diversos fatores, a se citar desde os investimentos governamentais ao polo naval, até a instalação de novos parques fabris e atividades complementares do setor terciário, o que consequentemente tem aumentado a procura por moradias no balneário, fomentando o processo de especulação imobiliária e expansão do tecido urbano.

A referida praia situa-se sobre uma linha de costa sem interrupção entre o molhe oeste da barra do Rio Grande e o arroio Chuí, considerado o balneário mais antigo do Brasil e o maior trecho de praia arenosa contínuo da América Latina, com cerca de 242 quilômetros de extensão (DOMINGUES, 1995).

Conhecido como um dos principais balneários da região Sul do Brasil, o Cassino ou a praia do Cassino, como usualmente é chamada[15], faz parte do município de Rio Grande[16], (conforme figura 01), tendo sido fundada no fim do século XIX, mais precisamente no ano de 1890 como um modelo de balneário planificado à moda europeia, sob a argumentação de ser um empreendimento destinado à sociabilidade balnear de famílias ricas e tradicionais da cidade e região. Contudo, com o passar do tempo perdeu essa característica e passou a atender as demandas residenciais de várias classes de renda que ali habitavam, não se pode deixar de citar as ocupações irregulares que acabaram por causar a expansão do tecido urbano de forma espontânea e desordenada, acarretando uma série de consequências e impactos na qualidade ambiental, que acaba por comprometer a qualidade de vida da população residente deste local.

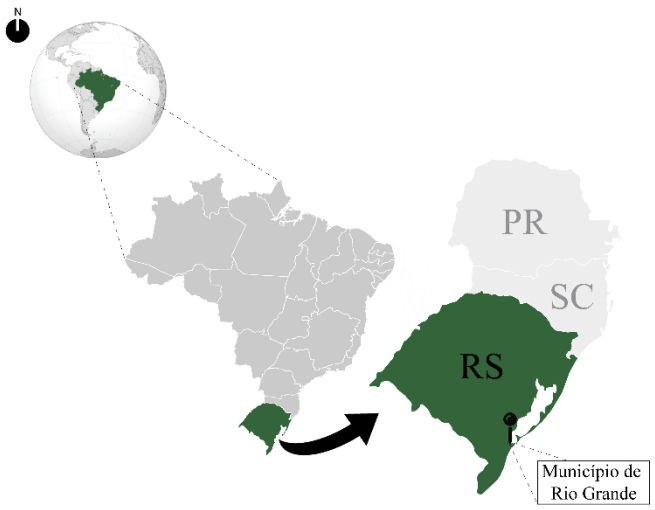


Figura 5: Esquema de localização da área de estudo. **Fonte:** DANIELLI, 2019.

Conhecido por acolher a maior praia do mundo em extensão, o balneário Cassino atrai milhares de veranistas e a cada ano que se passa percebe-se uma expansão na malha urbana. Tendo como base Gonçalves, et al. (2001), onde afirma que a população

[15] Praia do Cassino é uma das maneiras usuais de se chamar a porção geográfica do território ou a totalidade geográfica compreendida pela fusão da praia em si à urbanização constituída no local.

[16] O município de Rio Grande foi fundado na data de 19 de fevereiro de 1737 pelo Brigadeiro José da Silva Paes. É considerado o município mais antigo do Estado do Rio Grande do Sul.

do balneário em períodos de veraneio sofre um significativo incremento populacional, partindo de cerca de 30.000 habitantes fixos para aproximadamente 250.000 habitantes, entre eles veranistas, turistas e moradores fixos, especialmente durante os meses de novembro a março.

Diante do exposto, a pesquisa tem como objetivo analisar os processos de urbanização e verticalização da malha urbana do balneário Cassino, no município de Rio Grande – RS, no período de 1985 a 2018, para compreender de que forma o Homem ao usufruir dos recursos naturais modela a paisagem litorânea e causa interferências neste sistema. Dentre os objetivos específicos da pesquisa pactua-se: a) analisar a evolução da malha urbana do balneário por meio de análise de imagens obtidas através do software Google Earth Pro; b) conceituar historicamente a evolução do balneário através de estudos já realizados buscando fazer um paralelo com a modificação da paisagem da área. Por fim, condensar as informações obtidas e redigir uma conclusão para a pesquisa, resgatando os conhecimentos científicos do autor e o embate das informações obtidas, tendo como premissa a diversidade de informações e pontos de vista, buscando corroborar para o planejamento e o gerenciamento costeiro integrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consiste na análise da expansão da malha urbana do balneário Cassino – RS, englobando os bairros Bolaxa e Querência, representando em extensão territorial de análise uma área de aproximadamente 34 quilômetros quadrados, com objetivo de compreender de que forma a ação antrópica vem criando e recriando a paisagem litorânea. A delimitação da extensão territorial de pesquisa e a escala escolhida, leva em consideração aspectos como o tamanho da ocupação urbana e o avanço da malha urbana ao longo da faixa temporal estudada (1985-2018).

Portanto trata-se de uma pesquisa descritiva, de natureza básica, que segundo Gerhard e Silveira (2009), objetiva gerar novos conhecimentos para o avanço da Ciência, sem aplicação prática *a priori*, do tipo qualitativo-quantitativo, onde se adota como procedimento a revisão bibliográfica e documental, que de acordo com Fonseca (2002) é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, realizando a revisão bibliográfica por meio de pesquisas acadêmico-científicas, as quais tratam da problemática em estudo dentro das múltiplas áreas do conhecimento, visando à construção de referencial teórico. Tem-se como procedimentos metodológicos, a pesquisa de campo apoiada pela observação não participante e a análise documental.

Com referência na análise documental, a tabela I nos traz dados dos Loteamentos implantados no balneário Cassino, entre os anos de 1949 e 1961. Nota-se a ausência de alguns dados, ressaltando que esses não foram encontrados durante a pesquisa. Acredita-se na inexistência de documentos, os quais seriam capazes de informar tais dados, contudo, a ausência não torna vulnerável a presente pesquisa, uma vez que o intuito é demonstrar a expansão da malha urbana do balneário e a modificação da paisagem.

Com o avanço da tecnologia, o sensoriamento remoto tem se desenvolvido em larga escala, permitindo avanços significativos nos estudos urbanos por meio de imagens de satélite, que passam a ter custos cada vez menores e maior resolução espacial. Um dos softwares amplamente utilizado por pesquisadores e profissionais é o Google Earth Pro. Trata-se de um software lançado no ano de 2005 pela empresa Google que auxilia no estudo da morfologia urbana, como aponta um estudo realizado no ano de

2010, o qual buscou avaliar como essa ferramenta pode contribuir no estudo da morfologia urbana, tendo como foco principal a cidade de João Pessoa (SANTOS; MAIA, 2010).

Analisando os resultados positivos apresentados pelo estudo, foi realizado a coleta e análise das imagens históricas por meio do software Google Earth Pro com capturas de imagens não georreferenciadas, realizadas em uma faixa temporal compreendida entre os anos de 1985-2018, período em que se percebe maior impacto da ação antrópica sob a paisagem litorânea, ou seja, percebe-se, com maior clareza a evolução urbana sob o meio natural. Foram adquiridas do software imagens dos anos de 1985, 2000, 2006, 2015 e 2018, em uma escala padrão de aproximadamente 2 quilômetros, seguido da descrição e qualificação da paisagem deste local, buscando sempre confrontar com as alterações históricas da morfologia urbana. Ressalta-se que não se fez necessário o georreferenciamento das imagens analisadas, pois, a captura das imagens foi realizada no mesmo posicionamento e enquadramento do satélite, variando apenas o ano de sua captura. Para a manipulação das imagens foi utilizado o software Adobe Illustrator, o que permitiu delimitar para cada uma das imagens, as áreas de ocupação urbana e por fim, montar uma imagem síntese da evolução da ocupação urbana da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município do Rio Grande foi fundado oficialmente em 19 de fevereiro de 1737, o que o torna o município mais antigo do estado do Rio Grande do Sul (SILVA, 2012), obteve crescimento e desenvolvimento urbano diretamente ligado à acumulação comercial derivada das atividades portuárias e do parque fabril (ADELIO, 2010). A construção da nova instalação portuária datando o começo do século XX, serviu como marco para o desenvolvimento do município, gerando um abrupto crescimento populacional principalmente a partir do início do século XXI, impulsionado pelo aumento da oferta de emprego junto ao polo naval.

Concomitantemente ao aumento da densidade populacional do município a ocupação urbana do balneário cassino que inicialmente tinha como finalidade ser um espaço de lazer e convívio social, torna-se gradativamente local de moradia permanente, bem como local de segunda residência ocupado por casas de veraneio. Deve-se de antemão, observar que a expansão da malha urbana do Cassino não se dá somente no período de veraneio, mas durante todo o ano, onde é possível notar a constante edificação de residências, abertura de novos pontos de comércios e serviços terceirizados, o que se pressupõe, em aumento do público consumidor local.

A partir dos anos de 1940 até o ano de 1950, Rio Grande passou por um segundo período de industrialização, acarretando em uma alta demanda de domicílios, o que resultou na expansão da malha urbana e a criação de novos loteamentos e bairros, os quais muitas vezes careciam de infraestrutura urbana, fator fundamental e responsável por fomentar a especulação imobiliária no município, favorecendo promotores imobiliários e o surgimento de novas incorporações (RAMIRES, 2011). Neste momento se nota investimentos principalmente em condomínios verticalizados, localizados em áreas próximas ao balneário Cassino, onde já detinha infraestrutura desenvolvida quando comparada as novas áreas de incorporação imobiliária do município, fenômeno que se intensifica com a crescente expansão urbana e o aumento populacional do bairro.

Portanto, convém neste momento, fazer um breve resgate histórico do surgimento do balneário, a fim de compreender os fatores diretos, indiretos e

potenciais, que contribuíram para as evoluções e crescimento da malha urbana. É de conhecimento, que a área de estudo teve seu processo de utilização pelo ser humano atrelado ao banho de mar. Segundo Porto (2014), tem-se como registro que a fundação do balneário ocorreu em 26 de janeiro de 1890 com o nome de Vila Siqueira, junto com o fato da cidade ser considerada como a mais antiga do estado. O balneário acompanha e também carrega este título, sendo considerado como o mais antigo balneário projetado do estado, partindo de um perímetro urbano em direção à aproximação da orla marítima, o que favorecia o acesso ao mar ligado a questões de lazer e caráter social.

O nome inicial Vila Siqueira, se deve ao fato de que a:

> [...] elite da nobreza formada por estancieiros, industriários e comerciantes ao comando de Antônio Cândido Siqueira, diretor gerente da Companhia Carris Urbanos de Rio Grande, outorgou uma lei provincial a essa empresa, com a "concessão das marinhas" na costa da lagoa mangueira, para o fim específico de fundar e explorar uma estação de banhos. Esta empresa ficou responsável pela circulação, na cidade, de bondes sobre trilhos, na ocasião, puxados a burro, ela pretendia estender a linha urbana até o projetado balneário.
>
> Quando a construção dos trilhos atingiu o Cassino em 1889, a Villa Siqueira já estava estruturada a partir de "uma avenida de aproximadamente 2.200 metros de comprimento até a faixa de praia, com terrenos demarcados e distribuídos com 40 quadras de terreno de 100 por 50, formando ruas de 16 metros de largura" (PORTO, 2014, p.23).

Na data de 18 de julho de 1889 por meio da Lei Provincial 1870, foi declarada utilidade pública em uma área de 3.000 metros de extensão na costa do mar por 2400 de fundo até a localidade denominada Bolaxa. Essa área retangular fronteiriça ao oceano, foi adquirida sem se concretizar a desapropriação, visto que a abertura da via férrea e a criação de um balneário iriam valorizar e aquecer o mercado imobiliário, fato que se concretizou assim como o esperado (PINHEIRO, 1999, p. 53). Foi diante deste cenário que o primeiro veículo que percorreu os trilhos e deu a fundação do balneário na data de 26 de janeiro de 1890 foi um trem, o qual impôs uma característica particular a urbanização, pois ocorreu no sentido transversal e não paralelo a orla da praia, o que não era comum para a época.

Segundo Barcellos (2000), a administração do balneário foi marcada por diversas sucessões nos seus primeiros anos, sendo todas as mudanças referentes as diferentes empresas encarregadas do funcionamento da linha ferroviária, o que interferiu na morfologia urbana do bairro.

O primeiro loteamento na área citada, data o ano de 1916, conforme pode ser observado na planta do loteamento na figura 02.

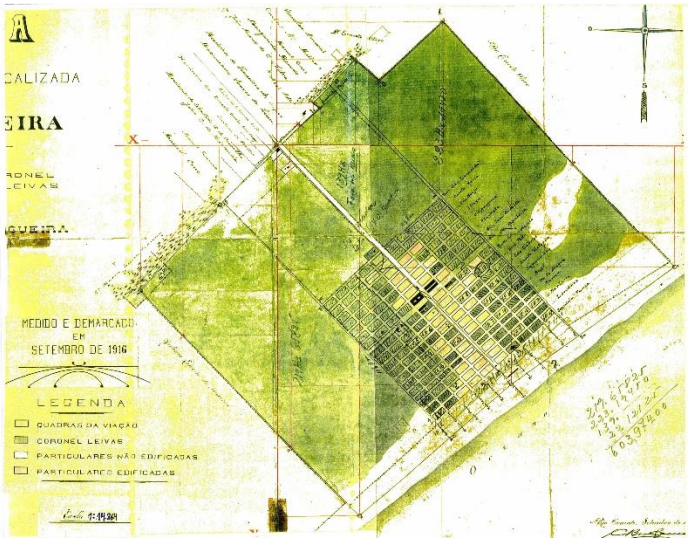


Figura 6: Área loteada - Ano 1916. **Fonte:** PINHEIRO, 1999.

O plano de urbanização da área era ambicioso, e o projeto do loteamento destinava uma faixa de 550 metros de cada lado da avenida principal (demarcada em linha branca), onde corriam os trilhos do trem e reservava a área para instalações futuras. Ademais, oito ruas paralelas à avenida foram abertas, sendo quatro

delas de cada lado e um total de dezoito ruas no sentido perpendicular. Se pode destacar que a composição das quadras era de apenas um único lote, medindo 50 metros de frente por 100 metros de fundos, e acompanhavam uma cláusula que impunha que a edificação de uma casa deveria ser concretizada no prazo máximo de dois anos (PINHEIRO, 1999, p. 55).

Se nota, neste momento, a tentativa de concretizar o plano de urbanização da gleba, forçando a construção de residências e estimulando a especulação do mercado imobiliário que já vinha sendo aquecido pela criação do balneário e a visitação de banhistas.

A paisagem nesta gleba é modificada com o passar dos anos, como representado por este exemplo de implantação do primeiro loteamento. Anteriormente ao ano de 1890, a área se configurava como rural, sem urbanização. Após o ano de 1980, a paisagem encontrada neste local já é outra, um fragmento de cidade fruto da ação antrópica capitalista sobre o meio, que fomenta e aquece o mercado fornecendo espaços para habitação, os quais se apresentam até os dias atuais como uma necessidade básica do ser humano.

O atual nome do Balneário se deu pelo fato de estar implantado em sua localidade um hotel denominado Atlântico, com frente voltada ao mar, onde se encontra ainda em funcionamento nos dias atuais. Naquela época, concentrava sala de jogos com roletas em suas dependências, sendo conhecido como o hotel do Cassino. Daí o nome do balneário, fazendo referência as casas de jogatina, que naquele momento ainda eram liberadas no Brasil (PORTO, 2014).

Nomeado como balneário Cassino, a área inicial loteada continua sendo urbanizada em ritmo acelerado para a época. No ano de 1916, o loteamento foi ampliado em cinco quadras de cada lado do eixo inicial. Essa ampliação sofreu um novo desenho, datando o ano de 1917, com a criação de duas grandes praças como mostra a figura 3.

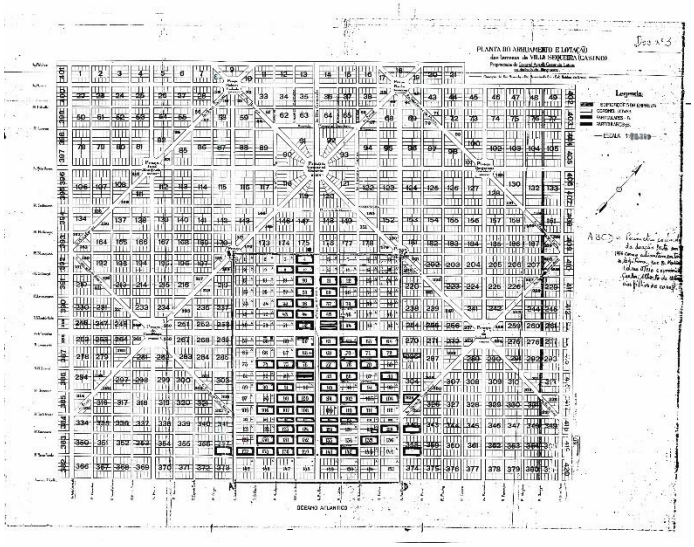


Figura 7: Ampliação do loteamento (ABC).
Fonte: PINHEIRO, 1999.

A figura acima chama atenção para o tipo do traçado urbano, conhecido como malha urbana fechada não ortogonal, forma urbana que propicia corredores de circulação retilíneos com vistas a formação de uma perspectiva longa sobre as vias de circulação. Esse tipo de traçado característico, é comumente utilizado em áreas de grande fluxo, pois a continuidade de suas vias possibilita maiores velocidades de trafego automobilístico.

Da fase inicial do balneário Cassino, remetendo as décadas iniciais do século XX, observa-se que, os agentes modeladores das cidades brasileiras em seu período colonial não são homólogos ao atuais agentes de produção das cidades capitalistas. O Estado enquanto produtor do espaço urbano, como destaca Corrêa (2004), neste caso, modelador no período colonial se volta a realização de obras defensivas nas cidades litorâneas e áreas fronteiriças do império colonial, como é o caso do município de Rio Grande, culminando, inclusive ao mesmo tempo histórico, uma vez que se apresenta como cidade portuária e recebeu

diversos investimentos estatais visando investir e ampliar a infraestrutura urbana.

No ano de 1957, a municipalidade da cidade de Rio Grande aprovou o projeto de loteamento Cidade Balneária do Cassino, o qual contempla também um novo parcelamento urbano da área inicial do primeiro loteamento proposto, conforme demonstra a figura 04.

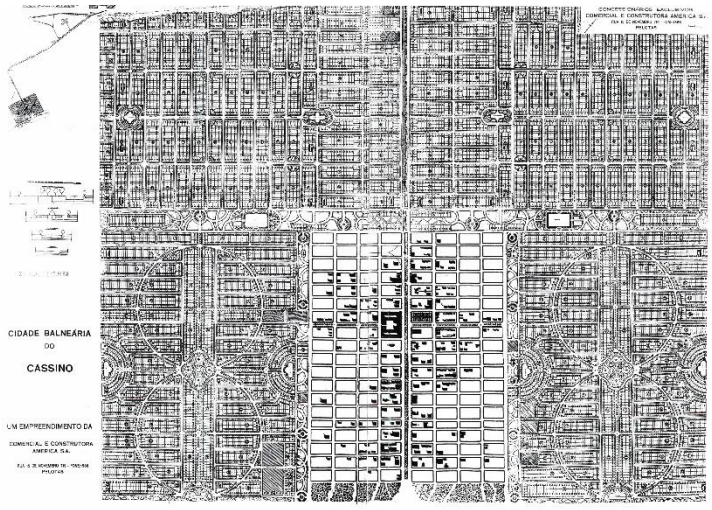


Figura 8: Planta do loteamento Cidade Balneária Cassino.
Fonte: PINHEIRO, 1999.

O loteamento Cidade Balneária Cassino, fomentou a aprovação de novos loteamentos durante os anos de 1950 até 1964, principalmente em áreas localizadas ao longo da Rodovia RS-734 que faz a ligação entre o centro da cidade e o Balneário.

Neste cenário, percebe-se que:

> A abertura de uma estrada de ferro seguida da criação do balneário Cassino em 1890 e posteriormente uma estrada de rodagem, aliadas às facilidades proporcionadas pela Lei de 1937, valorizaram as áreas próximas, tomando uma atividade rentável o parcelamento do solo, via loteamentos, e a transformação da terra rural em urbana, principalmente a partir de 1950, devido às perspectivas de uma maior integração rodoviária entre o Rio Grande do Sul e o Uruguai (PINHEIRO, 1999, p81).

Em um período compreendido entre os anos de 1949 e 1961, se obteve a aprovação de um total de doze loteamentos no balneário Cassino, sendo que apenas 4 deles não foram efetivamente implantados, conforme mostra a tabela I.

Tabela I: Loteamentos no Balneário Cassino (Período de 1949 - 1961)

Ano	Nome do loteamento	Nº de Lotes	Nº de Quadras	Situação
1994	Balneário Parque Cassino	303	22	Não Implantado
1949	Stela Maris	804	70	Implantado
1952	El Aduar	4.752	316	Não Implantado
1953	Querência	2.542	84	Implantado
1953	Viação Férrea	360	22	Implantado
1954	Balneário Olimpo	-	-	Não Implantado
1956	Princesa do Sul	545	-	Implantado
1958	Cidade Balneário Cassino	11.118	355	Implantado
1958	Praia Monte Carlo	907	-	Não Implantado
1960	Parque Guanabara	112	56	Implantado
1961	Balneário Mar Azul	-	69	Implantado
1961	Pedro C.Farias	-	-	Implantado

Fonte: SALVATORI, 1989, p.60. Modificado por DANIELLI, 2019.

Tomando como base os dados, em um período de doze anos (2006-2018) percebe-se o crescimento da malha urbana do balneário, com a edificação de oito novos loteamentos na região do estudo, esses realizados por loteadores. Entretanto, a ocupação do solo na área de estudo não se deu somente por particulares, como também, via poder público municipal e pelos grupos sociais excluídos, como já pontuado por Corrêa (2004), sobre os agentes produtores do espaço urbano. Isso se faz visível ao

analisar os processos de ocupação dados na década de 60, onde a ação dos grupos sociais excluídos cria e recria a paisagem com as ocupações clandestinas em áreas de domínio da união no balneário Cassino.

A municipalidade ao aprovar o loteamento Cidade Balneária Cassino no ano de 1957, não permitiu que o mesmo englobasse áreas da Marinha (ver figura 05), e foi justamente nessas áreas que ocorreram as ocupações clandestinas após a implantação (PINHEIRO, 1999).

Um dos agentes modeladores da paisagem que teve ascensão na década de 50 e se faz presente nos dias atuais, criando e recriando paisagens, são os veículos automotores como meio de transporte. Esse fator impacta diretamente o balneário por meio da degradação ambiental da cidade e o crescente número de ocupações clandestinas, principalmente destinadas ao lazer, uma vez que as áreas distantes, tornavam-se cada vez mais acessíveis por conta do uso dos veículos automotores (PINHEIRO, 1999).

Falar da degradação ambiental causada pelo uso dos automóveis na cidade de Rio Grande e não abordar o costume patrimoniado como cultura imaterial do uso e da circulação dos veículos automotores na orla da praia, é como falar sobre evolução urbana e negar a analise a sua morfologia. É bem provável que o uso e a circulação dos veículos automotores na praia do Cassino representem uma das faixas de praia onde há maior circulação de veículos do mundo, tal pratica advém principalmente da ascensão proveniente do crescimento econômico da região aliada a revolução automobilística.

Segundo um estudo realizado por Vieira; Calliari; Oliveira (2004), onde apresentam a existência de evidências físicas de modificações ambientais, associadas ao trânsito de veículos sobre os sistemas de praias arenosas relacionados com a compactação da camada superficial da areia da praia, isso resulta de uma tentativa do poder público em dar alguma segurança ao trânsito, onde propõem e efetivam a construção de canalizadores de fluxo veicular, procedimento que requer grandes movimentações de areia com equipamentos pesados, provocando uma perturbação erosiva sem precedentes, servindo como obstáculo ao escoamento normal das águas de chuva, fator que impacta ainda mais o espaço natural.

Neste contexto, podemos observar que:

> O automóvel apresenta ainda, pelo menos potencialmente, um risco maior ao ambiente que o usuário recreacional não motorizado neste ambiente de praia. O livre acesso do automóvel à praia aumenta o risco de contaminação ambiental, devido aos vazamentos de líquidos e emissões inerentes ao atual estágio tecnológico dos veículos. Um outro agravante da utilização dos veículos motorizados neste ambiente é o fato de proporcionarem, pela sua capacidade de carga e privacidade de uso, um grande aumento da deposição de resíduos sólidos no ambiente (Vieira; Calliari; Oliveira, 2004, p.10).

Se associa que o uso dos veículos automotores começou a ser facilitado por meio da popularização do automóvel nas diferentes classes sociais, englobando a parcela empobrecida da população, a qual passou a usufruir desse ambiente que antes era destinado aos mais ricos, aumentando consideravelmente o fluxo de veículos na praia, logo, os danos ambientais são impactantes para esse ambiente natural. Desta forma, os automóveis começaram a propiciar a condução dos banhistas até a praia, fato que resultou na expansão das áreas de banho e acabou por afastar a elite da área central do balneário (FERREIRA, 2012).

Retomando a discussão sobre o crescimento urbano, a figura 05 ilustra na cor vermelha os lotes vendidos até o ano de 1995. Percebeu-se que a paisagem nesse estágio de urbanização já se encontra modificada.

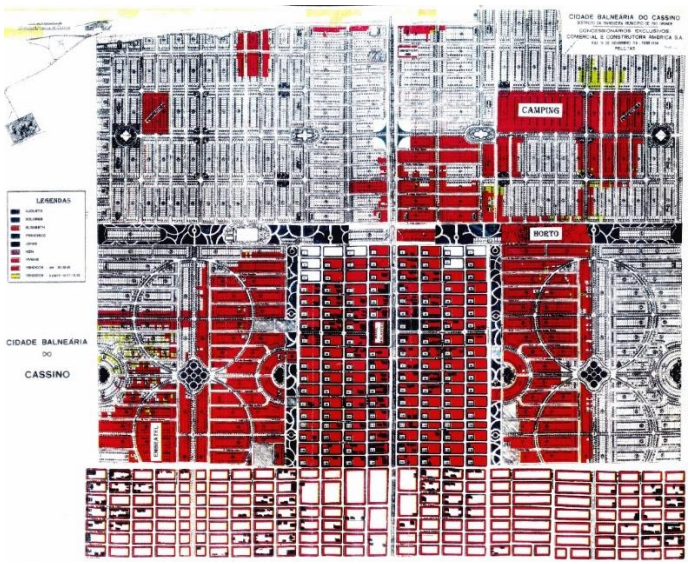


Figura 9: Mapeamento aerofotogramétrico do loteamento balneário Cassino. **Fonte:** PINHEIRO, 1999.

Historicamente, é necessário atentar-se ao fato de que essas áreas da Marinha na década de 60 foram ocupadas rapidamente e as áreas urbanizadas do loteamento balneário Cassino ainda eram pouco ocupadas por casas de veraneio.

> A ocupação, através da comercialização de lotes para construções de veraneio, deu-se de forma lenta no loteamento Cidade Balneária do Cassino até a década de 70, posto que nem o perímetro urbano do loteamento havia sido completamente ocupado, como nos confirma o mapeamento aerofotogramétrico realizado pela Prefeitura Municipal do Rio Grande em 1974 (PINHEIRO, 1999, p.93).

Vale ressaltar que as infraestruturas do balneário foram instaladas em uma ação de implementação de infraestrutura do grande terminal marítimo e do complexo industrial, e então estendido até o balneário. Os investimentos em larga escala motivados pelos grandes empreendimentos, desperta na municipalidade o interesse em regularizar as ocupações clandestinas, ordenando quadras regulares na medida do possível e criando novas quadras mais próximas a praia, com intenção de valorizar o solo, restringindo o acesso de uma parcela da população no intuito de criar uma área com edificações de melhor qualidade.

O período compreendido entre o final da década de 70 até o final da década de 80, recebe loteamentos implantados pela Autarquia do Balneário Cassino (ABC). A tabela II demonstra a data do loteamento, nome do loteamento, número total de lotes, número total de quadras e sua situação verificada “in loco”.

Tabela II: Loteamentos realizados pela PMRG e ABC

Ano	Nome do loteamento	Nº de Lotes	Nº de Quadras	Situação
1979	ABC I	230	15	Implantado
1979	ABC II	155	12	Implantado
1979	ABC III	284	20	Implantado
1979	Praião (PMRG)	-	-	Implantado
1980	ABC IV	113	11	Implantado
1980	Costa do Sol (PMRG)	-	-	Implantado
1981	ABC V	190	15	Implantado
1983	ABC VI	109	06	Implantado
1984	ABC VII	445	12	Implantado
1987	ABC VIII	144	08	Implantado
1987	ABC IX	675	43	Implantado
1987	ABC X	980	56	Implantado

Fonte: SALVATORI, 1989, p.60. Modificado por DANIELLI, 2019.

Nesse período, se nota uma quantidade expressiva de lotes criados, entretanto os loteamentos denominados como ABC’s I, II, III, IV, V, VI, VII representam a regularização fundiária das áreas de marina que foram tomadas por ocupações clandestinas. A área que foi loteada regularizando as áreas da marina no balneário Cassino pode ser visualizada na figura 06.

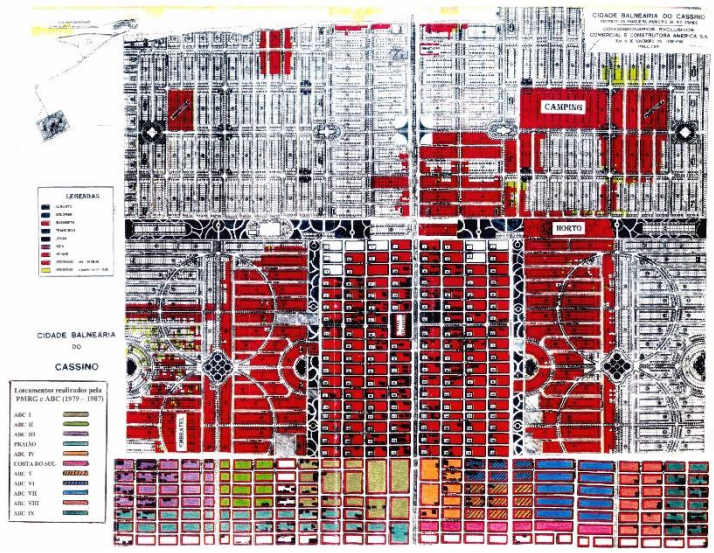


Figura 6: Loteamento Cidade Balneário Cassino – Áreas de regularização .**Fonte:** PINHEIRO, 1999.

Diante da demarcação das áreas regularizadas pela Autarquia do Balneário Cassino, fronteiriças a praia, pode-se afirmar que a Autarquia conseguiu atingir seus objetivos de regulamentar as ocupações clandestinas, bem como o objetivo de criar novos loteamentos onde as edificações fossem de melhor qualidade arquitetônica e construtivas, com suas fachadas frontais voltadas para a praia, o que não impactou diretamente na preferência por moradias próximas ou na Avenida Rio Grande, continuando estas a serem as mais valorizadas, principalmente pelo desenvolvimento e implantação do comércio na região (PINHEIRO, 1999).

Analisando a atuação municipal sob as áreas da marina e resgatando os teóricos de Roberto Lobato Corrêa, se pode afirmar que:

> O Estado pode atuar diretamente como grande industrial, consumidor do espaço e de localizações específicas, proprietário fundiário e promotor imobiliário, sem deixar de ser também um agente de regulação do uso do solo e o alvo dos chamados movimentos sociais urbanos (CORRÊA, 2004, p.24).

Ainda segundo o autor[17], o espaço urbano é modelado por diversos agentes, sobretudo pelos proprietários fundiários que estão interessados na conversão da terra rural, que por não deter de infraestrutura apresentam tem preços mais baixos se comparado a terra urbanizada pois dispõe, ou pelo menos deveria dispor, de infraestruturas.

A figura 07 tem como objetivo fazer a compilação dos dados de evolução da malha urbana do balneário Cassino, através de imagens históricas não georreferenciadas obtidas por meio do Software Google Earth Pro. O resultado apontado pela figura abaixo é resultado da análise de 5 imagens anuais, respectivamente: 1985; 2000; 2006; 2015 e 2018, compiladas.

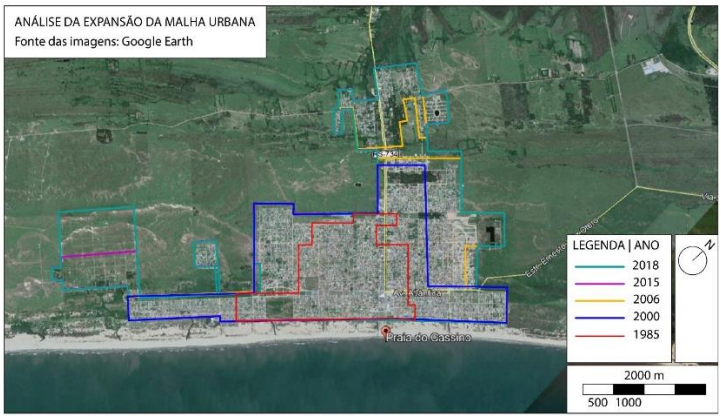


Figura 7: Síntese da expansão urbana do balneário Cassino no município de Rio Grande - RS (anos 1985-2018). **Fonte:** DANIELLI, 2019.

A figura demarca em contornos vermelhos a malha urbana do balneário para o ano de 1985, apresentando um núcleo urbano já consolidado e expressivo, seguido pela segunda análise em linhas azuis representando o ano de 2000, neste ano a malha urbana teve um crescimento notável se comparado ao ano de 1985, visualmente, dobrando de tamanho em relação à comparação anterior. Entre os anos de 2006 a 2018, ainda se nota o crescimento gradativo da malha

[17] CORRÊA (2004)

urbana, contudo, mais lento se comparado aos anos anteriores. Se observou a modificação da paisagem pela expansão horizontal da malha urbana.

A mancha urbana avançou consideravelmente nos últimos anos. Paisagens que antes expressavam o campo, a lavoura e áreas desabitadas, atualmente abrigam milhares de edificações destinadas as múltiplas finalidades da vida urbana, sejam elas para uso habitacional, comercial ou serviços. Por meio da visitação "in loco", visualmente se nota uma grande quantidade de estabelecimentos comerciais, como por exemplo, farmácias, bancos e supermercados, que se apresentam como uma tendência natural do avanço da urbanização e do aumento populacional.

No ano de 2018, o balneário completou vinte nove anos de existência e conta com números crescentes e cada vez mais expressivos de urbanização e uso, principalmente em períodos de veraneio. Segundo pesquisas do IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) para o ano de 2010, data do último censo, a população do município de Rio Grande chegou a marca de 197.228 mil habitantes, sendo que a estimativa para o ano de 2018 é de 210.005 mil habitantes.

O balneário Cassino é considerado um distrito do município de Rio Grande, ele isoladamente conta com aproximadamente 35 mil moradores, contudo, em épocas de veraneio podem chegar a marca das 150 mil pessoas. Compõem esse total, veranistas, turistas e moradores.

Eis o ponto que se quer chegar, sendo fundamental para a pesquisa. A ação antrópica do Homem sobre o meio, a forma como se manipula, cria-se, recria e se utiliza as paisagens para suprir as necessidades humanas da vida urbana. Não é à toa que as de leis de uso e ocupação do solo urbano se fazem necessária, gerindo a forma como as áreas serão impactadas pela ação antrópica.

Um fenômeno relevante e planejado, que deve ser ponderado, diz respeito à verticalização do balneário,

> A verticalização é, com certeza, um dos processos responsáveis pelas alterações morfológicas e funcionais de amplos segmentos da paisagem urbana, criando solos superpostos, possibilitando a sua multiplicação, revalorizando o espaço pelo aumento do potencial de aproveitamento, ou seja, ela representa um uso intensivo do solo através da densificação de atividades em uma determinada área, aproveitando ao máximo o valor de uso do solo urbano, intensificando, consequentemente, o fluxo de pessoas no espaço, além de impactar significativamente na paisagem de uma cidade (FERRER[18], 2016, p. 13).

A modernização urbana do Cassino reflete a realidade das cidades brasileiras onde a malha urbana avança sobre os sistemas naturais. Por meio da análise da urbanização do bairro apoiadas por imagens de satélite e visitação "in loco", se percebe o espraiamento do crescimento urbano histórico sobre a paisagem natural do balneário, a área central do bairro concentra a maior parcela de edificações verticalizadas, apoiadas pela distribuição de comércio e serviços às quais geralmente se desenvolvem no térreo dessas edificações. O centro do bairro agora se tornou área de interesse dos promotores imobiliários, por deter a maior parcela de infraestruturas urbanas, fruto da ação do homem e sua ação antrópica capaz de criar, recriar e modelar a paisagem litorânea.

Por fim, se percebe que o balneário Cassino teve e continua tendo um vasto crescimento populacional e territorial, mas que ainda precisa intensificar a instalação de suas infraestruturas, como por exemplo,

[18] Apoiada em: MACEDO, Sílvio Soares. Paisagem, modelos urbanísticos e as áreas habitacionais de primeira e segunda residência. Paisagem & Ambiente. São Paulo: nº 11, 1998.

avimentação e saneamento básico, de modo a atender a todas as parcelas da população.

CONCLUSÃO

Por meio da análise histórica evolutiva da urbanização do balneário Cassino, fica claro e perceptível o avanço da malha urbana sob a paisagem litorânea ao longo dos anos. Contudo, o desenvolvimento acentuado da área central do bairro, impulsionada pelo alto grau de urbanização e disposição de infraestruturas urbanas, fenômeno que reflete diretamente no preço da terra despertando interesse dos promotores imobiliários nestes locais.

O Cassino se expandiu consideravelmente em seu sentido horizontal, acompanhando a forma de urbanização da cidade de Rio Grande – RS, essa expansão se deu tanto com as ocupações dos loteamentos particulares implantados na década de 50, bem como, com a ocupação dos loteamentos implantados pela Autarquia do Balneário Cassino na década de 80.

Observa-se que o balneário se encontra em um contexto de constante evolução urbana com significativo aumento populacional e de importantes transformações no espaço geográfico, principalmente induzidas pela instauração do plano diretor, o qual estimula a verticalização do local e as transformações na paisagem litorânea já se fazem visíveis. Tal indução eleva o potencial de uso e ocupação do solo gerando um futuro promissor para o crescimento urbano nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS

ADELIO, Janaína Paraguaçu. **Avaliação da percepção social dos usuários a respeito do trânsito de veículos na praia do Cassino, Rio Grande/RS.**Trabalho de conclusão do curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2010.

BARCELLOS, João. **Cassino história e ambientes: a educação e a sua preservação.** Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Mestrado – FURG, 2000.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global** - Esboço Metodológico. -Universidade de São Paulo USP. - Instituto de Geografia. -13 - Cadernos de Ciências da Terra- São Paulo 1972.

BRITO, Fausto Alves de; PINHO, Breno Aloísio T. Duarte de. **A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010.** UFMG Cedeplar, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: http://cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20464.pdf. Acesso em: 10 jun. 2019.

CORRÊA, Roberto. Lobato. **O espaço urbano.** 4. ed. São Paulo: Ática, 2004. 94 p.

DESCHAMPS, M.V... [et al.] **Afinal, o que induz o crescimento nas aglomerações litorâneas?** In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2000. Caxambu, Anais. Caxambu: ABEP, 2000. Disponível em: http://sys.facos.edu.br/ojs/index.php/gestao/article/view/51/45. Acesso em: 10 jun. 2019

DOMINGUES, Marcelo. V. D. L. R. **Superporto do Rio Grande: Plano e realidade elementos para uma discussão.** Rio de Janeiro, 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FERREIRA, Felipe. Nobrega. **Ao sul do sul o mar também é pampa: sensibilidades de verão na Villa Sequeira, Rio Grande/RS (1884-1892).** 2012. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de

Pós-Graduação em História da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2012.

FERRER, Daiana. Martins. **O processo de urbanização e verticalização do Balneário Cassino – Município de Rio Grande – RS.** Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 66 p;

FONSECA, João José Saraiva da. **Método logica da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 120 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

GONÇALVEZ, Diogo. De. Castro. GARCIA, Rafael. Reimbrecht. OLIVEIRA, Carolina. Larrosa. De. **Avaliação da Expansão do Balneário Cassino e da Acessibilidade aos Serviços de Saúde, Educação e Segurança.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XV Curitiba/PR, Brasil, Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,

GOOGLE EARTH-MAPS. https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/. Acesso em: 14 jan. 2019.

INPE, p. 8764-8771. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1306.pdf> Acesso em: 01 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br >. Acesso em: 14 jan. 2019.

PINHEIRO, Maria. Terezinha. Gama. **A fundação do balneário Cassino ao final do século XIX e sua expansão e transformação no decorrer do século XX.** Dissertação de Mestrado. Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências. Curso de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1999.

PINHO, Breno A. T. D. de; BRITO, Fausto. A urbanização da população brasileira: uma análise segundo o tamanho dos municípios. **Anais do XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais,** [*S. l.*], 2014. Disponível em: http://www.abep.org.br/xxencontro/files/paper/990-687.pdf. Acesso em: 27 fev. 2019.

PORTO. Fabrício. Soares. **Considerações a cerca da presença de veículos automotores na faixa de praia ao largo do Balneário Cassino/RS, do processo de gestão e de sua distribuição espaço temporal.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. 73 p;

RAMIRES, Paula. Florêncio. **Dimensão Humana da Qualidade Ambiental: Balneário Cassino, Rio Grande-RS.** 137 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Universidade Federal do Rio Grande, 2011

RAMOS, Alexandre Costa. O crescimento populacional no litoral norte do Rio Grande do Sul e o desenvolvimento regional: território e enfoque convencional. **Revista Gestão Premium,** v. 5, n. 1, p. 124-142, 2017.

SANTOS, José Yure Gomes dos; MAIA, Doralice Sátyro. O uso do Google Earth para o estudo da morfologia urbana da cidade de João Pessoa – PB. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEOGRAFOS, 2010, Porto Alegre - RS. **Anais XVI XVI Encontro Nacional dos Geografos** [...]. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: http://www.agb.org.br/xvieng/anais/index.html. Acesso em: 4 jun. 2019.

SALVATORI, E.; et.al. Crescimento horizontal da cidade do Rio Grande. **In: Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989. V. 51 n.1p. 27-71.

VIEIRA, H.; CALLIARI, L. J.; OLIVEIRA, G.P.D. 2004. O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros Físicos: um estudo de caso. **Engevista,** v. 6, n. 3, p. 54-63.

Capítulo 8

Identificação dos impactos ambientais e quantificação das formas de uso e ocupação do solo da área de proteção ambiental do estuário do rio Pacoti, Ceará, Brasil

IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E QUANTIFICAÇÃO DAS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ, BRASIL

Leonardo Holanda Lima[1], Márcia Thelma Rios Donato Marino[2], Matheus Cordeiro Façanha[3], Laldiane de Souza Pinheiro[4] Ana Beatriz Sales Teixeira[5], Adelma Maria Rosal Batista[6] & Vanessa Oliveira Liberato[7]

[1] Universidade de Fortaleza, Centro de Ciências Tecnológicas, Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz – Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.811-905, leonardoholanda@edu.unifor.br, matheuscordeiro@edu.unifor.br, beatrizteixeira@edu.unifor.br, vanessaliberato@edu.unifor.br.

[2] Universidade de Fortaleza, Centro de Ciências Tecnológicas, Doutora em geologia, docente do curso em Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil, Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz – Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.811-905, marino@unifor.br

[3] Universidade de Fortaleza, Centro de Ciências Tecnológicas, Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, docente do curso em Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil, Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz – Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.811-905, laldiane@unifor.br

[4] Engenheira Ambiental e Sanitarista, Av. Washington Soares, 1321 – Edson Queiroz – Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.811-905, adelma.rosal@gmail.com.

RESUMO

As zonas costeiras são territórios altamente dinâmicos, bem como, apresentam uma gama diversidade de espécies da biota marinhas, terrestres e aéreas que funcionam como fonte de alimentos, moradia e reprodução. Nessa perspectiva, o rio Pacoti, localizado no estado do Ceará, Brasil, possui uma Área de Proteção Ambiental (APA) em sua desembocadura, decretada como uma Unidade de Conservação - UC de categoria Uso Sustentável, situada na divisa dos municípios de Fortaleza e Aquiraz, abrangendo 2.914,93ha, e que tem o objetivo de proteger e reestruturar o ecossistema manguezal local. Apesar de sua grande influência ecossistêmica, o manguezal vem sofrendo uma degradabilidade antrópica. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos nesse trabalho foram: revisão bibliográfica e o método cartográfico denominado sobreposição de cartas, utilizando-se interpretação de imagens espaciais por meio de Sistema de Informação Geográfica - SIG. Neste trabalho foram analisados vários aspetos que caracterizam a zona em estudo (vias, faixa de praia, vegetação, quadras, dunas, oceano, banco de areia e Área de Preservação Permanente). Subsequente, à luz da Lei nº 12.651/2012, foi realizado o distanciamento que a legislação obriga perante aos cursos d'água natural: perene e intermitente. A partir dos dados coletados foi possível quantificar os tipos de uso e ocupação dentro da Área de Preservação Permanente - APP do rio Pacoti. A APP possui 1.312.189,79m², dos quais, 928.284,30m² (70,74%) de vegetação; 1.016,26m² (0,08%) de vias/estradas; 217.960,64m²

(16,61%) de dunas móveis e fixas, e 162.963,63m² (12,42%) de ocupação urbana. Grande parcela dos 162.963,63m² é referente ao Clube da Colônia de Férias dos Empregados da Coelce - COFECO, fundada no ano de 1976. Apesar das legislações ambientais serem bastante rigorosas, muitos pescadores da comunidade utilizam armadilhas para caça de animais terrestres e marinhos ilegalmente, proporcionando uma redução da biodiversidade. Fatores relacionados ao corpo hídrico preocupam os moradores e turistas. A deposição de resíduos sólidos inadequada e a falta de saneamento dos bairros vêm proporcionando a má qualidade da água no estuário, e, o mais importante, prejudicando de diversas formas a biodiversidade local. Diante dos dados apresentados, foi possível constatar que os impactos antrópicos estão ocasionando efeitos adversos ao ambiente estuarino do rio Pacoti. É fundamental que haja uma ampla fiscalização ambiental nas proximidades da área de proteção, com a finalidade de inibir danos ao meio ambiente, bem como, realizar investigações ambientais baseadas em ações preventivas e repressivas. Uma prática fundamental para a reestabilização local é a compensação ambiental da COFECO, a fim de contrabalancear os danos causados por sua implantação. Adotar práticas de educação ambiental é uma forma de construir, em conjunto com a população e os turistas, valores sociais, conhecimentos, habilidades, ações e competências voltados para a conservação do meio ambiente, fundamentada a uma maior qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Palavras-chave: Zona costeira. Mangue. Rio Pacoti. Área de proteção ambiental.

IDENTIFICATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS AND QAUNTIFICATION OF THE FORMS OF USE AND OCCUPATION OF THE SOIL OF THE ÁREA OF ENVIRONMENTAL PROTECTION OF THE PACOTI RIVER ESTUARY, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Coastal areas are highly dynamic territories, as well as, they present a wide range of marine, terrestrial and aerial biota species that function as a source of food, housing and reproduction. From this perspective, the Pacoti River, located in the state of Ceará, Brazil, has an Environmental Protection Area (APA) at its mouth, decreed as a Conservation Unit - UC of Sustainable Use category, located on the border of the municipalities of Fortaleza and Aquiraz , covering 2,914.93ha, and whose objective is to protect and restructure the local mangrove ecosystem. Despite its great ecosystemic influence, the mangrove has undergone anthropogenic degradability. The methodological procedures developed in this work were: bibliographic review and the mapping method called card overlay, using spatial image interpretation through Geographic Information System - GIS. In this work we analyzed several aspects that characterize the area under study (pathways, beach strip, vegetation, blocks, dunes, ocean, sand bank and Permanent Preservation Area). Subsequent, in light of Law no. 12.651 / 2012, the legislation was obliged to distance itself from the natural watercourses: perennial and intermittent. From the data collected, it was possible to quantify the types of use and occupation within the Permanent Preservation Area (PPA) of the Pacoti River. APP has 1,312,189.79sqm, of which, 928,284.30sqm (70.74%) of vegetation; 1,016.26m² (0.08%) of roads / highways; 217,960.64m² (16.61%) of mobile and fixed dunes, and 162,963.63m² (12.42%) of urban occupation. A large part of the 162,963.63 m² refers to the Coelce Employees Holiday Colony Club - COFECO, founded in 1976. Although environmental legislation is quite strict, many fishermen in the community use traps for hunting land and sea animals illegally, reducing biodiversity. Factors related to the

water body concern the residents and tourists. Inadequate solid waste disposal and lack of sanitation in the neighborhoods have led to poor water quality in the estuary, and most importantly, damaging local biodiversity in various ways. Based on the presented data, it was possible to verify that the anthropic impacts are causing adverse effects to the estuarine environment of the Pacoti river.

It is essential that there is a broad environmental inspection in the vicinity of the protection area, with the purpose of inhibiting damages to the environment, as well as carrying out environmental investigations based on preventive and repressive actions. A key practice for local re-stabilization is COFECO's environmental compensation in order to offset the damages caused by its implementation. Adopting environmental education practices is a way to build, together with the population and tourists, social values, knowledge, skills, actions and competences aimed at the conservation of the environment, based on a higher quality of life and its sustainability.

Key-words: Coast Zone. Mangrove. Pacoti river. Environmental Protect Area.

INTRODUÇÃO

Diante dos descasos atuais, o antropocentrismo vem gerando diversos efeitos agressivos e insustentáveis para a degradação do meio ambiente. Ao longo das décadas, o desenvolvimento humano vem crescendo e encontrando novas formas de utilizar os recursos naturais, porém, o meio ambiente não está conseguindo acompanhar os processos de produção desenvolvidos com a revolução industrial/tecnológica.

Dentre os territórios mais disputados, está a zona costeira, território que possui a interrelação entre o continente e o oceano. A Lei 7.661/1988 define como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano” (BRASIL, 1988).

As zonas costeiras são territórios altamente dinâmicos, apresentam uma grande diversidade de espécies da biota marinhas, terrestres e aéreas que prestam serviços ecossistêmicos para vários seres vivos, como, fonte de alimento, moradia e reprodução. Dos 26 estados brasileiros, 17 situam-se em zonas de costa, e 13 capitais em seus litorais. As ocupações desordenadas e industriais se fixaram em áreas de dunas, praias, estuários e tabuleiros pré-litorâneos.

O Brasil vem caminhando para a proteção ambiental das zonas costeiras. Em 1980, a partir de um decreto presidencial, foi criado a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNMR), um ano depois a Lei n° 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) foi inserida na legislação e, a partir dela, o ramo ambiental brasileiro começou a se expandir para as áreas específicas, dentre elas, em 1988 foi definido o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Ao longo dos anos, novos decretos, leis e resoluções vem contribuindo para a proteção e conservação dos recursos naturais.

O estuário do rio Pacoti, localizado entre os municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz, no estado do Ceará, vem sofrendo com o intenso desordenamento urbano, proporcionando agravantes ambientais e sociais. O estuário está em uma zona urbana de grande trâmite de turistas e moradores de Fortaleza, pois apresenta uma boa área de lazer. Grandes empreendimentos como casas de veraneios, *resorts* de luxo, condomínios e um parque aquático de grande proporção foram se fixando na região, pois é um local na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF.

O empreendimento Beach Park, localizado na área de influência do estuário do Pacoti, demonstra que a urbanização turística, embora ocorra nas proximidades de um centro urbano como Fortaleza, capaz de viabilizar os fluxos turísticos metropolitanos

e estar inserido em uma paisagem favorável ao desenvolvimento do turismo de sol e mar, pode ser induzida em consonância com as especificidades do lugar ou mesmo independente dele (DIÓGENES & PAIVA, 2017, p.05)

A nascente do rio Pacoti fica na vertente-oriental da Serra de Baturité, percorrendo aproximadamente 150Km até chegar ao Oceano Atlântico, e a foz apresenta cerca de 158ha de área de manguezal ao longo de sua interferência de maré (SEMACE, 2010). Próximas à região estuarina as dunas contribuem para a hidrodinâmica sedimentar do leito do estuário, por meio das trocas de sedimentos, bem como, apresentam áreas de transição como os tabuleiros pré-litorâneos.

O objetivo principal deste trabalho é quantificar e identificar as diversas formas de ocupação urbana inseridas na Área de Preservação Permanente – APP do estuário do rio Pacoti.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desenvolvidos neste trabalho foram realizados inicialmente por revisão bibliográfica (artigos científicos, revistas da área da pesquisa, sítios eletrônicos, relatórios técnicos

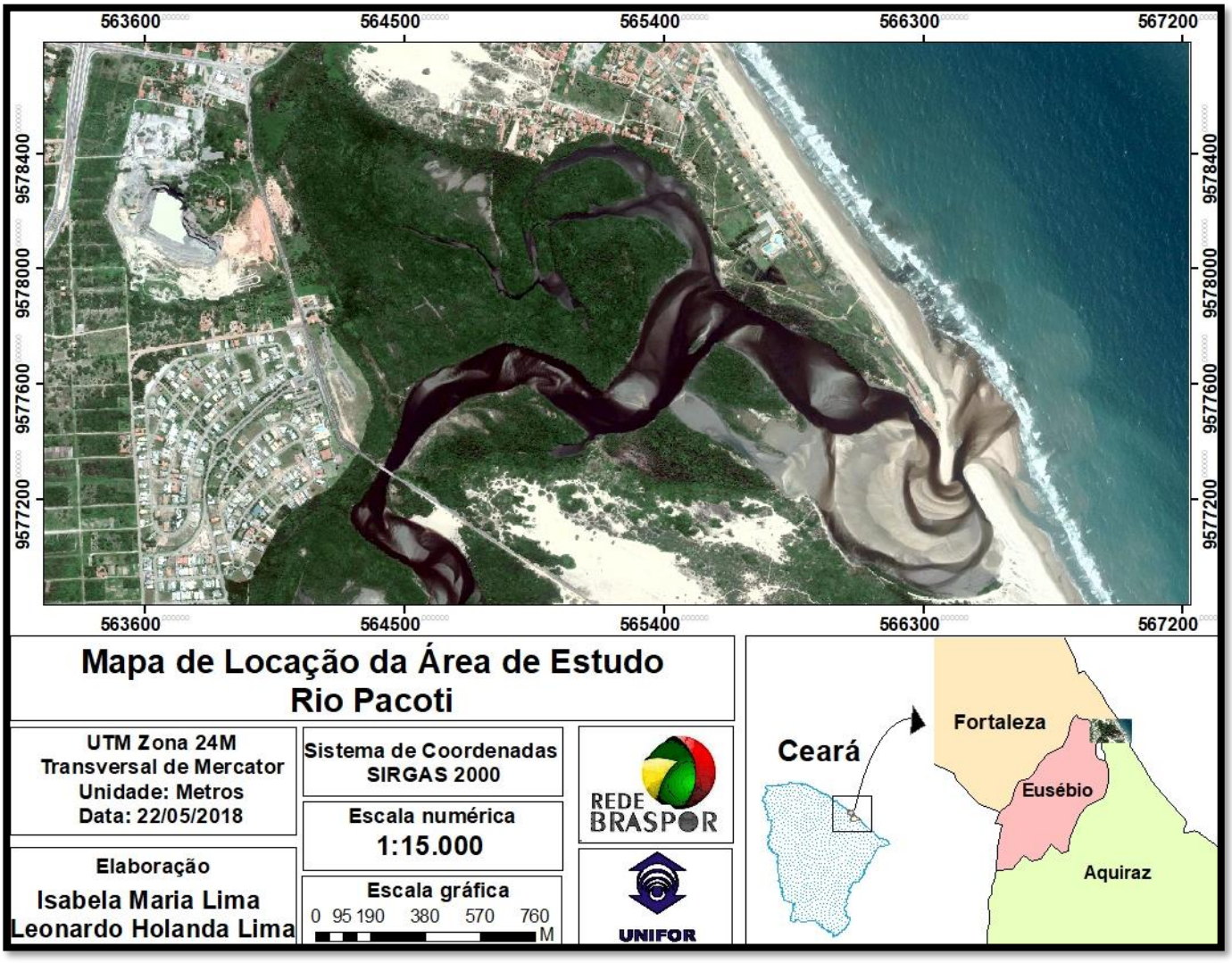


Figura 10 - Mapa de localização da área de estudo.

e matérias de jornais) buscando obter informações e dados gerais sobre a temática da pesquisa.

Em segundo instante, foi recorrido a um Sistema de Informação Geográfica, em que foi utilizado como principal procedimento metodológico. Essa técnica de aplicação nas áreas de geotecnologias pode ser utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento e tem como principal objetivo possibilitar a interpretação de imagens espaciais (sensores remotos) por meio de SIG. Neste estudo, os mapas foram confeccionados utilizando-se o *Software ArcGIS 10.4*, credenciado pelo laboratório de informática da Universidade de Fortaleza – UNIFOR.

Incialmente foi delimitada a região de estudo, inserindo áreas importantes para discussão dos impactos locais. Nessa perspectiva, a desembocadura do estuário é a principal área do estudo, com isso, as outras delimitações foram baseadas nos fatores que se inserem como relevantes. Na parte Norte, delimitou-se pelas dunas e a pequena comunidade próxima à

desembocadura. Ao Oeste, foi abordada para mostrar a urbanização e as diferentes atividades inseridas próxima ao rio Pacoti. A área Sul foi demarcada pela ponte da CE-025 e dunas próximas e, por fim, a parte área Leste delimita o encontro continente-oceano (Atlântico).

Em seguida, extraiu-se uma imagem de satélite da área de estudo do *Google Earth Pro*, datada de janeiro de 2018. Subsequente, essa imagem foi devidamente georreferenciada no *datum* SIRGAS 2000 (Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas) e o sistema de coordenadas definido foi UTM (Universal Transversa de Mercator) Zona 24M, trabalhando com unidade espacial em metros, com escala fixada de 1/10.000. O georreferenciamento teve um erro de 1,45 centímetros. Após o georreferenciamento, a imagem foi vetorizada e criado um banco de dados para as feições identificadas na imagem (vias, faixa de praia, vegetação, quadras, dunas, oceano, banco de areia e Área de Preservação Permanente do rio Pacoti).

Dentro da classificação do banco de dados das feições vetorizadas, foi realizada uma divisão das especificações de cada uma. Para as vias foram selecionadas 5 classificações: rua, rodovia, avenida, travessa e estrada. As dunas foram classificadas como móveis e fixas e, para o tipo de ocupação do solo foram considerados: solo exposto, lotes de terrenos abertos, residencial, comercial, mista e pedreira. Após a vetorização, e de acordo com a Lei nº 12.651/2012, fonte para a delimitação da APP (Área de Preservação Permanente) do estuário do rio Pacoti, foi realizado o distanciamento (em metros) que a legislação determina perante os cursos d'água natural: perene e intermitente (Tabela 1).

Largura do rio	Espaçamento
Menos de 10 metros	30 metros
10 a 50 metros	50 metros
50 a 20 metros	100 metros
200 a 600 metros	200 metros
Superior a 600 metros	500 metros

Tabela 1 – Delimitação das áreas de preservação permanente. (Fonte: Brasil, 2012).

Por fim, com os dados extraídos do programa ArcGIS foi possível quantificar as áreas inseridas na APP, bem como, revelou a situação atual da área em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estuário do rio Pacoti vem sofrendo grandes pressões antrópicas ao longo dos anos, sendo marcadas, principalmente, pelo desordenamento territorial. As indústrias de salinas desativadas deram espaço para as atividades antrópicas em áreas já antes desmatadas, como a urbanização, o que fez com que

não houvesse um planejamento urbano adequado e, juntamente com a falta de recursos, as comunidades ribeirinhas avançaram sem um devido controle e cuidados das entidades competentes.

A Colônia de Férias da COELCE (Companhia Energética do Ceará) foi instalada na década de 70 e localizada próxima à desembocadura do estuário. Essa área traz alguns atrativos turísticos, principalmente atividades recreacionais e, por isso, possuem casas de veraneio, comércios, quadras esportivas, parques aquáticos e infantis, entre outros.

O estuário foi ocupado ao longo de seu percurso em ambas as margens. Na margem esquerda, tem-se a praia da Cofeco, casas de veraneio e barracas de praia. Na margem direita, localiza-se o Porto das Dunas, área conhecida pelas casas, condomínios e hotéis de luxo e o complexo turístico *Beach Park,* localizados na zona intermunicipal de Fortaleza. Para a interligação das duas margens, foi construída uma ponte na Avenida Caminho do Sol, melhorando a acessibilidade e facilitando o transporte do percurso entre Fortaleza e Aquiraz.

Por se tratar de uma área com grande relevância aos ecossistemas costeiros, foi criada uma Área de Proteção Ambiental – APA, caracterizada por ser uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, pelo Decreto n° 25.778, de 15 de fevereiro de 2000 (SEMACE, 2010).

A APA abrange uma área de 2.914,93ha, inserida nos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz (CEARÁ, 2010). O principal objetivo do decreto é "preservar a foz do Rio Pacoti e áreas verdes componentes do seu ecossistema na porção leste da Região Metropolitana de Fortaleza, dada a crescente ocupação" (CEARÁ, 2000).

Estudos realizados por Barbosa et al. (2016) revelam que após a criação da APA em 2000, houve um crescimento gradual da vegetação de mangue, devido a desativação de algumas salinas, porém, a ausência de um ordenamento adequado da ocupação do solo nas adjacências do estuário, acarreta outros riscos ao rio Pacoti. Apesar da proteção legislativa vigente, o poder econômico dos grandes empresários consegue sobrepor a legislação e dar rumos controversos às leis ambientais, como é o exemplo do condomínio de luxo do *Alphaville* e outros localizados no Porto das Dunas.

Os principais problemas existentes na APA são decorrentes da ação antrópica, ocasionados pela especulação imobiliária, com a construção de casas de veraneio, condomínios fechados e empreendimentos hoteleiros, disposição de resíduos sólidos nas margens do manancial, ocupação por residências na área de preservação permanente do rio e tráfego de veículos sobre as dunas (SEMACE, 2010).

Todavia, as residências e comércios próximos ao rio, não possuem rede de saneamento básico. A maioria apresenta fossas sépticas como forma de "tratamento" do esgoto doméstico e industrial, por isso, empresas privadas prestam serviço na área de coleta de esgoto, mas, nem todos da região têm investimento para essa atividade privada. Consequentemente, a parte mais desfavorecida da população acaba lançando seus efluentes domésticos de forma inadequada no solo ou no corpo hídrico.

Nessa perspectiva, a poluição hídrica e edáfica local refletem-se na qualidade ambiental dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do estuário. É necessário ter a perspectiva/visão de que a região é um grande polo da atividade turística, onde a recreação é constantemente praticada nas regiões de praia. Em épocas de grande circulação de pessoas, é notório o aumento de resíduos na área de mangue e no rio, podendo trazer consequências ambientais e riscos para os banhistas. O fluxo do rio leva os poluentes residuais

e hídricos às áreas de banho, podendo gerar enfermidades aos banhistas.

A partir dos dados coletados e analisados, foi possível determinar a quantidade e porcentagem de áreas ocupadas na Área de Preservação Permanente do rio Pacoti (figura 2).

O total do território da APP foi de 1.312.189,79m², dos quais, 928.284,30m² (70,74%) de vegetação; 1.016,26m² (0,08%) de vias/estradas; 217.960,64m² (16,61%) de dunas móveis e fixas, e 162.963,63m² (12,42%) de ocupação urbana (Tabela 2). Apesar da ocupação urbana apresentar um valor consideravelmente baixo, essa área delimitada pela legislação não deveria ser ocupada por nenhum tipo de influência antrópica, construção ou atividade.

As dunas também foram quantificadas e classificadas, pois possuem uma importância para a dinâmica sedimentar do estuário. A Figura 3 identifica as dunas móveis e fixas dentro da APA e a Tabela 3 as áreas devidamente quantificadas.

As dunas apresentam importância ecossistêmica fundamental para a remobilização de sedimentos para o estuário e para as áreas ao entorno, bem como para a vegetação do manguezal. As dunas irão proporcionar o

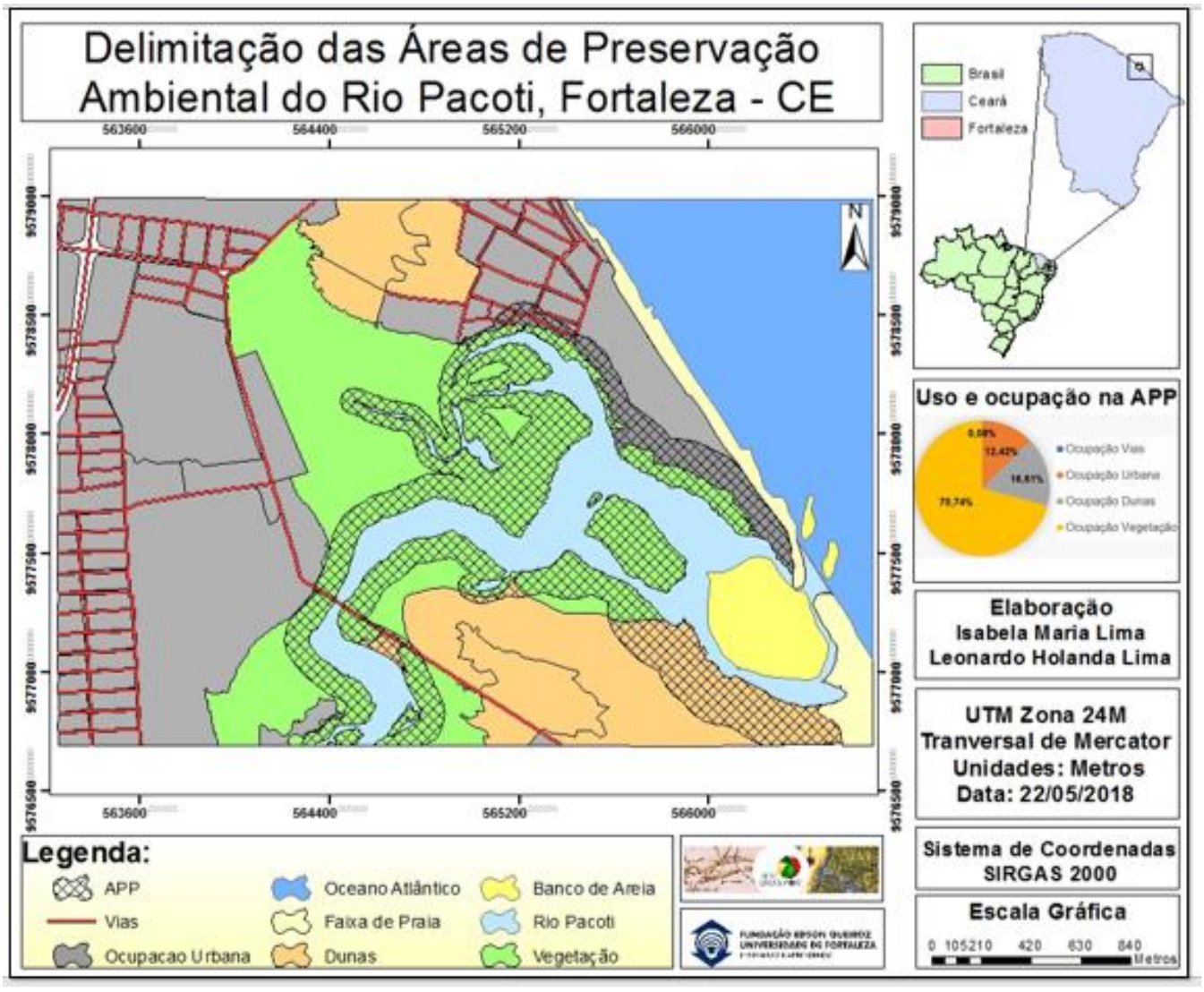


Figura 11 - Delimitação das áreas de preservação ambiental do Rio Pacoti.

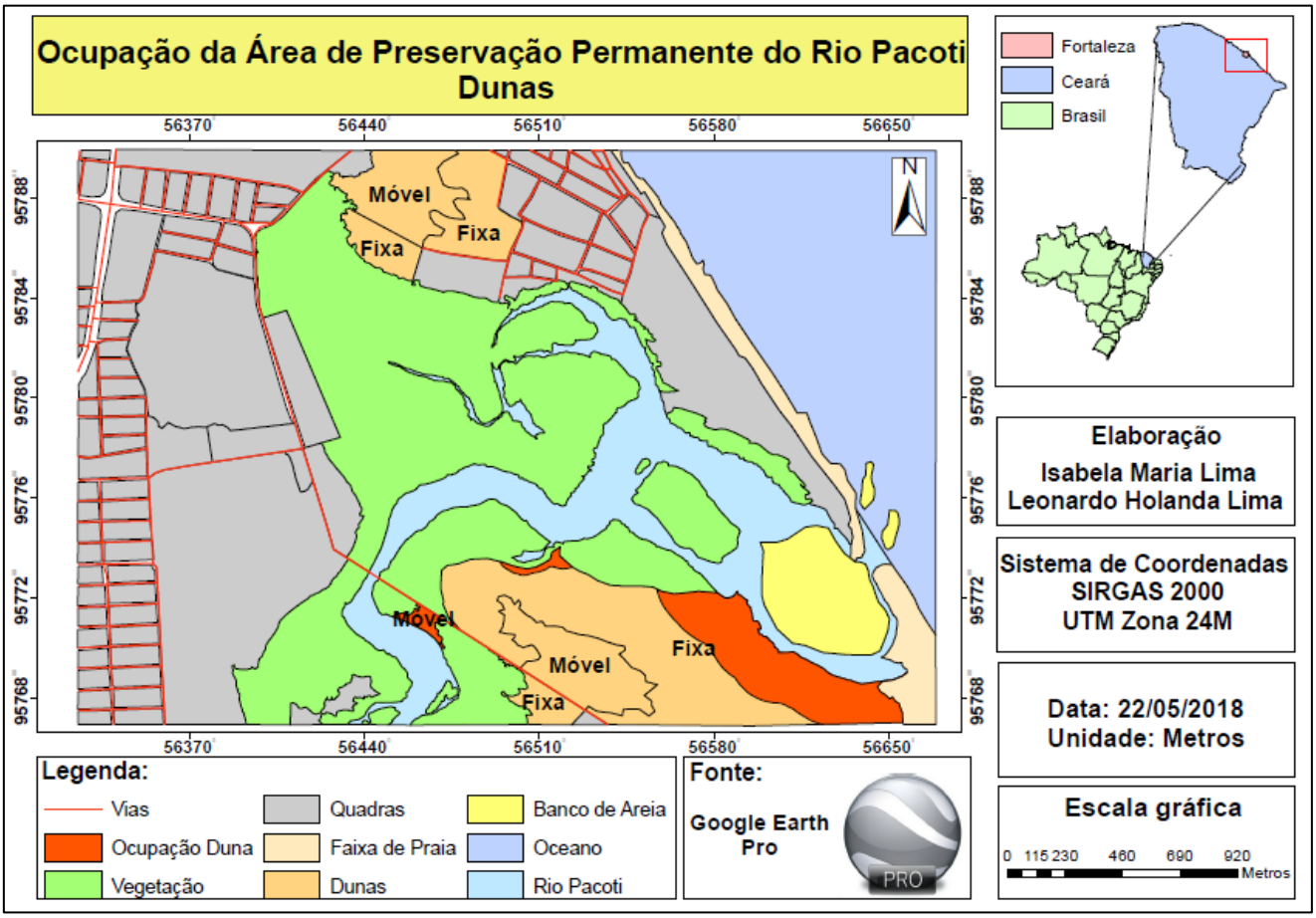


Figura 12 - Distribuição das dunas móveis e fixas.

fluxo natural de sedimentos através do transporte gravitacional e eólico. Contudo, com a construção da ponte sobre o rio Pacoti, o fluxo de carros para a praia Porto das Dunas aumentou, e o fluxo natural sedimentar, por meio da apropriação da ponte, foi alterado gradativamente, dificultando o fluxo de sedimentos para o leito do rio. Esse processo pode gerar desequilíbrio no ecossistema marinho local, principalmente na dinâmica costeira, podendo intensificar o processo erosivo, pois o rio funciona como um suprimento de areia para as praias.

Outro impacto bem intensificado na área de dunas são as construções de casas de veraneio, condomínios e hotéis de luxos sobre as dunas fixas e móveis, atividade que precisa de remobilizar grande quantidade de sedimentos naturais e realocá-los, trazendo consequências para a comunidade biológica. Com as construções também é necessário criar uma estabilidade maior no solo, alterando sua estrutura natural, principalmente por meio da compactação e impermeabilização, dificultando e barrando o transporte natural dos sedimentos.

As dunas fixas podem apresentar vegetação rasteira, constituindo um campo de dunas, ou podem ser ocupadas de modo consistente por plantas lenhosas, formando um arbustal ou uma floresta de pequeno a médio porte, situações em que a Vegetação de Dunas Fixas pode ser discriminada entre os Campos de Dunas Fixas, Arbustal de Dunas Fixas e Florestas de Dunas Fixas (MORO et al. 2015, p.727 apud BARBOSA et al., 2016, p. 10).

As quadras representam a urbanização no entorno e quantifica a atividade antrópica adicionada. Dentre as áreas urbanizadas inseridas na APP, foram quantificadas 9 quadras, das quais 3 de solo exposto, 5 residenciais e 1 comercial. A Figura 4 destaca no mapa a área ocupada irregularmente e a Tabela 4 quantifica as áreas de ocupação urbana identificadas.

A ocupação próxima ao estuário, às áreas de vegetação (manguezal) e às dunas, pode trazer consequências sérias e irreversíveis à dinâmica natural local. O desmatamento é devido principalmente ao uso e ocupação do solo. Essa atividade pode gerar o rebaixamento do lençol freático, comprometer a fonte de alimento, reprodução e moradia de espécies locais, como aves, moluscos e peixes, tal como, o corte das árvores de mangue pode levar a prejuízos à comunidade em épocas de chuvas severas, pois o escoamento superficial pluvial irá aumentar devido a diminuição da infiltração do solo, potencializando os riscos.

Quadra	Classificação	Área (m²)
1	Solo exposto	1408,289925
62	Residencial	2680,690994
63	Residencial	5362,54973
75	Solo exposto	433,130779
77	Solo exposto	3830,813059
78	Residencial	8430,504126
79	Residencial	3277,670829
81	Residencial	245,69332
86	Comercial	137294,283171

Tabela 4 – Áreas da ocupação urbana.

As quadras que apresentam residências e comércios, fora e próximos à APA, geram resíduos sólidos que podem chegar à vegetação nativa e ao caudal do rio Pacoti, gerando sérios danos à fauna e flora, pois a contaminação hídrica e edáfica é produzida por esses resíduos e, como referido anteriormente, a

área não apresenta saneamento básico, intensificando a contaminação nas redondezas.

No mês de janeiro de 2018, o clube foi autuado pela Agência de Fiscalização de Fortaleza (AGEFIS) por danos ambientais, referente à degradação do mangue por construção/alteração promovida em solo não edificável (BARBOSA, 2018).

Este é um dos exemplos que ainda está ocorrendo dentro da área da APP, construções clandestinas, uma vez que o poder aquisitivo econômico está promovendo a expansão imobiliária, invadindo áreas não edificáveis dentro do ecossistema manguezal.

As vias foram classificadas para mostrar a interligação entre as comunidades, as quais provocam impactos aos territórios ambientais. As ruas que traspassam a APP se classificam em avenida, rua, SDO (sem identificação). Apresentam-se 2 avenidas (Litorânea e Cotelse), 2 ruas (José Lúcio de Queiroz e Ângelo Gustavo) e 2 sem identificação. A Figura 5 mostra as vias que cruzam a APP e a Tabela 5 registra a extensão e classificação de cada via.

Via	Classificação	Extensão (m)
Litorânea	Avenida	0,099952
Cotelse	Avenida	8,727439
José Lúcio de Queiroz	Rua	314,023571
SDO	SDO	131,260653
ÂNGELO Gustavo	Rua	51,876721
Litorânea	Avenida	462,375579
SDO	SDO	47,892498

Tabela 5 – Extensão e classificação da ocupação urbana (vias).

As vias de acesso local se apresentam inseridas entre as quadras urbanas e, com isso, facilitam a mobilidade de veículos de passageiros e de transporte de cargas. Essa atividade promove uma acessibilidade

poluentes atmosféricos gerados pela queima de combustíveis, entre outros.

Apesar das legislações ambientais serem bastante rigorosas, muitos pescadores da comunidade utilizam

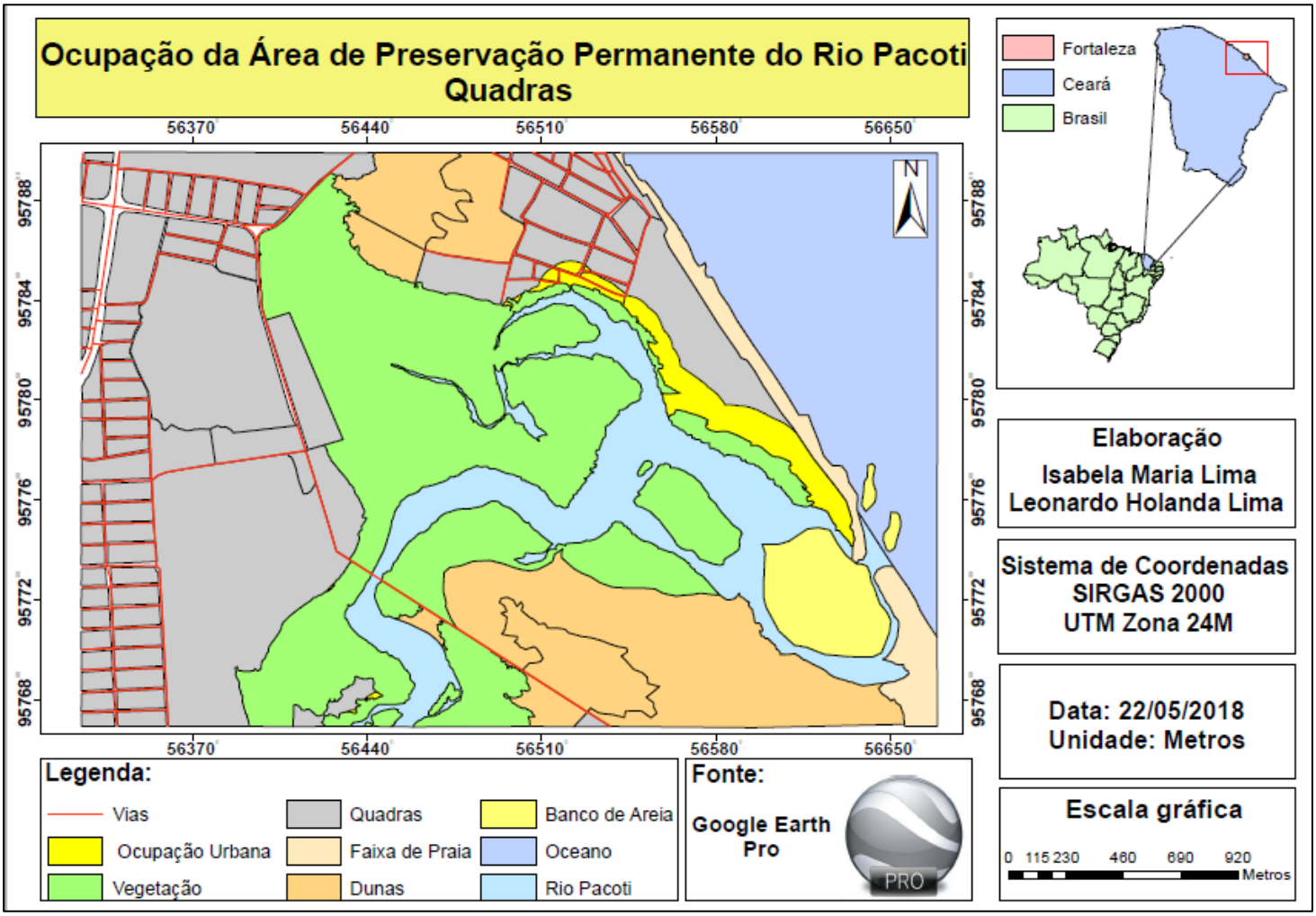


Figura 13 - Ocupação da APP do estuário pela ocupação urbana.

mais rápida às praias, principalmente à praia da COFECO, e ao Porto das Dunas. Em períodos de férias, feriados e até mesmo nos finais de semana, há um aumento no número de veículos transitando próximo

ao rio e ao estuário. Esse fluxo de carros pode trazer agravantes à qualidade ambiental, como por exemplo, os óleos dos carros podem se infiltrar no solo e percolar, o barulho de buzinas e motores estressam a fauna local, os resíduos sólidos de moradores e turistas,

armadilhas para caça de animais terrestres e marinhos ilegalmente, proporcionando uma provável redução da biodiversidade.

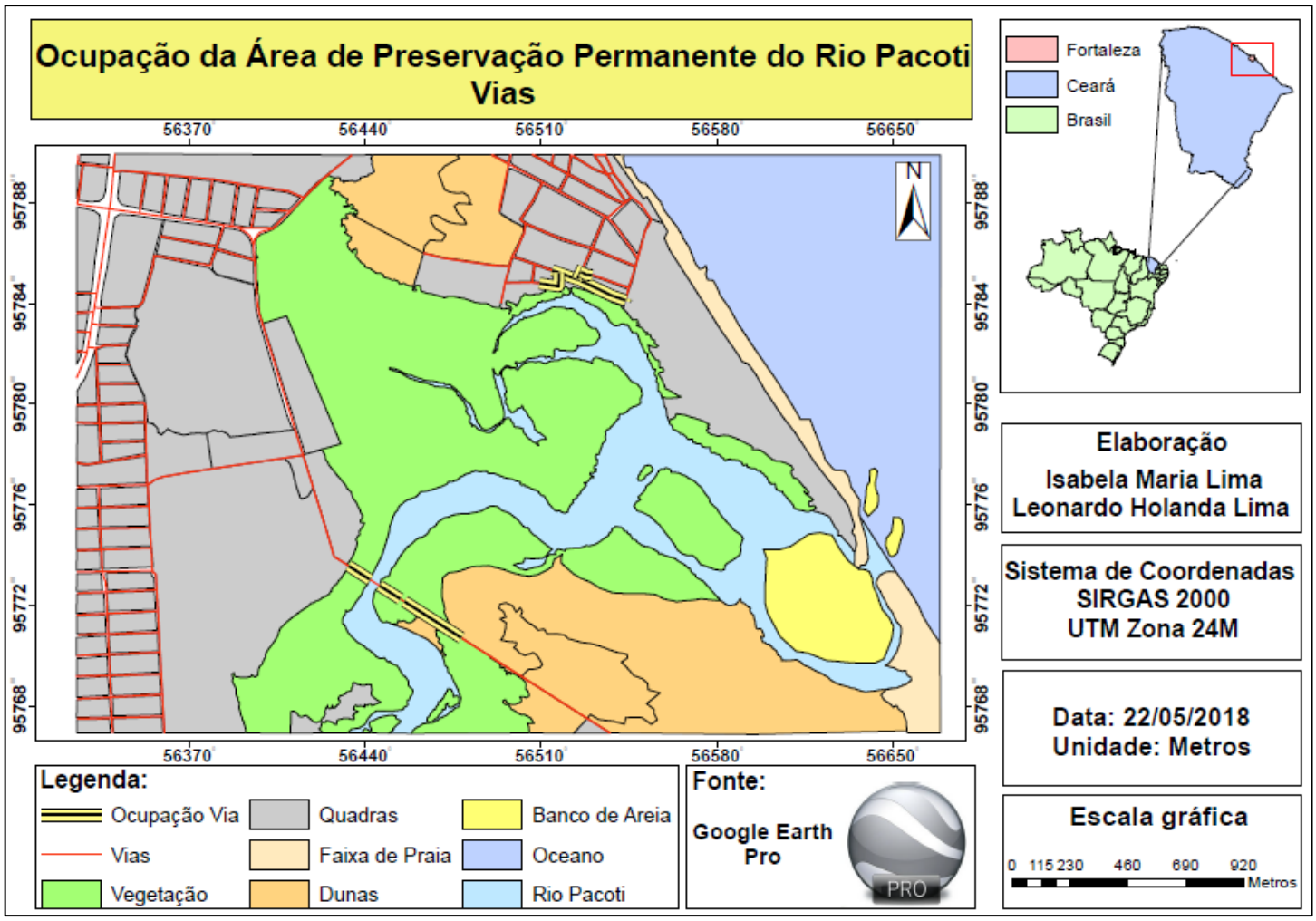


Figura 14 - Vias que cortam a APP.

As vias induzem a impactos diretamente relacionados ao uso e ocupação do solo como a impermeabilização, dificultando a infiltração da água da chuva e gerando um maior fluxo hídrico superficial, potencializando dessa forma riscos à erosão, deslizamentos, cheias e assoreamento do rio Pacoti. A Figura 6 apresenta o mapa final expondo todas

atividades que se inseriram dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) discutidas no presente trabalho.

CONCLUSÃO

Diante dos dados apresentados, foi possível constatar que os impactos antrópicos gerados estão ocasionando efeitos adversos ao ambiente estuarino do rio Pacoti. Existe um uso e ocupação por vias e urbanização dentro da área de APP, ou seja, áreas que não estão conforme a Lei n° 12.651/2012. A Unidade de Conservação do estudo pode está comprometida em virtude do desordenamento urbano, condizendo com a falta de fiscalização pelo poder público. É fundamental que haja uma ampla fiscalização ambiental nas proximidades da área de proteção, com a finalidade de inibir danos lesivos ao meio ambiente, bem como, realizar investigações ambientais baseadas em ações preventivas e repressivas. Uma prática fundamental para a reestabilização local é a compensação ambiental da COFECO, a fim de contrabalancear os danos causados por sua implantação. Adotar práticas de

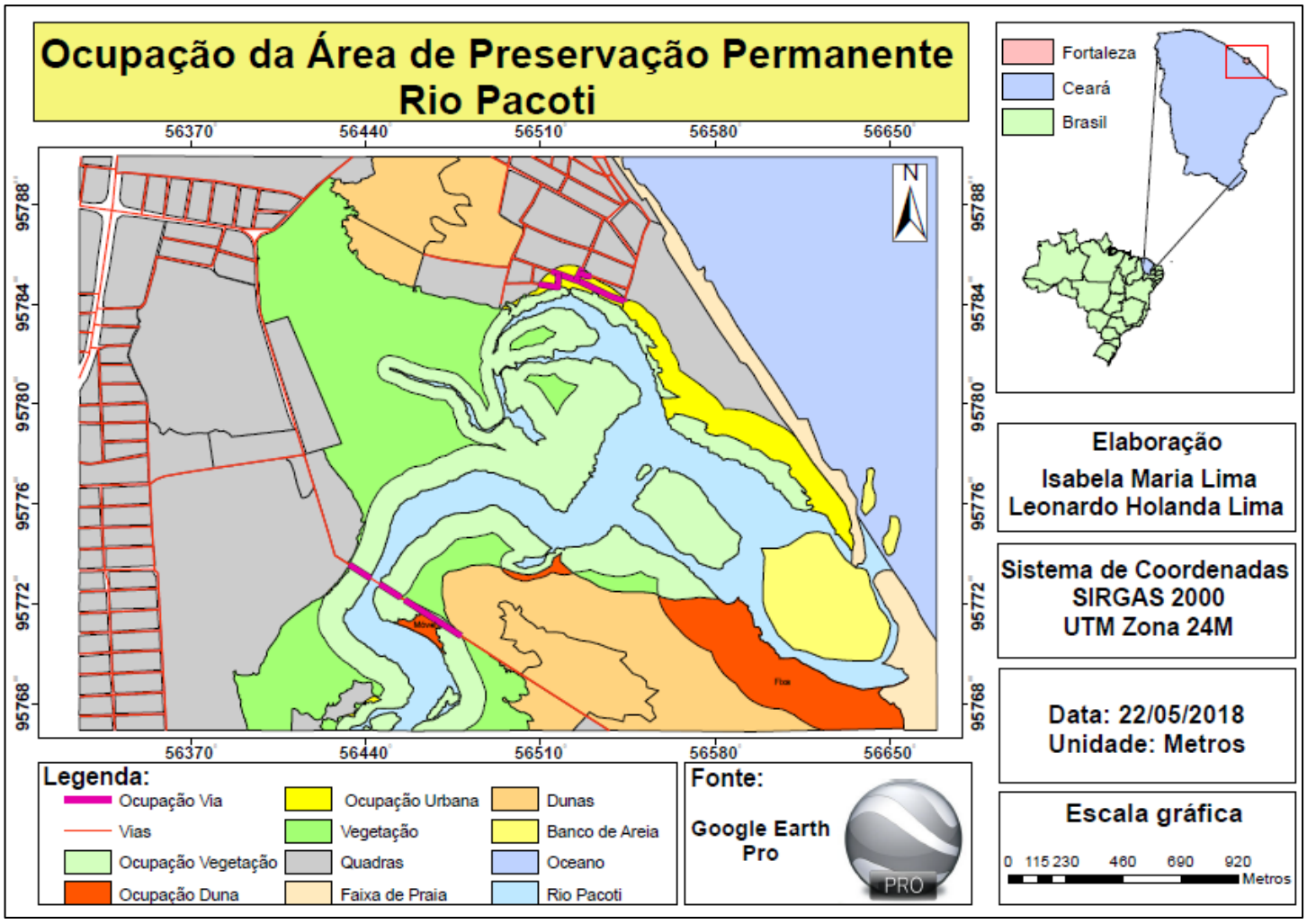


Figura 15 - Mapa final da ocupação do estuário.

educação ambiental é uma forma de construir, em conjunto com a população e os turistas, valores sociais, conhecimentos, habilidades, ações e competências voltados para a conservação do meio ambiente, fundamentada a uma maior qualidade de vida e sua sustentabilidade.

É necessário de que haja estudos voltados a qualidade hídrica e edáfica de pontos estratégicos locais, para que seja feita a comparação com a legislação vigente, contribuindo para os estudos de impactos locais de poluição na região estuarina.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade de Fortaleza – UNIFOR pelo incentivo a pesquisa e apoio aos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Larissa Neris et al. Evolução espaço-temporal da vegetação de mangue no estuário do rio Pacoti/Ceará. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 7, n. 26, p.144-159, dez. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2018.v.9.n.33. Disponível em:

<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/issue/view/166>. Acesso em: 25 maio 2018.

BARBOSA, Cid (Ed.). **Prefeitura autua Clube da Cofeco por crime ambiental**. Diário do Nordeste. Fortaleza, p. 01-01. 26 jan. 2018. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/online/prefeitura-autua-clube-da-cofeco-por-crime-ambiental-1.1885553>. Acesso em: 22 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 7661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 maio 1988. Seção 1. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1988/lei-7661-16-maio-1988-368168-norma-pl.html>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 17 de outubro de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de out. 2012. Seção 1. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12727-17-outubro-2012-774405-norma-pl.html>. Acesso em: 21 maio 20118.

CEARÁ (Estado). Decreto nº 25.778, de 15 de fevereiro de 2000. **Diário Oficial [do] Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 17 de fev. 2000.** Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-25778-2000-ce_276897.html>. Acesso em: 24 maio 2018.

DIÓGENES, Beatriz Helena Nogueira; PAIVA, Ricardo Alexandre. **"LEARNING FROM BEACH PARK": O lugar do complexo turístico imobiliário no processo de urbanização turística da Região Metropolitana de Fortaleza (Ceará).** SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIENCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ, 17., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENANPUR, 2017. p. 1-18. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_**Anais**/ST_Sessoes_Tematicas/ST%201/ST%201.1/ST%201.1-04.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos. **Recuperação de manguezais.** Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 78 p.

SEMACE (Ceará). **Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti.** 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 20 maio 2018.

Capítulo 9

O plástico nas praias da ilha de São Vicente, Brasil: da carência social ao registro sedimentar

O PLÁSTICO NAS PRAIAS DA ILHA DE SÃO VICENTE, BRASIL: DA CARÊNCIA SOCIAL AO REGISTRO SEDIMENTAR

Liliane Martins Costa[1] & Emiliano Castro de Oliveira[2]

[1] Graduação em Engenharia de Petróleo e Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Rua Doutor Carvalho de Mendonça, 144 – Encruzilhada, Santos, SP, Brasil – 11.070-100

[2] Departamento de Ciências do Mar, Instituto de Saúde e Sociedade, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Rua Doutor Carvalho de Mendonça, 144 – Encruzilhada, Santos, SP, Brasil – 11.070-100. liliane.mcosta@hotmail.com; emiliano.oliveira@unifesp.br

RESUMO

As zonas costeiras são impactadas pela ação antrópica, sendo que o número de partículas plásticas vêm aumentando consideravelmente. Este tipo de partícula se deposita nas praias, podendo passar por fragmentação, sem biodegradação, ficando milimétricos e micrométricos, dando a falsa impressão de que não estão presentes nas praias. A Baixada Santista é uma região composta por nove cidades, localizadas no estado de São Paulo, dentre estas Bertioga, São Vicente e Santos, que foram as cidades escolhidas para a realização deste trabalho, devido à sua densidade populacional junto à costa. Este trabalho teve como objetivo estudar a composição sedimentológica de praias da Baixada Santista – SP, com atenção às partículas orgânicas e plásticas, e mapear a região em busca das possíveis origens de tais partículas. Foram identificadas partículas de: minerais; bioclastos minerais; bioclastos vegetais; pellets plásticos; tampas plásticas; linhas de pesca; fibras plásticas; embalagens plásticas e não identificáveis. As principais áreas de origem das partículas plásticas se apresentam como as áreas de ocupação sem saneamento básico e a ampla área portuária. A depender da relação com o seu entorno, as proporções de um determinado tipo de partícula variam, indicando maior representatividade de um dos tipos de área fonte.

Palavras-chave: partículas plásticas, sedimentação, praia, Baixada Santista

PLASTICS ON THE BEACHES OF SAINT VICENTE ISLAND, BRAZIL: FROM SOCIAL CARE TO SEDIMENTAL REGISTRATION

ABSTRACT

Coastal areas are impacted by anthropic action, and plastic particles are increasing considerably. This type of particle is deposited in the beaches, being able to undergo fragmentation, without biodegradation, becoming millimetric and micrometric, giving the false impression that they are gone. The Baixada Santista is a region composed of nine cities, located in the state of São Paulo, among these Bertioga, São Vicente and Santos, which were the cities chosen to carry out this study, due to its population density along the coast. This study looked after the sedimentological composition of beaches of Baixada Santista - SP, with attention to plastic particles, and to map the region in search of the possible origins of such particles. Particles of: minerals were identified; mineral bioclasts; flora bioclasts; plastic pellets; plastic caps; fishing lines; plastic fibers; plastic packing and unidentifiable fragments. The main origin of the plastic particles are presented as the areas of occupation without basic sanitation and the port area. Depending on the relationship with their surroundings, the proportions of a particular type of particle vary, indicating greater representativeness of one of the types of source area.

Key-words: Plastic particles, Sedimentation, Beaches, Baixada Santista.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras recebem sedimentos de origem continental e marinha, que são transportados por rios, marés, ondas e ventos. Dentre os tipos de sedimentos depositados nas zonas costeiras, os sedimentos antrópicos, especialmente as partículas de plástico, vem aumentando em proporção (DERRAIK, 2002), quando relacionados aos sedimentos terrígenos, aloquímicos e ortoquímicos (FOLK, 1968). Além de alterar a composição dos depósitos sedimentares, a presença de sedimentos antrópicos no ambiente interfere no meio biótico, causando danos a indivíduos ou a sistemas ecológicos inteiros (DERRAIK, 2002).

O aumento da quantidade de partículas de plástico que atinge o mar e as praias, faz com que os processos de limpeza antrópica não sejam mais eficientes, uma vez que com o passar do tempo as partículas plásticas se fragmentam em pedaços menores, que não são mais coletados pelos referidos processos de limpezas (COSTA et al., 2010) e que não se degradam. Neste contexto, as praias acabam acumulando grande parte destas partículas, permitindo a incorporação ao registro sedimentar (ZALASIEWICZ, 2016).

Os materiais plásticos se tornam parte dos sedimentos praiais tanto em atividades terrestres (onshore) como em atividades em mar (offshore), sendo perdidos, manuseados de forma incorreta ou depositados deliberadamente pelas pessoas (DERRAIK, 2002). Há também a parcela que é transportada por rios, canais de maré em estuários e sistemas de drenagem municipais, permitindo que os materiais plásticos alcancem praias muitas vezes distantes da fonte destes detritos (MCDERMID & MCMULLEN, 2004).

Santos, São Vicente e Bertioga são municípios que integram a região metropolitana da Baixada Santista (Fig. 1), no estado de São Paulo, junto aos municípios de Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe e Praia Grande. A população desta região é de aproximadamente 1,8 milhões de pessoas, podendo atingir 4 milhões em períodos de festas, tais como final de ano e Carnaval, segundo estimativas das prefeituras citadas. De acordo com o trabalho "Panorama dos Resíduos Sólidos na Região Metropolitana da Baixada Santista" (AGEM & IPT, 2018), Santos e São Vicente são as cidades com maiores populações, sendo estas concentradas nas zonas costeira das cidades. Já Bertioga é um dos municípios com menor ocupação. A cidade de Cubatão, situada no interior do estuário da Baixada Santista, não possui praias, mas suas áreas ocupadas, por habitações e indústria, têm contato direto com os canais de maré e rios do estuário. A região apresenta 2 polos de alta industrialização, o polo petroquímico de Cubatão e o porto de Santos, sendo ambos os maiores polos do gênero no país (CARMO & CAM, 2009). No âmbito da gestão dos resíduos sólidos, a Baixada Santista carece de soluções de limpeza urbana que contemplem a coleta seletiva e de resíduo de serviços de saúde (AGEM & IPT, 2018). O mesmo diagnóstico mostra que o plástico representa aproximadamente 18,5 % de resíduos gerados na Baixada Santista.

O objetivo principal do presente trabalho foi analisar amostras de detritos plásticos coletadas junto a sedimentos praiais, em três praias da Ilha de São Vicente (municípios de São Vicente e Santos; Fig. 1A), comparando-as com uma praia de controle, em região ambientalmente preservada, com o menor incidência de partículas plásticas, no município de Bertioga (Fig. 1B). Já o objetivo secundário foi realizar uma análise espacial, através de uma série temporal de imagens de satélite, com a finalidade de identificar as principais fontes potenciais dos detritos plásticos encontrados na análise principal.

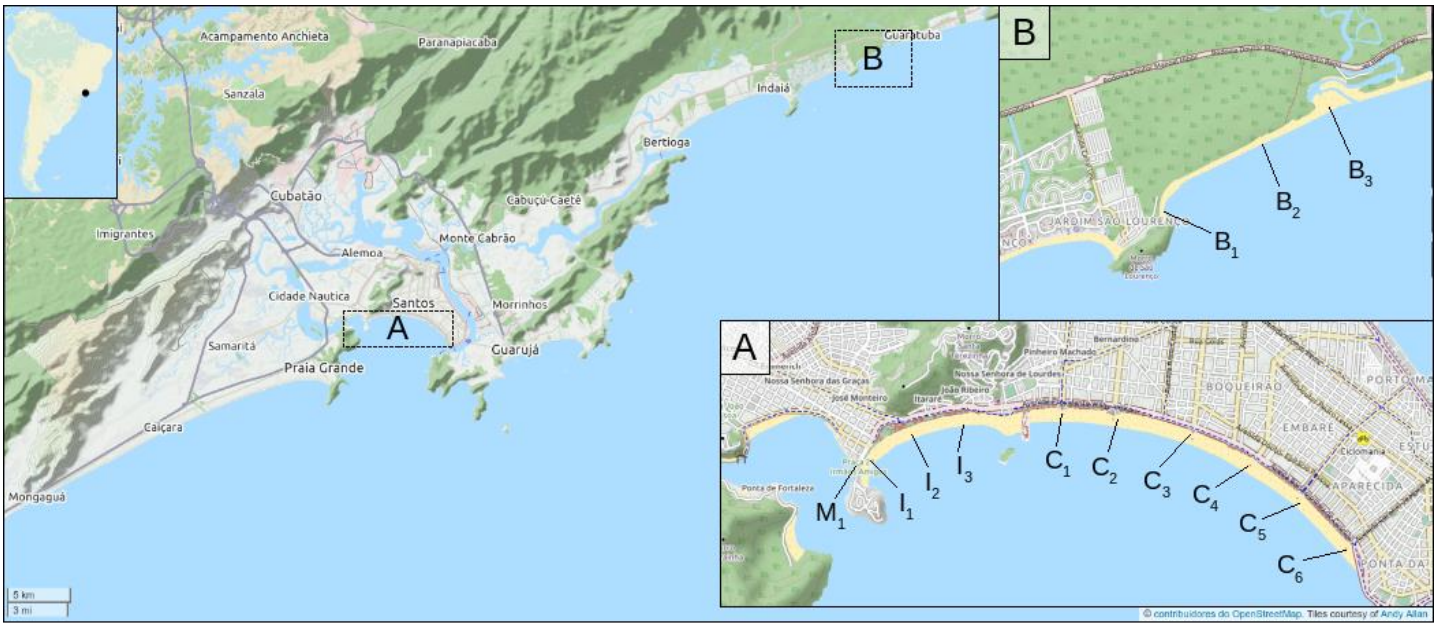


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. A – Detalhe da área de amostragem em São Vicente (M1, I1 a I3) e Santos (C1 a C6); Detalhe da área de amostragem em Bertioga (B1 a B3).

MATERIAIS E MÉTODOS

Quatro praias foram amostradas em três cidades da Baixada Santista: Itaguaré, em Bertioga, Milionários e Itararé, em São Vicente, e as praias dos Canais de 1 a 6, em Santos (Fig.1). A praia de Itaguaré foi utilizada como praia de controle, já que se encontra afastada de centros industrializados e urbanizados, estando dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, do Estado de São Paulo, estando assim susceptível a menor aporte de partículas plásticas.

Em cada praia, as amostras foram coletadas na faixa de detritos que marca a onda máxima da última maré alta, também conhecida como linha de maré cheia ou deixa, com auxilio de uma espátula, em um quadrante de 50 cm por 50 cm, com profundidade aproximada de 2 cm, a fim de preencher um saco plástico de 1 l de volume. Em seguida, foram secas em estufa a 50° C e peneiradas em 2 peneiras (1 mm e 0,5 mm).

Foi utilizada a metodologia de TERRY & CHILINGAR (1955) para uma análise qualitativa geral dos materiais amostrado, com distinção percentual das partículas plásticas e partículas de origem orgânica retidas nas peneiras e o material não retido pelas mesmas, menores que 0,5 mm.

A análise quantitativa foi feita através da contagem manual, com separação das partículas de origem orgânica (restos vegetais e bioclásticos) e partículas plásticas, com auxílio de uma lupa de bancada, Zeiss Stemi DV4. As amostras entre 0,5 e 1 mm e as amostras maiores de 1 mm, foram observadas com auxilio da lupa e foram definidos os seguintes critérios para posterior analise qualitativa e comparações das mesmas. Em seguida os resultados foram processados no software Libre Calc.

A análise de imagens de satélite se deu pela identificação, recorte e demarcação das áreas

desprovidas de urbanização e saneamento básico, na região estuarina da Baixada Santista, e das áreas que compõem o Porto de Santos, através de imagens do software Google Earth Pro.

RESULTADOS

Foram analisadas treze amostras, coletadas nas quatro cidades, resultando num total de 4954 partículas retidas nas peneiras, sendo 320 partículas plásticas e 4634 partículas de origem orgânica (Fig. 2 e 3).

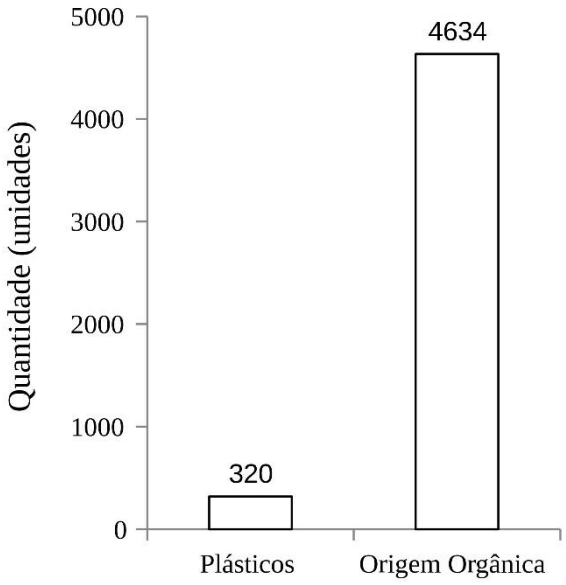


Figura 2: Gráfico da contribuição percentual de tipos de partículas em cada ponto amostral, separadas por tipo e faixa granulométrica.

As partículas plásticas são compostas por pellets; eppendorfs; tampas variadas; linhas de pesca; embalagens; fibras e não identificáveis (Fig. 4 A a D). Já as partículas de origem orgânica são compostas por fragmentos bioclásticos minerais, como fragmentos conchas e equinodermos, e vegetais, tais como talos, folhas e sementes (Fig. 4 E e F). Os componentes minerais terrígenos foram incluídos na análise quantitativa apenas, não sendo analisados qualitativamente. Os fragmentos de bioclastos minerais que ficaram retidos nas peneiras, foram contabilizados como partículas de origem orgânica (Fig. 3).

A análise das imagens de satélite permitiu a identificação das áreas de potencial origem das partículas plásticas (Fig. 5), representadas por áreas de moradia sem urbanização e sem saneamento básico e áreas portuárias. Esta análise permitiu ainda a utilização do recurso de série histórica do software Google Earth Pro, gerando 3 pares de imagens comparativas, tomadas em 2009 e 2018, das potenciais áreas fonte das partículas plásticas citadas acima (Fig.6 A a F).

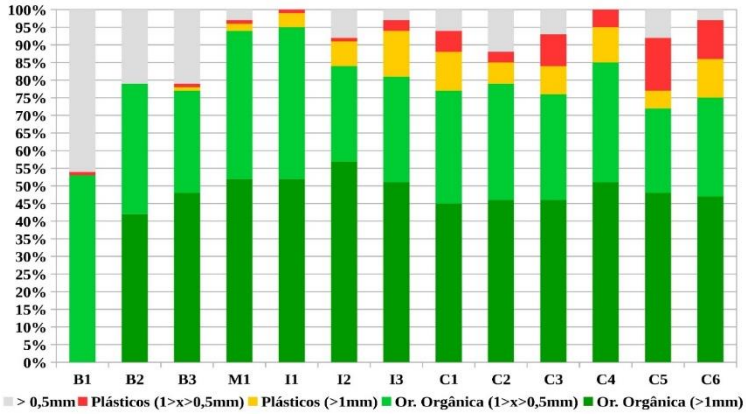


Figura 3: Gráfico da quantidade de partículas amostradas, separadas em plásticos e de origem orgânica.



Figura 4: A – Fotografia em lupa da amostra C_6, ressaltando a presença de pellets plásticos em meio a matéria orgânica vegetal; B – Fotografia da amostra I_6, ressaltando presença de tampa, fibras e embalagens plásticas em meio a matéria orgânica vegetal; C – Fotografia da amostra C_4, ressaltando a presença de pellets plásticos em meio a matéria orgânica vegetal; D - Fotografia em lupa da

amostra C2, ressaltando a presença de linha de pesca e fibras plásticas; E – Fotografia da amostra C4, ressaltando matéria orgânica vegetal, bioclástos e eppendorf; F – Fotografia da amostra C5, ressaltando a presença de bioclastos e pellets.



Figura 5: Imagem de satélite da Ilha de São Vicente e arredores com marcação de áreas de moradias sem saneamento básico (amarelo) e áreas portuárias (laranja).

Os números de 1 a 3 correspondem a localização das áreas analisadas na Figura 6.

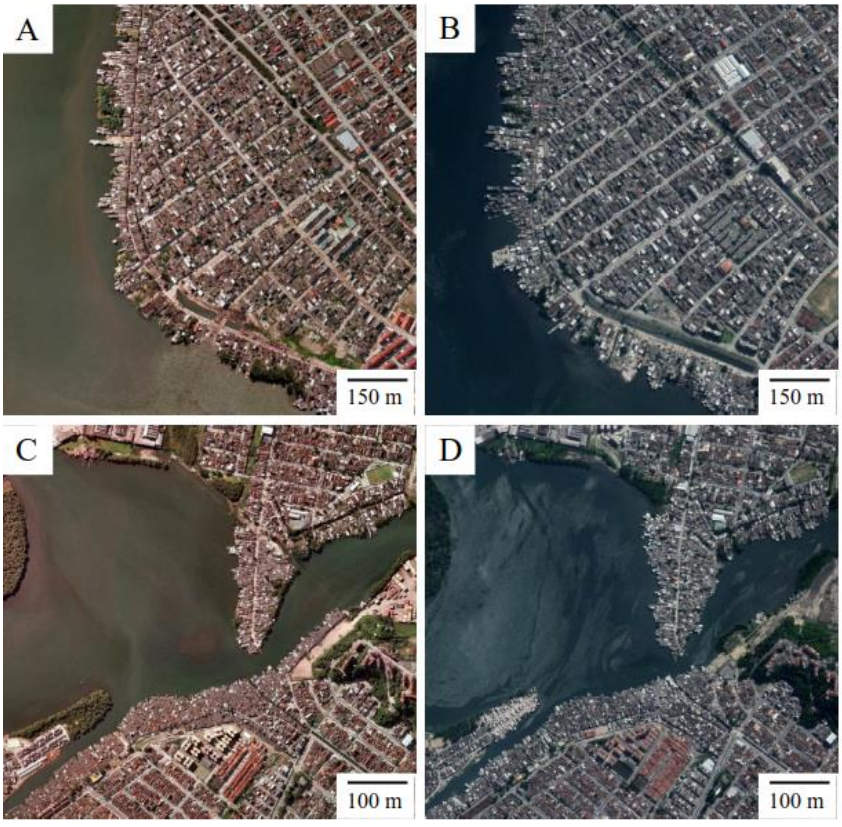




Figura 6: A – Imagem de satélite da Vila Margarida, São Vicente, em 2009; B - Imagem de satélite da Vila Margarida, São Vicente, em 2018; C - Imagem de satélite da Vila São Manoel e parte da Zona Noroeste, Santos, em 2009; D - Imagem de satélite da Vila São Manoel e parte da Zona Noroeste, Santos, em 2018; E - Imagem de satélite da Ilha Barnabé, Santos, em 2009; F - Imagem de satélite da Ilha Barnabé, Santos, em 2018.

DISCUSSÃO

As praias analisadas apresentam tendências dissipativas, de plano pouco inclinado, concordante com o esperado para praias em ambiente estuarino, similar ao observado por FREIRE et al. (2006). Já as características dos minerais terrígenos encontrados permitem associação à dinâmica costeira, ou seja, a interação entre os processos meteorológicos e oceanográficos atuantes naquela região, em contexto similar ao descrito por OLIVEIRA et al. (2007) no litoral de Santa Catarina, que favorecem o transporte e deposição de grãos de areia fina e muito fina, bem selecionados, com arredondamento variável, concordante com a classificação regional proposta por SOUZA (2012). Devido à granulometria fina, estes grãos não foram amostrados nas peneiras utilizadas, sendo incluídos na porcentagem total de partículas menores que 0,5 mm (Fig. 3).

Os bioclastos minerais tem origem intrabacinal, podendo ser gerados próximo às praias analisadas, como é o caso dos partículas de equinodermos, bivalves e gastrópodes (Fig. 4E e 4F), ou então podem ter sido trazidos para as praias por aumento na energia de ondas resultante de eventos climáticos ocorridos no local (GEROTTO et al., 2014; Fig. 4D). Os bioclastos vegetais compõem a maior parte das partículas de origem orgânica amostradas, sendo compostos por talos, galhos, raízes, folhas e sementes (Fig. 4B, 4C, 4D e 4E), sendo oriundos do mangue que cobre a planície de maré do estuário da Baixada Santista. O transporte destas partículas se dá, principalmente, pelas correntes de maré nos canais do estuário (Fig. 3), sendo depois distribuídas nas praias pelas correntes e ondas.

Aproximadamente 75% dos detritos plásticos encontrados no mar tem origem terrestre, seja pelo descarte direto ou pelo descarte e transporte por rios, canais de maré e vento (DERRAIK, 2002; SOBRAL et al., 2011; FERNANDINO et al., 2016). As características químicas e físicas dos plásticos fazem com que sua aceitação para fabricação de embalagens e artefatos seja ampla e, estas mesmas características, fazem com que a maioria dos plásticos não se biodegradem, persistindo no ambiente na forma original ou fragmentado, devido a abrasão, quebra ou fotodegradação (SOBRAL et al., 2011). Desta forma, a distribuição das partículas de plástico atinge todos os oceanos, e permitiriam a utilização destes como indicadores geológicos, compondo a proposta de um

novo período, o Antropoceno. (ZALASIEWICZ et al., 2016).

Sendo identificados em tamanhos maiores que 1 mm (Fig. 4A, 4C e 4F), os pellets foram encontrados em maior quantidade no ponto C_6, o que pode ser justificado pela proximidade ao Porto de Santos, podendo se originar a partir de perdas no manuseio, lavagem dos tanques dos navios e quando ocorre a transferência para as unidades de moldagem (DERRAIK, 2002; SOBRAL et al., 2011). As chuvas e os ventos podem transportar os pellets para os cursos de água e logo para o mar, possibilitando a dispersão destes até pontos distantes das possíveis fontes, como se observa no ponto B_1. Um tipo de partícula plástica pouco usual encontrada nas praias de Santos e São Vicente são os eppendorfs, visível na figura 4E, utilizados para a comercialização de drogas inaláveis, principalmente cocaína, que são descartados diretamente na praia. Tampas de embalagens, principalmente garrafas, foram encontradas nos pontos da praia de Itararé em São Vicente, diferentemente das embalagens plásticas, que foram identificadas em todas as praias amostradas. Ambas as partículas podem ter sido descartadas em outros locais ou na própria praia, compondo a maior parte deste lixo plástico (DERRAIK, 2002; FERNANDINO, 2012). Fragmentos de linhas de pesca e outras fibras plásticas (Fig. 4B e 4D) foram encontradas nas amostras da praia de Itararé e Santos, indicando alta atividade pesqueira nesta região e ineficiência dos sistemas de filtragem no saneamento regional, uma vez que a predominância das correntes no estuário da Baixada Santista não permite a fácil entrada de material vindo de fora da baía de Santos (FERNANDINO et al., 2016; ZALASIEWICZ et al., 2016). As partículas não identificáveis são compostas por produtos que foram muito danificados ou fragmentados, e estavam presentes em todas as amostras, incluindo as da praia de Itaguaré, indicando que a dispersão das partículas de plástico é ampla regionalmente, e que o tamanho diminuto deste tipo de partícula cria uma ilusão de que algumas praias da região estudada não possuem este tipo de contaminação (DERRAIK, 2002).

A utilização das imagens de satélite do sistema Google para a identificação das áreas fonte das partículas plásticas permitiu a delimitação de áreas de habitação carentes de saneamento básico em contato direto com o estuário, presentes nos municípios de Santos, São Vicente, Praia Grande, Cubatão e Guarujá, e as áreas de atividade portuária, presentes nos municípios de Santos e Guarujá (Fig. 5). A identificação das áreas fonte, tal como FERNANDINO et al. (2016) apresenta, demonstra que a Baixada Santista carece de saneamento básico completo e de um efetivo plano de fiscalização ambiental na sua estrutura portuária. Entre os anos 2009 e 2018, ocorreu expansão das áreas de ocupação sem saneamento e também do sistema portuário (Fig. 6), sendo que algumas áreas, tais como a Vila Margarida (Fig. 6A e 6B), a Vila São Manoel (Fig. 6C e 6D) e a Ilha do Barnabé (Fig. 6E e 6F), tiveram grande incremento de ocupação, sem que houvesse o mesmo ritmo de atuação do poder público (AGEM & IPT, 2018). Os efeitos da poluição por partículas plásticas na Baixada Santista podem ficar descaracterizados pela atuação das prefeituras de Santos e São Vicente na limpeza das praias, utilizando tratores e caminhões, em um serviço que ocorre diariamente a partir das 6:00 da manhã, mas em situações fora do controle dos serviços públicos, como na greve da prestadora de serviço de limpeza pública de São Vicente, em 2016, foi possível observar o grande volume de partículas plásticas que seria depositado nas praias do estuário (Fig. 7A a 7D).



Figura7: Fotografias do período sem limpeza da praia em São Vicente (Abril de 2016). A – Fotografia a distância da linha de deixa; B – Fotografia a média distância da linha de deixa; C – Detalhe da composição das partículas plásticas; D – Detalhe da composição dos restos vegetais em meio às partículas plásticas.

CONCLUSÕES

A depender do ambiente do entorno de uma praia, as proporções de materiais a serem identificados na linha de deixa pode variar, sendo que praias próximas a áreas urbanas tendem a ter uma maior quantidade de partículas plásticas.

As praias de Santos e São Vicente apresentam a particularidade de serem praias de um sistema estuarino, e além das partículas plásticas, recebe grande quantidade de partículas vegetais, oriundas do mangue presente na planície de maré do estuário. Mesmo com limpeza diária, estas praias apresentam grande incidência de partículas de plástico, muitas não recolhidas devido ao tamanho sub centimétrico. Em Bertioga, apesar de não haver limpeza diária, a praia encontra-se inserida em uma reserva ambiental e a urbanização mais próxima são condomínios com alto padrão de saneamento e baixa visitação.

A proximidade das praias de Santos e São Vicente do Porto de Santos faz com que a presença de pellets seja bastante representativa, sendo que estes foram identificados até mesmo em Bertioga. Do ponto

de vista da urbanização, a presença de variados tipos de partículas plásticas nestas praias indica relativa deficiência nos sistemas de saneamento das cidades da região. A ocorrência ampla de partículas plásticas oriundas de embalagens permite o questionamento da participação das empresas que as utilizam no impacto ambiental, fato raramente ressaltado. As ocorrências de eppendorfs, utilizados como embalagem para cocaína, é um indicativo do consumo deste entorpecente na região de Santos e São Vicente.

A ocupação de áreas de moradia sem saneamento básico e o Porto de Santos seguem se expandindo, de 2009 a 2018, o que acarretará aumento do número de partículas plásticas nas praias da região se não forem implementadas políticas públicas de saneamento, moradia e fiscalização ambiental mais rígida.

AGRADECIMENTOS

A UNIFESP e ao Laboratório GEOPETRO, do Departamento de Ciências do Mar do Instituto de Saúde e Sociedade da UNIFESP, por viabilizar a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEM - Agência Metropolitana da Baixada Santista; IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2008. Panorama dos Resíduos Sólidos na RMBS Baixada Santista – São Paulo, Brasil

CARMO & CAM. 2009. População e mudanças climáticas no contexto litorâneo: uma análise na Região Metropolitana da Baixada Santista. Revista VeraCidade – Ano IV - Nº 4

COSTA, MÔNICA F. et al. 2010. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beac. Environ Monit Assess 168:299–304. (doi: 10.1007/s10661-009-1113-4)

DERRAIK, JOSÉ G. B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin 44 (2002) 842–852 (2002). (Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

FERNANDINO, GERSON. 2012. Análise quali-quantativa de poluição por plástico na praia de Itaquitanduva-SP, Brasil. EM: Cadernos de Geociências, v. 9, n. 2, pp. 121-124. (Disponível em: https://portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/6546/4597)

FERNANDINO, GERSON. et al. 2016. Considerations on the effects of tidal regimes in the movement of floating litter in an estuarine environment: Case study of the estuarine system of Santos-São Vicente, Brazil. (doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.080)

FREIRE, PAULA.; TABORDA, RUI.; ANDRADE, CÉSAR. 2006. Caracterização das praias estuarinas do Tejo. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. (Disponível em: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/freire-et-al%2006.pdf)

FOLK, ROBERT L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. 190p., Austin, Texas, Hemphill's The University of Texas. (Disponível em: http://hdl.handle.net/2152/22930)

GEROTTO, AMANDA. 2014. Descrição dos bioclastos fósseis da praia de Santos, litoral de São Paulo. Em: XXVI Congresso de Iniciação Científica da UNESP

MCDERMID, KARLA J. & MCMULLEN, TRACY L. 2004. Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. Marine Pollution Bulletin, Volume 48, Issues 7–8, Pages 790-794. (Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.017)

NAZARETH, MONICK.; MARQUES, MÔNICA R.C.; LEITE, MARCIA C.A.; CASTRO, ÍTALO BRAGA. 2019. Commercial plastics claiming biodegradable status: Is this also accurate for marine

environments?. Journal of hazardous materials, v. 366, p. 714-722, 2019. (Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.052)

OLIVEIRA, U. ROCHA. et al. 2007. Aspectos granulométricos dos sedimentos siliciclásticos do sistema praia – duna frontal da folha Sombrio, sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. Geosul, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. v. 22, n. 43, p 123-146, jan./jun. (Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12661/11825)

SOBRAL, PAULA; FRIAS, JOÃO; MARTINS, JOANA. 2011. Microplásticos nos oceanos – um problema sem fim à vista. IMAR FCTUNL – Instituto do Mar, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Campus da Caparica. 2829-516 Caparica. Ecologi@ pp. 12-21. (Disponível em: https://www.speco.pt/images/Artigos_Revista_Ecologia/revistaecologia_3_art_3_3.pdf).

SOUZA, CELIA REGINA DE GOUVEIA. 2012. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume Especial 30, p. 307-371. (doi: https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0014)

TERRY, R. D., & G. V. CHILINGAR. 1955. Comparison charts for visual estimation of percentage composition. Journal of Sediment Petrology 25: 229-234; (Disponível, somente tabela em: http://funnel.sfsu.edu/courses/geol426/Handouts/Estimate%20percentages.pdf)

ZALASIEWICZ, JAN. et al. 2016. The geological cycle of plastics and their use a as stratigraphic indicator of the anthropocene. Anthropocene, v. 13, pp. 4–1. (Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002).

Capítulo 10

Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil (1913 – 2016): análise descritiva e da variabilidade

PRECIPITAÇÃO EM RIO GRANDE – RS, BRASIL (1913 – 2016): ANÁLISE DESCRITIVA E DA VARIABILIDADE

Tamires da Rosa Silva[1] & Éder Leandro Bayer Maier[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, CEP 96203-900, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. (tamires_rosa@outlook.com.br).
[2]Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Av. Itália s/n, Campus Carreiros, Pavilhão 6, sala 25E, CEP 96203-900, Rio Grande – RS, Rio Grande do Sul, Brasil.(edermaier@gmail.com).

RESUMO

A precipitação é um importante fator que contribui nos fluxos de energia e massa, visto que influência no balanço hídrico, térmico e consequentemente na dispersão da biosfera no planeta. Portanto, a investigação da variabilidade das precipitações em diferentes escalas espaço-temporal irá auxiliar no planejamento ambiental. Nesse contexto, o trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade temporal (1913 a 2016) da precipitação na cidade do Rio Grande, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil e compreender os fatores remotos que controlam a ocorrência de secas ou chuvas a cima da média. Nas análises da variabilidade temporal das precipitações foram utilizadas estatística descritiva e inferencial para mensurar as medidas de tendência central, dispersão e identificar os ciclos temporais da variabilidade da precipitação associada a fatores remotos. Os dados são totais mensais da precipitação observada entre 1913 e 2016 na estação Rio Grande. Na análise descritiva foi mensurado os totais anuais, média mensal, desvio padrão e distribuição de frequência. Além disso, foi subtraído as médias mensais das amostras, obtendo as anomalias da precipitação, as quais foram comparadas com os índices climáticos (SOI, PDO e SAM), usando a análise de dependência por regressão linear, com a TSM (grade global) e Pressão Atmosférica (grade global) a partir da mensuração dos índices de correlação. A análise espectral (*Wavetel*) foi usada para identificar os ciclos temporais da precipitação. Os resultados das análises descritivas demonstraram que a precipitação mensal em Rio Grande varia entre 0,3 mm e 551,8 mm com uma média de 102,1 mm e desvio padrão de 66,1 mm; o total anual da precipitação indicou uma variação entre 625 mm (mínimo) e 2.261,9 mm (máximo), possuindo um acúmulo anual médio de 1.226 mm; a média mensal tem uma varição entre 71,2 mm e 126,7 mm, sendo referentes aos meses de dezembro e setembro, respectivamente; a mesnsuração do desvio padrão para os três períodos, entre 1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010, identificou que o verão e outono foram as estações que apresentaram maior e menor desvio padrão, respectivamente. A variabilidade temporal da precipitação em Rio Grande ocorre nas escalas interanual e interdecenal e estão associadas ao fenômeno ENOS, PDO e SAM, sendo predominante a ocorrência de chuvas acima da média/secas concomitantes ao El Niño/La Niña, fase positiva/negativa da PDO e fase negativa/positiva do SAM. As anomalias superiores a 56,4 mm foram consideradas eventos extremos da precipitação, e foi identificado com a técnica dos quartis 219 meses de seca e 210 meses de chuvas excessivas no período entre 1913 e 2016. Entretanto, os impactos ambientais oriundos da variabilidade climática podem ser mitigados e compensados a partir de um planejamento ambiental proativo e eficiente, que integre as variações naturais da precipitação.

Palavras-chave: precipitação; variabilidade; wavelet; Rio Grande.

PRECIPITATION IN THE CITY OF RIO GRANDE (1913 – 2016) (RS BRAZIL): DESCRIPTIVE ANDE VARIABILITY ANALYSIS

ABSTRACT

Rainfall is an important factor that contributes to the energy and mass flows, since it influences the hydric and thermal balance, and consequently in the dispersion of the biosphere on the planet. Therefore, the investigation of rainfall variability at different space-time scales will aid in environmental planning. In this context, the goal of this study is to analyze the temporal variability (1913 to 2016) of the rainfall in the city of Rio Grande and to understand the remote factors that control the occurrence of droughts or rains above the average. The analyses of the temporal variability of rainfalls used descriptive and inferential statistics to measure the central tendency and dispersion and to identify temporal cycles of the rainfall variability associated with remote factors. The data are the monthly totals of rainfall observed between 1913 and 2016 at Rio Grande station. In the descriptive analysis were measured the annual totals, monthly average, standard deviation, and frequency distribution. In addition, monthly averages of the samples were subtracted, obtaining the rainfall anomalies, which were compared with the climatic indexes (SOI, PDO, and SAM), using the linear regression dependency analysis with the SST (global grid) and Atmospheric Pressure (global grid) from the measurement of correlation indexes. Spectral analysis (*Wavetel*) was used to identify the temporal cycles of rainfall. The results of the descriptive analysis show that the monthly rainfall in the city of Rio Grande varies between 0.3 mm and 551.8 mm with an average of 102.1 mm and a standard deviation of 66.1 mm; the annual total of rainfall indicated a variation between 625 mm (minimum) and 2,261.9 mm (maximum), with an annual buildup average of 1,226 mm; the monthly average has a variance between 71.2 mm and 126.7 mm, referring to the months of December and September, respectively; the measurement of the standard deviation for the three periods, between 1920-1950, 1950-1980, and 1980-2010, identified that summer and autumn were the seasons with the highest and lowest standard deviation, respectively. The temporal variability of the rainfall in the city of Rio Grande occurs in the interannual and interdecadal scales and are associated to the ENSO, PDO and SAM phenomena, being predominant the occurrence of rains above the average/droughts concomitant to El Niño/La Niña, positive/negative phase of the PDO and negative/positive phase of SAM. Anomalies greater than |56,4 mm| were considered extreme events of rainfall, and it was identified, with the use of the quartiles method, 219 months of drought and 210 months of excessive rains in the period between 1913 and 2016. However, the environmental effects from climate variability can be mitigated and compensated by a proactive and efficient environmental planning that integrates the natural variations of rainfall.

Key-words: precipitation; variability; wavelet; Rio Grande.

INTRODUÇÃO

O estudo do clima terrestre abrange complexos processos dos sistemas oceano-atmosfera-litosfera, nesse contexto, a chuva é um importante fator que contribui nos fluxos de energia e massa, no balanço hídrico, térmico e na dispersão da biosfera no planeta.

A variabilidade da precipitação ocorre em diferentes escalas espaço-temporal como, por exemplo, entre a escala global e a local ou entre as escalas geológica e a humana. Entretanto, são as mudanças climáticas dos últimos séculos que tem causado impactos nos recursos ambientais, na distribuição das chuvas e na variabilidade da temperatura. A associação entre o aquecimento global e a ineficiência do planejamento ambiental tem aumentado à vulnerabilidade ambiental frente à variabilidade da precipitação (IPCC, 2014).

As observações históricas do clima evidênciam um acréscimo na frequência de ocorrência de eventos extremos de precipitações elevadas no Sul e Sudeste do Brasil, nos últimos 30 anos, bem como neste período também aconteceram as grandes secas que atigiram a

região da Amazônia no ano de 2005 e 2010, predominando ciclos temporais nas escalas interanual e interdecal (MARENGO, 2014).

A variabilidade climática exerce influência sobre as populações ao longo do tempo, uma vez que suas variações podem comprometer o desenvolvimento da vida, através das alterações no regime de chuvas, que poderá impactar as populações com períodos de chuvas excessivas e secas intensas e prolongadas. Além disso, os eventos climáticos extremos de chuvas, marés meteorológicas, vendavais e ciclones aumentam a necessidade de estudos científicos sobre as mudanças climáticas devido à possibilidade de prever esses fenômenos e criar medidas mitigadoras e compensatórias (MARENGO, 2009).

Segundo o Relatório do IPCC (2014), eventos extremos abarca chuvas excessivas, secas, ondas de calor, inundações costeiras, entre outros. Com aquecimento global há projeções de aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos, sendo um dos fatores que pode causar riscos ambientais nos sistemas ambientais costeiros, especialmente os eventos extremos de precipitação, porque há uma elevada densidade demográfica, relevo com baixa declividade.

Nesse contexto, Rio Grande - RS, Brasil é uma cidade costeira que sofre impactos dos ciclos temporais de chuvas excessivas ou secas. As inundações, alagamentos e enchentes causam impactos na área urbana e rural e geralmente estão associados ao evento El Niño. Já em períodos de seca ocorrem prejuízos na agricultura com a alteração dos ciclos de germinação, crescimento, floração e colheita, além dos impactos na fauna e flora e causa maior concentração de gases e sólidos contaminantes ou poluentes na atmosfera que contribuem para a proliferação de doenças respiratórias.

Cabe salientar, que a compreensão da variabilidade da precipitação pode ser uma valiosa

ferramenta para um planejamento ambiental eficiente dos sistemas ambientais costeiros da cidade do Rio Grande – RS, Brasil. Visto que parte dos impactos ambientais ocasionados pela variação da precipitação podem ser minimizados, pois um planejamento ambiental proativo e eficiente pode aumentar a resiliência ambiental, assim como novas ações podem mitigar e compensar os impactos ambientais deflagrados por eventos meteorológicos, especialmente os extremos.

Este artigo tem como objetivo analisar a variabilidade temporal (1913 a 2016) da precipitação em Rio Grande – RS, Brasil e compreender os processos climáticos em escala sinótica, que ocasionam eventos extremos de precipitação, utilizando a estatística descritiva e inferencial para mensurar as medidas de tendência central, de dispersão e identificar os ciclos temporais da variabilidade da precipitação associada a fatores remotos.

A cidade do Rio Grande – RS está localizado na região Sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil sobre planície costeira (Figura 1). Tem a paisagem dominada pelo complexo lagunar Lagoa dos Patos, Mirim, e Mangueira e seus limítrofes são: Pelotas, Capão do Leão, Arroio Grande, Santa Vitória do Palmar e São José do Norte. O município possui uma área da unidade territorial entorno de 2.709,522 Km², com população estimada no ano de 2016 é de 208.641 habitantes (IBGE, 2010).

O clima da região Sul do Brasil apresenta características de temperatura e precipitação que sofrem influência da localização geográfica, topografia e configuração da circulação atmosférica subtropical. A precipitação média ao sul varia entre 1.299 mm e 1500 mm, ao norte 1500 mm a 1800 mm com maior intensidade de chuvas ao nordeste do estado. Os

principais fatores associados às precipitações no Rio Grande do Sul são os sistemas frontais, ciclones e frentes frias, Complexos Convectivos de Mesoescala, sistemas ciclônicos em níveis médios, bloqueios atmosféricos e ainda dos sistemas de circulação local como brisas marítimas e terrestres (REBOITA et al., 2010). Segundo Grimm (2009), na maior parte do Rio Grande do Sul os regimes de precipitação são considerados bimodais ou trimodais, característicos da região de transição entre climas tropicais e subtropicais.

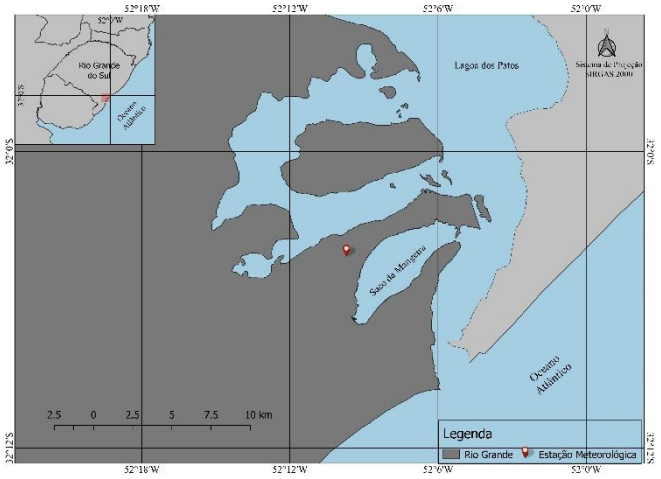


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, Rio Grande – RS, Brasil.. Fonte: Laboratório de Climatologia e Cartografia – FURG.

No sudeste do Rio Grande do Sul, as chuvas são mais intensas no inverno, configurando um regime de latitudes médias, onde as precipitações geralmente ocorrem pela passagem de sistemas frontais e associados a ciclones extratropicais migratórios. No Rio Grande do Sul a maior concentração de chuvas ocorre no trimestre de agosto, setembro e outubro, com exceção do Sudeste, que ocorre o maior índice de precipitação nos meses de julho, agosto e setembro. A precipitação média ao sul varia entre 1.299 mm e 1500 mm, ao norte 1500 mm a 1800 mm com maior intensidade de chuvas no nordeste do estado (GRIMM, 2009).

METODOLOGIA

Foram utilizados dados da Estação Meteorológica do Rio Grande/INMET para a análise da variabilidade temporal da Precipitação na cidade do Rio Grande - RS, Brasil os dados são observações do período de 1913 a 2016, totalizando 103 anos. Eles foram disponibilizados gratuitamente pelo Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Destaca-se que a Estação Meteorológica Rio Grande/INMET já esteve instalada em três locais na cidade do Rio Grande – RS, Brasil. Atualmente, a Estação Meteorológica Rio Grande/INMET está localizada na Universidade Federal do Rio Grande – FURG, seguindo as coordenadas 32º04’43"S e 52º10’03” O, a 2 m de altitude.

A Estação Meteorológica Automática n° A802, está operante desde o ano de 2010, sob responsabilidade do Instituto de Oceanografia/FURG em convênio com o oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia. Para a coleta dos dados, são realizadas medidas horárias da taxa de precipitação, através do pluviômetro marca ARG100, com a unidade de medida em milímetros. São coletados dados de variáveis atmosféricas como: radiação solar direta, temperatura, umidade relativa, precipitação, pressão atmosférica, intensidade da velocidade do vento e direção da velocidade do vento.

No período entre 1989 – 2010 estava em operação uma Estação Convencional n° 83995, operada pelo Laboratório de Meteorologia da FURG em convênio com o Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados neste período eram disponibilizados através de três coletas diárias da taxa de precipitação, com a utilização de um pluviômetro galvanizado com a unidade de medida em milímetros. Além da precipitação era observado variáveis como: pressão atmosférica, temperatura de

bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, evaporação, precipitação, número de horas de insolação, velocidade e direção do vento, visibilidade e nebulosidade (REBOITA; KRUSCHE, 2018).

No período entre 1961–1989 a Estação Convencional n° 83995 encontrava-se instalada nas coordenadas 32°02’ S 52°06 O, que corresponde ao centro histórico da cidade do Rio Grande, adjacente a Praça Tamandaré (REBOITA; KRUSCHE, 2018). A mesma foi transferida em uma distância de 8.2 km.

No período 1913-1961, a estação meteorológica convencional localizava-se na Barra do Rio Grande, mas não há informações exatas das coordenadas geográficas.

Estatística Descritiva

Foi utilizado análises da estatística descritiva para a caracterização da série temporal da precipitação, usando medidas de tendência central e variação. As análises compreendem primeiramente a mensuração dos totais mensais da precipitação, esses valores foram agrupados em total anual da precipitação. Desta maneira, foi possível identificar o total da precipitação na série analisada a partir do somatório da precipitação para cada ano.

A média aritmética ($\bar{x}$) é compreendida como a medida de centro, encontrada pela adição dos valores e divisão do total pelo número de valores (TRIOLA, 2005). A média mensal da precipitação foi mensurada a partir da média de todos os janeiros, fevereiros até dezembro.

A variabilidade da série proposta foi calculada a partir da anomalia e desvio padrão. Para calcular a anomalia da precipitação foi subtraída a média mensal de cada amostra, a fim de eliminar o ciclo anual. Estes dados de anomalia foram utilizados nas análises descritivas.

Distribuição de frequência em quartis foi utilizada para indicar eventos de seca ou chuvas excessivas, com a frequência do 1° quartil e 4°quartil, respectivamente. Os quartis fazem a divisão do conjunto dos dados em quatro subconjuntos, de modo que 25% dos elementos localizem-se abaixo do limiar do Q1 e 25% acima do limiar do Q4 (ASSIS, 1996). O primeiro quartil, por exemplo, seleciona todos os registros de meses mais secos e o quarto quartil seleciona os meses com maior volume de chuvas, e o segundo e terceiro quartil não são utilizados por representar pequena variação em torno da média.

Estatística Inferencial

Análise de dependência por regressão linear consiste em determinar uma função matemática que busca descrever o comportamento de determinada variável chamada dependente, baseado nos valores de uma ou mais variáveis denominadas independentes (CORRAR et al., 2009).

Os principais módulos de variabilidade climática da região subtropical foram relacionados com a análise de dependência por regressão linear a partir da série de anomalia, para que seja observada a influência e comportamento dos índices de variablidade da precipitação na série estudada. Foram utlizados os índices de variablidade climática descritos a seguir: Oscilação Sul (SOI), Oscilação Decadal do Pacífico (PDO) e Modo Anular do Sul (SAM).

A análise de correlação visa medir a força ou grau de relacionamento entre as variáveis (CORRAR et al., 2009). A mesma pode ser entendida, quando analisamos uma coleção de dados amostrais emparelhados e determinamos se parece haver uma relação entre as duas variáveis. O coeficiente de correlação linear tem como função medir a intensidade da relação linear entre os valores quantitativos emparelhados x e y de uma amostra (TRIOLA, 2005).

Foi utilizada a técnica de correlação, a qual vai mensurar a sincronia das variáveis de ponto de uma região ou do globo, para identificar a influência dos módulos de variabilidade climática com a precipitação na cidade do Rio Grande – RS, Brasil.

A mensuração dos índices de correlação entre a Temperatura da Supefície do Mar (TSM Global) e a anomalia da precipitação na cidade do Rio Grande – RS, Brasil foi realizada a partir da relação entre toda a série de precipitação e todas as séries da TSM, desde 1913 a 2016, integrando desta maneira todas as estações do ano, as quais foram analisadas

sazonalmente (verão, outono, inverno, primavera).

Os dados da TSM são médias mensais do período entre 1913 e 2016. Este conjunto de dados é disponibilizado gratuitamente pela ICOADS (conjunto global de dados sobre atmosfera ocenânica internacional), o qual dispõe dados de superfície, que abrange os últimos três séculos, contendo produtos do resumo mensal em grade globais de 2x2 (HUANG, et al., 2014).

Os índices de correlações entre a anomalia da precipitação e a anomalia da pressão atmosférica foi mensurado utilizando toda a série temporal (1948 a 2016) e posteriormente, separando as estações sazonais (verão, outono, inverno, primavera), conforme descrito anteriormente.

As médias mensais da pressão atmosférica são disponibilizados gratuitamente pelo NCEP/NCAR e são do projeto de reanálise I, em uma grade com resolução de 2,5º de latitude e longitude (144x73 pontos). Os dados da pressão atmosférica são modelados para o nível médio dos mares, a fim de maximizar a representação da variabilidade climática e minimizar as influências do relevo (KALNAY et al., 1996).

Wavelet

O termo *Wavelet* surgiu em meados dos anos 80, a partir de trabalhos realizados por pesquisadores franceses, tendo como ideia principal que a análise *waveletes* "consiste em aproximar uma função por uma combinação linear de funções básicas (*wavelita)*, obtendo assim uma boa representação da função original tanto no domínio das frequências como no domínio temporal". (CHIERICE, 2003, p 71)

A mesma representa uma ferramenta matemática que é utilizada para a decomposição de um sinal, através de escalas (dilatação e compreensão) e translação de *walete t*(mãe). A aplicação da transformada de *Wavelet Morlot* permite distinguir as frequências dominantes (escalas ou períodos) para cada um dos senóides e a forma como elas evoluem numa amostragem (CHIERICE, 2003).

Sendo assim a Transformada de *Wavelet Morlot* (TWM) irá contribuir na observação e identificação dos ciclos temporais da variabilidade climática de precipitação da série estudada do período de 1913 a 2016. Para maiores informações sobre as equações de Wavelet consultar: Daubechies, *etl.,al* (1992) e Mallat, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a seguir serão divididos em: 1) análise descritiva da série histórica da precipitação; 2) análise da variabilidade da precipitação e 3) análise dos fatores que controlam da variabilidade da precipitação.

Análise descritiva

As análises da série histórica de precipitação da cidade do Rio Grande entre 1913 e 2016 será demonstrada a partir da estatística descritiva.

A precipitação mensal em Rio Grande – RS, Brasil (Figura 2) apresenta uma variação entre 0,3 mm e 551,8 mm com uma média de 102,1 mm e desvio padrão de 66,1 mm, sendo possível observar períodos com chuva acima da média como, por exemplo, em 1940, 1990 e 2010, e períodos com volumes abaixo de 100 mm, como os anos 1916, 1945 e 2005.

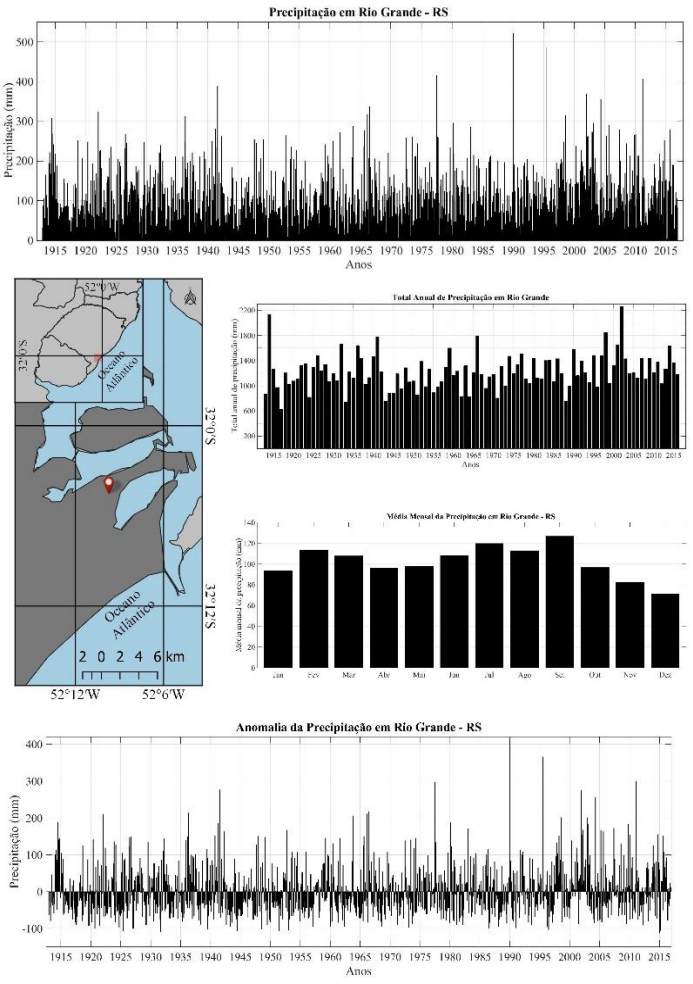


Figura 2 ¬- Total mensal, total anual, média mensal e anomalia da precipitação em Rio Grande – RS, Brasil (1913-2016). Fonte: Autora (2019).

O total anual da precipitação (Figura 2) varia entre 625 mm e 2.261,9 mm. E apresenta um acúmulo anual médio de 1.226 mm e desvio padrão de 280 mm, demonstra que ocorreram períodos com precipitações excessivas que chegaram a atingir magnitudes superiores a 2000 mm/ano (em 1914 e 2002). Bem como, foram registrados anos com volumes abaixo de 750 mm (1917, 1933, 1943 e 1988).

A média mensal de precipitação (Figura 2) varia entre 71,2 mm e 126,7 mm com ênfase para o mês de setembro, que apresenta os maiores volumes das precipitações acima de 120 mm e dezembro com precipitações abaixo de 80 mm, não havendo estação

seca na cidade do Rio Grande. No verão ocorre mais evaporação, o que diminui a disponibilidade de água na superfície de solo e no inverno, ocorrem os maiores totais mensais e a evaporação diminui.

Análise da variabilidade

A anomalia da precipitação (Figura 2) evidência a variabilidade da precipitação em escalas temporais diferentes da sazonal, bem como torna possível avaliar que a cidade do Rio Grande – RS, Brasil sofre com ciclos recorrentes de variações das chuvas. Nesse contexto, destacam-se os períodos com anomalias positivas acima de 400 mm e os períodos com anomalias negativas abaixo 100 mm como, por exemplo, os anos 1941 e 1998, respectivamente.

A influência dos fatores remotos e locais no controle das anomalias da precipitação ocorrem predominantemente na escala interdecenal, especialmente associadas aos eventos de El Niño e La Niña, porém o ENOS não explicam todos os casos anômalos da série.

O El Niño ocorre normalmente com maior frequência na primavera/verão, nesta condição ocorre à intensificação das chuvas que ocasionam anomalias positivas da precipitação. Bem como, os períodos mais secos podem estar ligados ao fenômeno La Niña, que poderá acarretar impactos significativos na flora e fauna. Da mesma maneira que os impactos do fenômeno ENOS podem prejudicar as atividades antrópicas, especialmente os eventos extremos, os quais ocorrem mais frequentemente nos eventos fortes

do ENOS, como no ano de 1998, onde o estado do Rio Grande do Sul registrou anomalias positivas da precipitação, ocasionando grandes enchentes no El Niño de 1997/1998 (BERLATO E FONTANA, 2003).

A utilização do método de distribuição de frequências em quartis viabilizou a identificação do número de eventos extremos registrados na série da precipitação. Visto que o primeiro quartil (Q1) indica os eventos extremos de secas, o segundo e terceiro quartil os valores que se encontram em torno da média, sem a ocorrência de eventos extremos e o quarto quartil (Q4) os eventos extremos de chuvas excessivas.

A distribuição de frequência em quartis da série de precipitação mostrou que os eventos extremos de seca (Q1) são identificados por valores anômalos menores que 56,4 mm, e no período entre 1913-2016 ocorreram 219 meses de eventos extremos de seca. A frequência de ocorrência do Q2 é de 498 meses, sendo a maior frequência entre os 4 quartis, este resultado é oriundo da técnica de cálculo da média e das anomalias visto que o menor valor anômalo é igual ao valor negativo da média mensal, enquanto os maiores valores registrados podem exceder 3 ou 4 vezes a média mensal. O terceiro quartil (Q3) tem frequência de 321 meses. Cabe ressaltar que o Q2 e Q3 agrupam ocorrências da precipitação entorno da média, não caracterizando eventos extremos. O quarto quartil (Q4) representa eventos de extremos de chuvas excessivas, com frequência de 210 meses no período entre 1913 e 2016, o qual é caracterizado pelo registro de valores anômalos superiores a 56,4 mm.

Parte da ocorrência dos eventos extremos da precipitação está associada aos fatores remotos que controlam a variabilidade interdecenal e decenal na região subtropical da América do Sul. Por isso, são mostradas as anomalias da precipitação em Rio Grande – RS, Brasil classificadas de acordo com as fases quente e fria do ENOS e PDO.

Na Figura 3, a cor vermelha indica os meses de ocorrência do fenômeno El Niño, sendo observada a predominância de chuvas acima da média (anomalias positivas) na cidade do Rio Grande - RS, Brasil como, por exemplo, os anos de 1982/1983 e 1997/1998 em que os eventos de El Niño foram considerados fortes. Segundo Berlato e Fontana (2003), foi considerado o El Niño mais longo dos últimos 50 anos, bem como, destacaram-se a anomalia da precipitação superior a 400 mm (1998) que ocorreu em período de El Niño.

A La Niña representada na figura 3 pela cor azul intensifica as condições de estabilidade atmosférica, gerando predominantemente precipitações abaixo da média. Durante a La Niña, predomina o registro de precipitações abaixo da média (anomalias negativas) na cidade do Rio Grande- RS, Brasil. Destacam-se os eventos de 1973/1974 e 1988/1989, os quais foram considerados fortes, com intensidade maior de outubro a março (BERLATO; FONTANA, 2003). A Cidade registrou anomalia da precipitação inferior a -50 mm (1988).

Cabe ressaltar que há um predomínio da relação de entre seca/chuva acima da média com a ocorrência de La Niña/El Niño, mas ela não explica toda a variabilidade da precipitação em Rio Grande - RS, Brasil.

Outro fator remoto que amplifica os efeitos da variabilidade ENOS é a Oscilação Decadal do Pacífico.

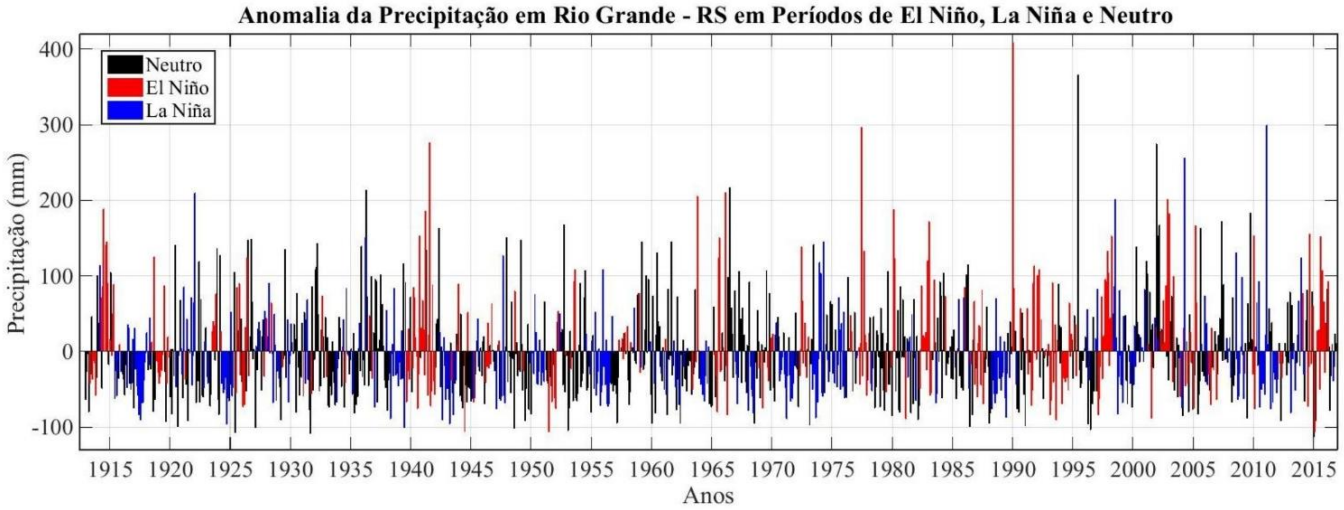


Figura 16 - Anomalia da Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil em Períodos de El Niño, La Niña e Neutro. Fonte: Autora (2019).

Na figura 4, o índice (PDO) está representa em vermelho a fase positiva e a fase negativa em azul, o qual caracteriza regimes quentes e frios na anomalia da precipitação na cidade do Rio Grande – RS, Brasil. Nos períodos com anomalia positiva sugere influência na intensificação das chuvas na cidade do Rio Grande - RS, Brasil como, por exemplo, o ano de 2015, que apresenta a fase positiva da PDO. Os períodos com anomalias negativas (frios) estarão impactando a cidade nos eventos extremos de seca, como, por exemplo, no ano de 1975 e 2010.

A figura 5 identifica o modo anular de oscilação (SAM) do período entre 1957 e 2016 e sua influência na precipitação da cidade do Rio Grande – RS, Brasil. A cor vermelha indica fase positiva e cor

azul indica a fase negativa do índice SAM, onde a fase positiva (negativa) pode influenciar na anomalia negativa (positiva) respectivamente da precipitação local. As anomalias encontradas na cidade do Rio Grande, demostram que o índice SAM pode estar influenciando na variabilidade da precipitação em períodos como 1991 e 2000, por exemplo, porém estas magnitudes acima e abaixo da média podem estar relacionadas com o fenômeno ENOS visto que eles ocorrem em escala de tempo intraanual e interanual.

Ressalta-se que o índice SAM na sua fase negativa tem maior influência austral e na fase positiva ocorre maior circulação círculo polar próximo da antártica. Visto que, Aquino (2012), menciona que durante o inverno o vórtice ciclônico contribui para um alto índice do SAM (fase positiva) o qual se caracteriza por baixa temperatura polar, e que nos meses correspondente a um baixo SAM denominado de fase negativa.

Porém, estas pequenas correlações encontradas evidenciam que os índices de variabilidade climáticas, Oscilação Sul (SOI), por exemplo, indicam que as precipitações se mantém em grande parte da série associadas as médias mensais, no entanto as maiores amplitudes (anomalia positiva) e menores amplitudes

(anomalia negativa) estão associadas a influência do fenômeno El Niño e La Niña, todavia a influência do fenômeno não explica toda a variabilidade da série.

A Oscilação Decadal do Pacífico (PDO), também indica que as precipitações se concentram entorno da média e que as maiores amplitudes da precipitação (anomalia positiva) e as menores amplitudes (anomalia

negativa), podem estar associadas às variações na Temperatura da Superfície do Mar, fase fria e quente.

Análise dos fatores que controlam da variabilidade da precipitação

Na identificação das correlações entre a TSM influenciam na variabilidade para precipitação em Rio Grande – RS, Brasil.

Na (Figura 6) é apresentado os índices de correlações entre a precipitação em Rio Grande – RS, Brasil e a TSM, no período entre 1913 a 2016, sendo que as correlações positivas indicam que as

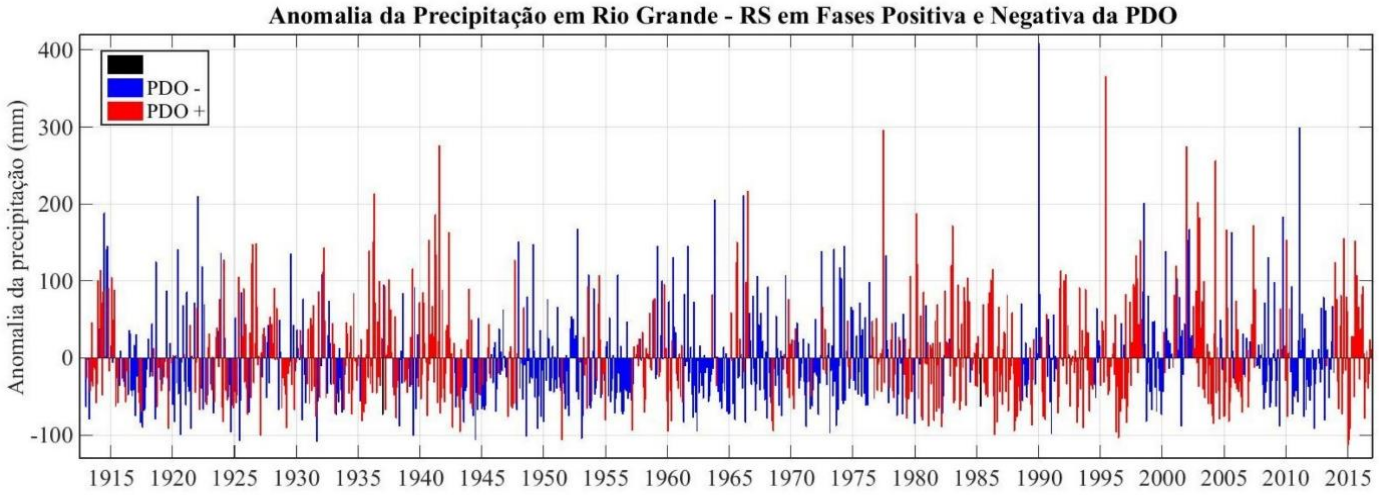


Figura 17 - Anomalia da Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil em Fase Positiva e Negativa da PDO. Fonte: Autora (2019).

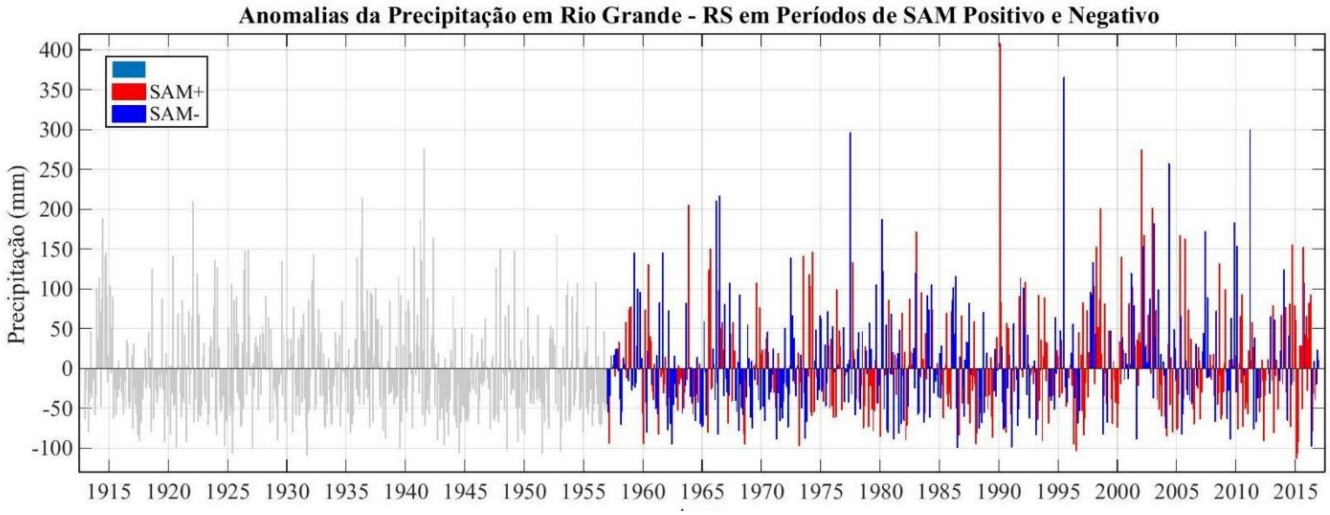


Figura 18- Anomalia da Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil em Períodos de SAM positivo e Negativo. Fonte: Autora (2019).

global e a precipitação na cidade do Rio Grande - RS, Brasil foi realizada uma relação entre toda a série de precipitação e todas as séries da TSM, desde 1913 a 2016, integrando desta maneira todas as estações do ano. De maneira a evidenciar os fatores remotos que temperaturas mais altas, do que a média, estão predominantemente relacionadas às anomalias positivas da precipitação, com ênfase na região 3.4 do fenômeno ENOS. Visto que o evento El Niño é reconhecido, quando se verifica um aquecimento das

águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico. Já as temperaturas a baixo da média estão associadas às anomalias negativas da precipitação. As correlações na região Niño 3.4 evidenciam o fenômeno La Niña que ocorre quando a um resfriamento das águas e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (BERLATO; FONTANA, 2003).

Em altas latitudes, sobre o Oceano Pacífico, na área do fenômeno da Oscilação Antártica, as correlações indicam que as temperaturas abaixo da média estão predominantemente associadas a anomalias negativas da precipitação e vice-versa. Isso pode estar relacionado aos sistemas frontais mais intensos e frequentes, que geram o anticiclone polar em latitudes médias, causando estabilidade e diminuição das precipitações.

Observando os índices de correlação para as quatro estações sazonais é possível identificar que a influência das altas latitudes ocorre mais intensamente no inverno, visto que as precipitações estão associadas quase que exclusivamente aos Sistemas Frontais, e o ENOS possui maior controle da precipitação na primavera, principalmente no mês de novembro. Flach e Grimm (2010) ressaltam que a influência do ENOS na América do Sul tem uma variação através do ciclo anual e que na primavera austral, a mesma se destaca no sudeste da América do Sul, acarretando um aumento (decréscimo) de eventos extremos na Bacia do Paraná-Prata nos episódios de El Niño (La Niña). Grimm (2009) ainda evidencia que o modo interanual de variabilidade, demostra forte correlação com as anomalias de TSM associadas à ENOS, indicando que a primavera é a estação mais favorável as teleconexões com oceano Pacífico Tropical, em virtude dessas vigorosas teleconexões, o ENOS tem maior influência e impacto sobre as precipitações no Sul do Brasil na primavera.

A figura 7 expõe os índices de correlações positivas e negativas entre a precipitação na cidade do Rio Grande- RS, Brasil e a pressão atmosférica, no período entre 1913 e 2016. Nesta análise, as correlações negativas da região 3.4 do ENOS evidenciam que o fenômeno El Niño nesta condição (menor circulação atmosférica e maior pressão), acarretara em desintensificação dos ventos alísios e maior magnitude das precipitações no Sul do Brasil. O contrário também é verdadeiro com relação à Lã nina que acarreta na intensificação dos ventos alísios e menor magnitude das precipitações no Sul do Brasil. Deve-se considerar que ocorra a relação biespacial esperada entre a correlação negativa (região 3.4 Niño) e correlação positiva (região 4 Niño).

Na observação das quatro estações sazonais, a relação biespacial das correlações positiva (negativa) permanece, contudo no verão as correlações estão mais associadas ao ENOS e as contribuições das monções através da intensificação dos alísios de nordeste, apresentando pouca influência austral. No entanto, no outono e inverno, se mantém a influência do ENOS, porém ocorre maior contribuição das altas latitudes e maior entrada dos Sistemas Frontais, elevando a magnitude das precipitações. A primavera é considerada a estação que ocorre a maior variabilidade das precipitações e que tem maior influência do fenômeno ENOS, estando mais evidente a correlação negativa da região 3.4 e maior contribuição nas anomalias positivas (negativas) das precipitações na cidade do Rio Grande.

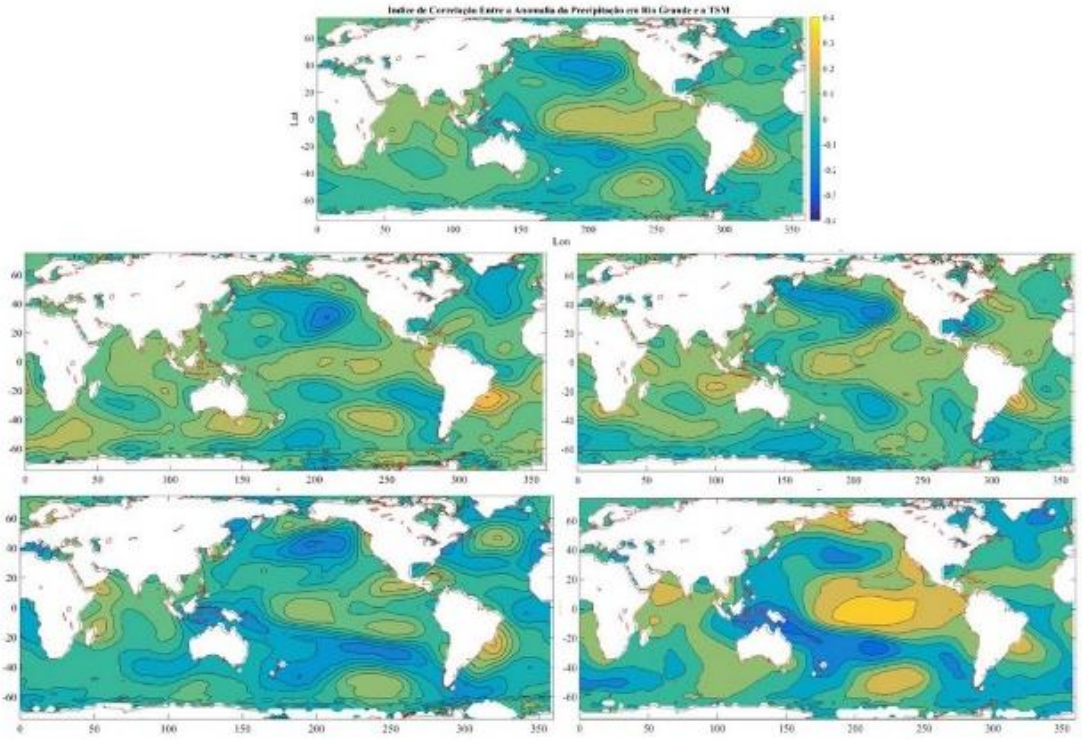


Figura 20- Índice de Correlação entre a Anomalia da Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil e a TSM, Global. Estações Sazonais A) Verão B) Outono C) Inverno e D) Primavera. Fonte: Autora (2019).

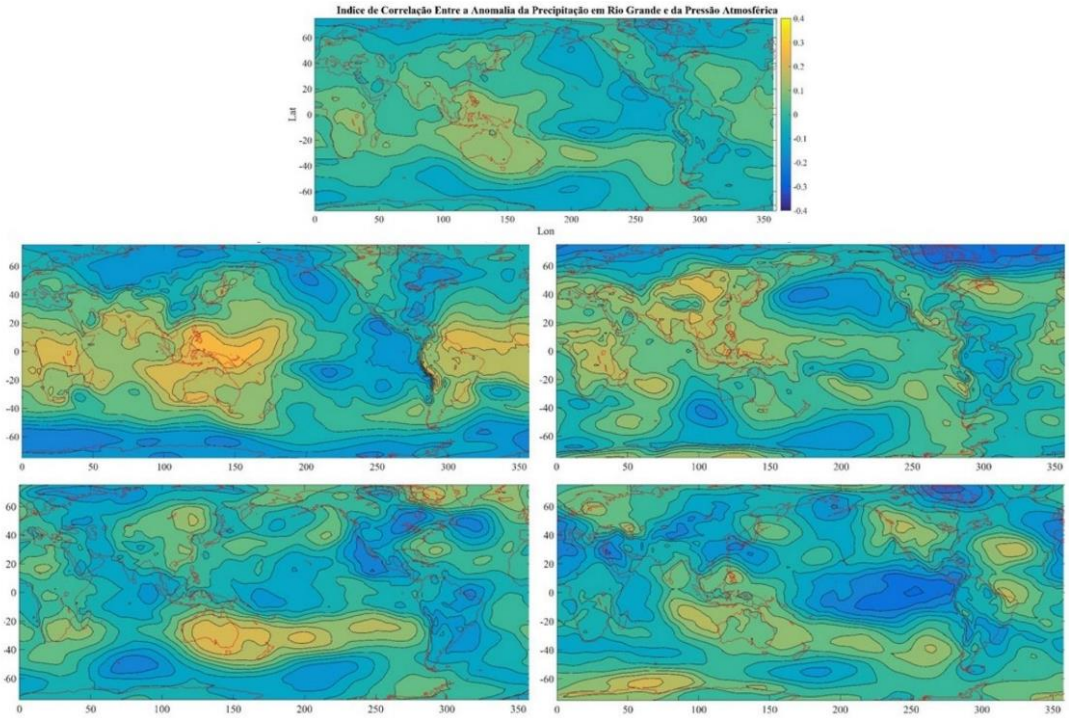


Figura 19- Índice de Correlação entre a Anomalia da Precipitação em Rio Grande – RS, Brasil e a Pressão Atmosférica. Estações Sazonais A) Verão B)Outono C)Inverno e D) Primavera. Fonte: Autora (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As precipitações em Rio Grande não apresentam uma distribuição sazonal, visto que não há registro de estação seca ou chuvosa. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano e possui magnitudes da precipitação anual com média de 102 mm, máxima de 551,8 mm e mínima de 0,3 mm. Já as médias mensais variam entre 71,2 mm e 126,7 mm.

As análises do desvio padrão nos períodos 1920-1950, 1950-1980 e 1980-2010 possibilitou identificar que esta variabilidade ocorre com maior frequência no verão e inverno, sendo os fatores remotos que influenciam parcialmente a anomalia da precipitação na cidade do Rio Grande, com destaque da variabilidade interanual que está relacionada ao fenômeno ENOS. As anomalias positivas/negativas da precipitação estão em grande parte associadas aos eventos de El Niño e La Niña, com seu fortalecimento na primavera e diminuição da influência no verão.

Os impactos do ENOS podem acarretar prejuízos significativos às atividades antrópicas, em especial nos episódios extremos da precipitação, gerando períodos de chuvas excessivas e/ou secas. Ressaltasse que o predomínio da relação seca e chuva acima da média com a ocorrência de La Niña e El Niño, não explica toda a variabilidade da precipitação em Rio Grande – RS, Brasil.

Para identificar os eventos extremos de seca e chuvas excessivas na cidade do Rio Grande – RS, Brasil foi utilizado a distribuição de frequência em quartis. Os valores anômalos menores que 56,4 mm, indicaram os extremos de secas (Q1) que ocorreram 219 meses no período entre 1913-2016, os quartis Q2 e Q3 indicaram os valores das ocorrências da precipitação entorno da média, sendo 498 meses e 321 meses respectivamente, e por fim foram identificados os eventos extremos de chuvas excessivas (Q4) com frequência de 210 meses o qual é caracterizado pelo registro de valores anômalos superiores a 56,4 mm.

Foram realizas análises de variáveis secundarias como, os índices de variabilidade climática (SOI, PDO e SAM). Estas análises demostram que os índices SOI e PDO têm maior influência sobre as anomalias da precipitação na cidade do Rio Grande - RS, Brasil visto que os mesmos ocorrem em escala de tempo interanual e interdecal, sendo relevante a sua atuação nos impactos de chuvas excessivas e secas intensas e prolongadas.

As contribuições Austrais, na região círculo polar afetam a frequência e a intensidade dos sistemas frontais que passam em Rio Grande. Na fase negativa/positiva do SAM, os sistemas atmosféricos da frontogênese estão deslocados para Norte/Sul, e com isso a maior/menor atividade frontal em Rio Grande causa maior/menor taxas de precipitação.

As análises das correlações entre a TSM Global e a precipitação da cidade do Rio Grande - RS, Brasil bem como as correlações entre a pressão atmosférica e a precipitação da cidade do Rio Grande – RS, Brasil fazem inferências que a anomalia da precipitação esta associada aos padrões da região 3.4 do ENOS, indicando que a primavera é a estação mais favorável as teleconexões e a maior impacto sobre as precipitações.

Estas análises corroboram para que sejam propostas pelos governos, políticas de adaptação e mitigação as mudanças do clima, visto que as cidades costeiras e portuárias têm maior probabilidade a inundações. Desta maneira, o tomador de decisão pode fazer uso de tecnologias e estudos científicos, para subsidiar as propostas de planejamento e gerenciamento das cidades costeiras, visando diminuir os impactos ambientais e aumentar a resiliência ambiental.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. 1996. Testes de Aderência. In: Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática, pp.139-148. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. 2003. El Niño e La Nina: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. 112p. Porto Alegre. UFRGS.

CHIERICE, R. F.; O uso de wavelets na determinação do expoente de Hurst de uma série temporal diária de chuvas do município de Araras-SP de 1955-2000. 2003. xi, 71 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. http://hdl.handle.net/11449/91953>.

CORRAR, J.; PAULO, E.; DIAS F,; José M. Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. 2007. 558 p, São Paulo: Atlas.

DAUBECHIES, I. Ten Lectures on Wavelets, Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 1992. In: https://jqichina.files.wordpress.com/2012/02/ten-lectures-of-waveletsefbc88e5b08fe6b3a2e58d81e8aeb2efbc891.pdf. (acesso Fevereiro 2019).

GRIMM, M. ALICE. 2009. Clima da Região Sul do Brasil. Tempo e Clima do Brasil. 259 p., São Paulo: Oficina Textos.

HUANG, B., VF Banzon, E. Freeman, J. Lawrimore, W. Liu, TC Peterson, TM Smith, PW Thorne, SD Woodruff e H.-M. Zhang, 2014: Extended Surface Recovery Surface Temperature versão 4 (ERSST.v4): Parte I. Upgrades e intercomparações. JournalofClimate, 28, 911-930, doi: 10.1175 / JCLI-D-14-00006.1).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Demográficos 2010. In: https://cidades.ibge.gov.br/. (acesso Abril 2017).

IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change IPCC. Climate Change 2014 Synthesis Report. Cambridge Univ. Press. 2014.

MALLAT, S. A Wavelet Tour of Signal Processing, San Diego, CA: Academic Press, 1998. In: https://www.di.ens.fr/~mallat/papiers/WaveletTourChap1-2-3.pdf. (acesso Fevereiro 2019).

MARENGO, A.J. 2009. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil, 72 p.

MARENGO, J.A. 2014. O futuro do clima no Brasil. Revista USP. pp 25-32, São Paulo, n.103.

MARENGO, J.A. 206. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definições das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI.163 p, Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

REBOITA. M.; KUSCHE,N.; SARAIVA. J.M. 2018.Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, Rs In, Revista Brasileira de Metereologia, v.33, n.1, pp 165-179.

TRIOLA, F. M. 2005. Introdução à Estatística; tradução Vera Regina Lima de Farias e Flores; revisão técnica Ana Maria Lima de Farias e Flores. Rio de Janeiro: LTC, 2015 p.

Capítulo 11

Aspectos hidroclimáticos e análise do balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú, Noroeste do Ceará, Brasil

ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS E ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, NOROESTE DO CEARÁ, BRASIL

Daniel dos Reis Cavalcante[1]; Frederico de Holanda Bastos[2] & Abner Monteiro Nunes Cordeiro[3]

[1]Universidade Estadual do Ceará, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP: 60.714.903, daniel_reisc1@hotmail.com.
[2]Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP:60.714.903, fred.holanda@uece.br.
[3]Universidade Estadual do Ceará, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP: 60.714.903, abnermncordeiro@gmail.com.

RESUMO

A análise do ciclo hidrológico, assim como de suas variáveis (evapotranspiração, precipitação, etc.), se faz necessária para o planejamento e a gestão ambiental de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar os aspectos hidroclimáticos, bem como o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú, Nordeste do Brasil. As etapas metodológicas foram divididas em levantamento bibliográfico, processamento de dados, levantamentos de campo em áreas pré-selecionadas, elaboração de mapas, gráficos e análise dos dados. Nessa bacia hidrográfica a irregularidade espacial e temporal das precipitações, mesmo durante a estação chuvosa, traz reflexos marcantes no escoamento superficial e os três principais sistemas atmosféricos produtores de chuvas, em grande escala, são: Zona de Convergência Intertropical; Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis. Os dados do balanço hídrico, para o período de 1988 a 2018, dos principais postos pluviométricos situados na bacia hidrográfica, mostram valores de precipitação e evapotranspiração positivos no período chuvoso de janeiro a maio, o que implica em potencial de água no solo, repercutindo no desenvolvimento da vegetação, armazenamento de água nos aquíferos e escoamento superficial, justificando reposição e disponibilidade de recursos hídricos. A partir de maio, constata-se um decréscimo das precipitações, na área da bacia hidrográfica, e o balanço hídrico sofre alteração, tornando-se negativa a precipitação efetiva, iniciando-se a estação de deficiência de água no solo, que irá se estender até dezembro/janeiro.

Palavras-chave: Precipitação; Gestão Ambiental; Rio Coreaú; Semiárido Brasileiro.

HYDROCLIMATIC ASPECTS AND ANALYSIS OF THE WATER BALANCE OF THE COREAÚ WATER BASIN, NORTHEAST OF CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

The analysis of the hydrological cycle, as well as its variables (evapotranspiration, precipitation, etc.), is fundamental for the planning and environmental management of a river basin. Thus, the present work aims to analyze the hydroclimatic aspects, as well as the water balance of the hydrographic basin of the Coreaú River, Northeast of Brazil. The methodological steps were divided into bibliographic surveys, data processing, field surveys in pre-selected areas, elaboration of maps, graphs and data analysis. In this river basin, the spatial and temporal irregularity of rainfall, even during the rainy season, has marked reflections on the surface runoff, and the three major

atmospheric rainfall systems, on a large scale, are: Intertropical Convergence Zone; Cold Fronts; and the Cyclonic Vortices of High Levels. The water balance data, for the period 1988 to 2018, of the main pluviometric stations located in the hydrographic basin show positive precipitation and evapotranspiration values in the rainy season from January to May, which implies potential of water in the soil, vegetation development, water storage in the aquifers and surface runoff, justifying replenishment and availability of water resources. After May, there is a decrease in precipitation in the area of the hydrographic basin, and the water balance changes, becoming negative effective precipitation, starting the season of water deficiency in the soil, which will extend until December /January.

Keys-words: Precipitation; Environmental management; Coreaú river; Brazilian semi-arid.

INTRODUÇÃO

A expressividade dos recursos hídricos no Brasil se deve, sobretudo, à distribuição da pluviosidade em todo o território, onde são registrados notáveis valores, superiores a 1.500 mm anuais. No entanto, algumas regiões do Nordeste brasileiro recebem menos de 1.000 mm anuais, tendo alguns locais valores abaixo de 500 mm de precipitação (CUNHA, 2011).

No semiárido nordestino documentam-se elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas, bem como totais pluviométricos baixos com alta variabilidade no tempo e no espaço e elevadas taxas de evapotranspiração, que acabam refletindo num significativo déficit hídrico anual (ZANELLA, 2014).

Para Lima (2006), os rios possuem importância econômica, social e política e, além disso, a drenagem pode propiciar relevantes informações sobre o meio físico, dessa forma, sua análise fornece subsídios sobre as melhores maneiras de intervenções sobre os recursos naturais.

Dessa forma, o entendimento do ciclo hidrológico, bem como de suas variáveis tais como evapotranspiração e precipitação se fazem necessário numa possível intervenção dentro de uma bacia hidrográfica (SOUSA, 2012). Dentre as formas de entendimento do ciclo hidrológico destaca-se o balanço hídrico que é a entrada e a saída de água de um determinado sistema (MANOEL FILHO, 1997; SOUSA, 2012; VAREJÃO-SILVA, 2000), nessa pesquisa utiliza-se a bacia hidrográfica como unidade de análise, onde a precipitação, a evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, a deficiência hídrica, o excedente hídrico e a reposição hídrica foram analisados.

Tais elementos têm papel importante no que diz respeito ao planejamento ambiental, sobretudo, para zoneamentos agroclimáticos, estudos prévios de demanda hídrica para culturas irrigadas, para o conhecimento do regime hidrológico, entre outros (CORDEIRO, 2013; PEREIRA et al., 2015; PEREIRA; SANTOS, 2016; SOUSA, 2012) sempre no intuito de racionalizar o uso dos recursos hídricos. Face ao exposto, este trabalho tem por objetivo analisar os aspectos hidroclimáticos, bem como o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Coreaú (Figura 1) localiza-se no setor NW do Estado do Ceará, apresenta uma área de 4.431 km², perímetro de 524 km e sua rede de drenagem está disposta em 4.010 cursos d'água, onde o comprimento total dos canais (Lu) mede um total de 5.947 km, sendo o comprimento médio dos canais (Lm) de 1,48 km. Essa rede fluvial abrange integralmente os municípios de Moraújo, Coreaú, Frecheirinha e Alcântaras, e parte de outros 13 municípios com destaque para Camocim, Granja, Sobral, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará.

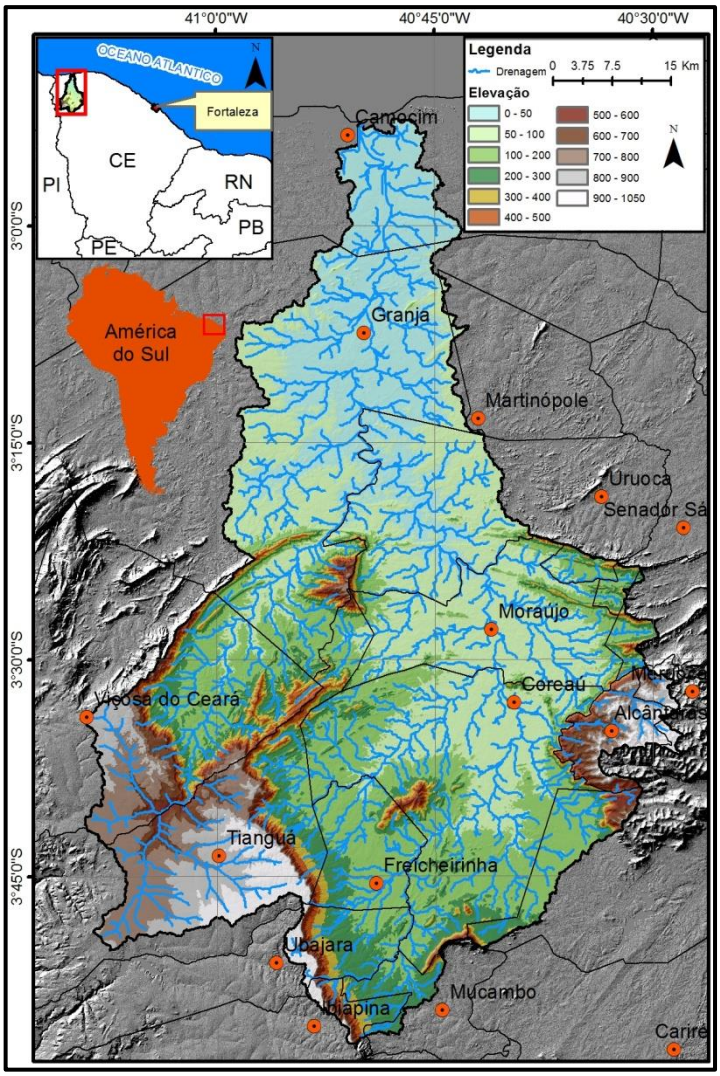


Figura 1 – Localização da Bacia hidrográfica do rio Coreaú. Fonte: Imagens ALOS PALSAR.

Através da hierarquização da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú, pode-se afirmar que esta é uma bacia de 6ª ordem, onde o Coreaú é o principal rio, tendo suas principais nascentes localizadas no planalto da Ibiapaba e na serra do Carnutim. O rio Coreaú possui oito afluentes de 5ª ordem que juntos somam 195 km de comprimento, sendo os mais expressivos os rios Itaquatiara, Itacolomi, Juazeiro e Sairi, este, por sua vez, drena no sentido NE-SW sobre o graben Riacho Sairi que também possui a mesma direção, demonstrando assim, um nítido controle estrutural.

A análise da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú revela densidade de drenagem (Dd), em geral, baixa, com valor de 1,34 km/km², diminuindo significativamente em sua extremidade norte e sudoeste, respectivamente, na área do Grupo Barreiras (tabuleiros pré-litorâneos), constituída por sedimentos mal selecionados, variando de argila a níveis cascalhosos, e nos arenitos do Grupo Serra Grande (*glint* da Ibiapaba). Os maiores valores de densidade concentram-se no centro-sul da bacia, em função da predominância e do comportamento das rochas do embasamento pré-cambriano, que dificultam a infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial.

Dados quantitativos dos canais fluviais da bacia do rio Coreaú manifestam os resultados obtidos para a densidade de drenagem, onde os canais de 1ª (3.138 canais) e 2ª (673 canais) ordem representam 95,03% dos cursos d´água da bacia em análise, no entanto, são canais que não apresentam grande extensão, assumindo em média 0,964 a 1,921 km por canal. Entretanto, à medida que aumenta a ordem dos canais, a quantidade de canais diminui e aumenta a extensão linear dos mesmos. Assim, os canais de 3ª, 4ª e 5ª ordem apresentam, respectivamente, 4,981 km, 9,125 km e 24,375 km de comprimento médio, constituindo os afluentes mais significativos do rio Coreaú.

O canal de 6ª ordem, representado pelo rio Coreaú, assume, ao longo dos seus 152 km de comprimento, diferentes direções, assumindo a direção N-S, de forma preponderante, sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. O rio Coreaú apresenta índice de sinuosidade (Is) igual a 1,29, indicando que o canal do rio Coreaú não tem forma retilínea, mas também, não pode ser considerado como sinuoso, ou seja, o canal apresenta forma transitória. Conforme Freitas (1952) o índice de sinuosidade < 1,0 pode ser considerado um canal retilíneo e um canal com índice de sinuosidade > 2,0 pode ser considerado um canal sinuoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas do presente trabalho incluíram levantamento bibliográfico, trabalhos de gabinete, onde constaram o processamento de dados climatológicos, elaboração de gráficos e mapas, além de levantamentos de campo em áreas pré-selecionadas e a análise dos dados.

Na avaliação do balanço hídrico dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Coreaú, utilizou-se o programa desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas (DCE) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998), estimado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955).

O programa em questão utiliza os valores de temperatura do ar (T °C), estimada pelo programa CELINA, desenvolvido por COSTA e SALES (2007), e a precipitação pluviométrica (P mm). Com base nesses valores, estima-se a quantidade de água consumida através do processo de evapotranspiração potencial (ETP mm); e a água no solo, contabilizada através dos períodos de déficit hídrico (DEF mm) e de excesso hídrico (EXC mm). O balanço hídrico, além da evapotranspiração em milímetros, permite estimar a evapotranspiração real (ETR mm), a deficiência hídrica na atmosfera (DEF), o excedente hídrico (EXC) e o armazenamento de água no solo (ARM).

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, da área de estudo, utilizou-se os dados de temperatura e precipitação para o período de 1988 a 2018, fornecidos, respectivamente, pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará-IPECE e pela FUNCEME. Para tal, lançou mão do *software* HIDROCEL desenvolvido em planilhas eletrônicas do Excel por Costa e Sales (2007).

Foram realizadas também diversas visitas de campo visando compreender e verificar a veracidade das informações geradas nas outras etapas de trabalho, dessa forma, foram percorridos os setores do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Coreaú em diferentes períodos do ano, para ser observado o contraste entre a quadra chuvosa e o período de estiagem.

Na última etapa do trabalho, foram organizados, interpretados e integrados os dados e as informações obtidas nas etapas anteriores, realizando-se uma discussão sobre balanço hídrico da área de estudo, sobretudo no que diz respeito aos principais parâmetros analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aspectos hidroclimáticos da bacia hidrografica do rio Coreaú

As condições hidroclimáticas da bacia hidrográfica do rio Coreaú vão influenciar nos processos físicos e químicos da pedogênese, na morfogênese e na disponibilidade de água de superfície e subsuperfície, recurso indispensável para satisfazer as necessidades vitais da humanidade e suas atividades socioeconômicas. Para Zanella (2007), a análise das condições climáticas de uma região é importante, pois o clima é um dos elementos formadores da paisagem, exercendo influência nos processos e nas formas geomorfológicas, na disponibilidade dos recursos hídricos, no regime dos rios, na formação dos solos e na distribuição da cobertura vegetal.

A região Nordeste e o Estado do Ceará como um todo são marcados pela forte irregularidade pluviométrica. A enorme extensão territorial do Nordeste brasileiro e a diversidade do relevo, somados à conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia dessa região uma das mais complexas do mundo (NIMER, 1979). O autor acrescenta que esta complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em

uma extraordinária variedade climática, com grandes variações dos índices pluviométricos.

Do ponto de vista climático, o Nordeste brasileiro é considerado semiárido por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano. Apesar das elevadas temperaturas registradas durante todo o ano, as amplitudes térmicas máximas são em torno de 6°C (FERREIRA; MELLO, 2005). Na superfície erosiva rebaixada do território cearense, durante todo ano, as temperaturas têm valores elevados entre 26 a 29ºC (SOUZA, 2000). Já nos enclaves de umidade (relevos serranos) há uma amenização sensível das condições térmicas, que apresentam valores compreendidos entre 21 e 23ºC (SOUZA, 2007).

A localização do Estado do Ceará, próximo à linha do Equador, favorece uma intensa insolação durante o ano todo e, dessa forma, muito calor, caracterizando-o como uma área típica de climas quentes. A atuação dos diferentes sistemas atmosféricos estabelece a sazonalidade da precipitação. Além disso, "a altitude, a disposição do relevo e a proximidade - ou distância – da superfície oceânica proporcionam as diferenciações locais dos climas no estado" (ZANELLA, 2007, p. 170).

Segundo Uvo e Berndtsson (1996), os três principais sistemas atmosféricos produtores de precipitação no Estado do Ceará, em grande escala, são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Esses mecanismos interagem e criam padrões de precipitação sobre o território cearense durante diferentes meses (UVO; BERNDTSSON, 1996). Além desses mecanismos podemos destacar, também, a atuação das Linhas de Instabilidade Tropicais (IT's), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) e as Ondas de Leste (ZANELLA; SALES, 2011).

Na bacia hidrográfica do rio Coreaú, a irregularidade das precipitações, mesmo na estação chuvosa, e a concentração no tempo, traz reflexos marcantes no escoamento superficial. Este é também afetado, diretamente, pelo grau de declividade do relevo e pela impermeabilidade das rochas que compõem o embasamento cristalino pré-cambriano, que apresenta terrenos nitidamente marcados por deformações dúcteis e rúpteis em uma extensa superfície erosiva dissecada por condições climáticas semiáridas. Tais características aliam-se para impor um escoamento intermitente e torrencial não só no curso d'água principal, como a alguns tributários de maior vazão.

As variações climáticas registradas na bacia hidrográfica do rio Coreaú estão associadas, diretamente, ao regime pluviométrico, que é dependente da proximidade do litoral, onde os índices pluviométricos apresentam um aumento substancial e as temperaturas são mais estáveis, e do *glint*da Ibiapaba (borda oriental da bacia sedimentar do Parnaíba), onde os totais pluviométricos são maiores e as chuvas são mais regularmente distribuídas, além da altimetria contribuir para atenuar as condições térmicas locais, onde as temperaturas médias anuais variam entre 22 a 26ºC (IPECE, 2017).

A distribuição das chuvas, tanto no tempo quanto no espaço, aliada às formações geológicas, dominantemente, cristalinas do Domínio Médio Coreaú (DMC), são fatores condicionantes do regime dos cursos d'água (intermitentes e efêmeros) e, portanto, da disponibilidade de recursos hídricos de superfície e subsuperfície, da bacia do rio Coreaú.

O rio Coreaú, juntamente com seus afluentes, coletam as águas de grande parte da porção NW do Estado do Ceará, drenando uma área de 4.431 km². A

rede de drenagem da bacia do Coreaú tem orientação, predominantemente NE-SW, seguida da direção NW-SE. Observa-se assim, uma correlação entre a orientação geral da drenagem, com as direções estruturais dominantes na porção setentrional da Província Borborema.

Em toda a bacia do rio Coreaú, as condições refletem nuances decorrentes do modo de combinação entre os fatos mais significativos do quadro natural. As precipitações alcançam totais anuais entre 1.349 mm e 745 mm, de acordo com os dados das estações pluviométricas dos municípios de Viçosa do Ceará e Alcântras (FUNCEME - postos 152 e 05), onde ficam localizados, respectivamente os afluentes das margens esquerda (*glint* da Ibiapaba) e direita (setor de sotavento do Maciço da Meruoca) do rio Coreaú. A insuficiência de chuvas, na bacia do Coreaú, decorre mais da irregularidade ou variabilidade anual do que de seus totais pluviométricos padrões (Gráfico 1). Os postos pluviométricos inseridos na bacia estão, basicamente, sujeitos a três sistemas sinóticos, que regem a circulação atmosférica na área de estudo e no Estado do Ceará como um todo: VCAN, ZCIT e as Frentes Frias (SRH, 1992).

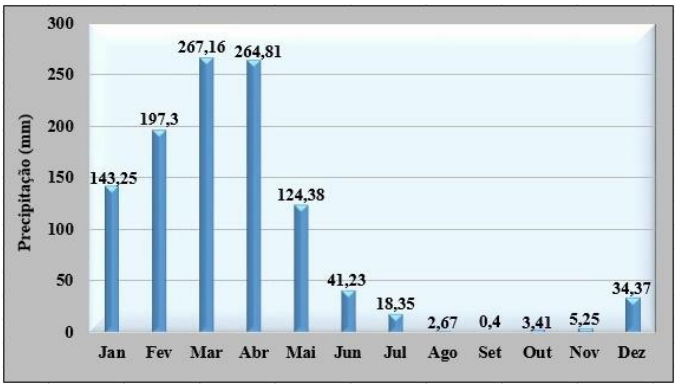


Gráfico 1 - Precipitação média anual dos principais postos pluviométricos inseridos na bacia do rio Coreaú (1988-2018), Ceará, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

Além desses sistemas principais, outros sistemas de menor escala atuam na região: linhas de instabilidade, complexos convectivos de mesoescala, ondas de leste, bem como as influências das brisas marítima e terrestre que incidem com mais frequência na zona litorânea (SRH, 1992; FERREIRA; MELO, 2005).

Na bacia do Coreaú, o aporte de águas subterrâneas é modesto ou escasso, especificamente, na superfície erosiva rebaixada, onde esses reservatórios estão condicionados a arranjos estruturais (falhas e fraturas). Há, também, áreas com alto potencial hidrogeológico, devido elevada permoporosidade dos terrenos, como, por exemplo, nos aquíferos do planalto da Ibiapaba, das áreas de aluviões, da Formação Barreiras e do sistema de dunas e paleodunas.

A maior concentração pluviométrica para os 30 anos (1988-2018) analisados, de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME, dos postos pluviométricos dos municípios de Alcântras, Camocim, Coreaú, Frecheirinha, Granja, Tianguá e Viçosa do Ceará, ocorre no primeiro semestre, onde se tem aproximadamente 94,15% do total anual, sendo o mês de março e abril os mais chuvosos com 531,97 mm (48,24%). O trimestre menos chuvoso abrange o período agosto-setembro-outubro, com mínimas registradas em agosto-setembro (Gráfico 2).

A pré-estação é compreendida pelos meses de dezembro e janeiro, apresentando uma média mensal de 34,37 mm e 143,25 mm, respectivamente. Neste período as chuvas são produzidas, principalmente, pelos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e pelas Frentes Frias (MOURA FÉ, 2015).

O período de fevereiro a maio que corresponde à quadra chuvosa representa 77,42% (853,65 mm) da média pluviométrica anual de 1.102,58 mm. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal

sistema sinótico provocador da quadra chuvosa, atuando de modo mais expressivo a partir de meados do verão, e atingindo sua maior frequência no outono (março-abril), quando alcança sua posição mais meridional (~2-4ºS) (NIMER, 1979; FERREIRA; MELO, 2005). O mês de maio é caracterizado pelo início do afastamento da ZCIT.

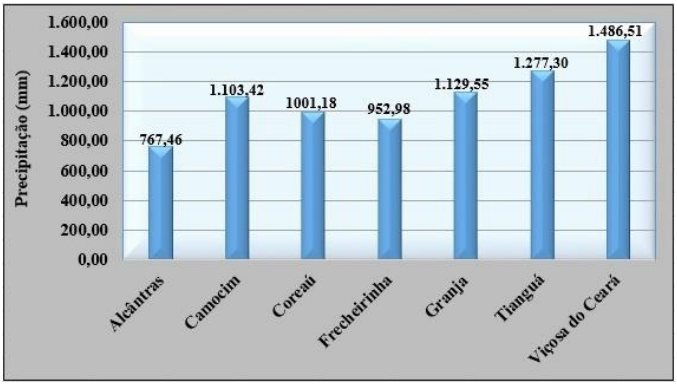


Gráfico 2 - Média mensal pluviométrica no período de 1988 a 2018 para a bacia hidrográfica do rio Coreaú, Ceará, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

A estação seca inicia-se em meados de junho e julho, indo até novembro. O período de estiagem que ocorre, principalmente, nos meses de inverno-primavera, coincide com a chegada dos ventos alísios de SE, vinculados ao Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, produtor da Massa Equatorial Atlântica, responsável pela estabilidade do tempo no segundo semestre.

A partir do exposto fica evidente que a principal marca da precipitação na bacia do Coreaú não é o total pluviométrico, mas sim sua distribuição temporal e espacial, sobretudo pela concentração ao longo de determinado período do ano. Como se pode observar o regime de chuvas da área em apreço, como em toda a região semiárida do Nordeste do Brasil, é bastante regular, uma vez que, embora sejam muito irregulares os totais pluviométricos da estação chuvosa, esta se dá como vimos, quase sempre nos meses de verão-outono, mesmo nos anos cuja estação chuvosa se constitui numa simples força de expressão.

Análise do balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú

O estudo do balanço hídrico climatológico é de fundamental importância para se definir e monitorar a disponibilidade hídrica no solo de uma região (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Além da precipitação, que representa a entrada de água da atmosfera para o solo, deve-se admitir a perda de água do solo para a atmosfera através da evapotranspiração; do balanço entre esses dois processos opostos resulta o estado final de umidade do solo (COSTA, 1994; CORDEIRO, 2013), o que é fundamental no planejamento agrícola.

O balanço hídrico também é um importante instrumento para caracterizar o regime pluviométrico de uma dada localidade, pois ele contabiliza a disponibilidade de água no solo para cada mês do ano, indicando os períodos de deficiência e excedente hídrico em diversas escalas de tempo. Sabe-se que a estimativa da disponibilidade de água é de fundamental importância para o planejamento das diferentes atividades humanas como a agricultura, pecuária, comércio, construção civil, abastecimento urbano e, inclusive, para as atividades relacionadas ao turismo.

De acordo com os dados do balanço hídrico, para o período de 1988 a 2018, dos principais postos inseridos nos municípios de Tianguá e Viçosa do Ceará, localizados no Planalto da Ibiapaba; Alcântras, no setor de sotavento do Maciço da Meruoca; Frecheirinha, Coreaú e Granja, na superfície erosiva rebaixada; e Camocim, nos tabuleiros pré-litorâneos/planície costeira, os valores de precipitação (P) e evapotranspiração potencial (ETP) apresentam-se positivos por ocasião do período chuvoso de janeiro a maio nos municípios de Tianguá e Viçosa do Ceará; de

janeiro a abril em Alcântras, Frecheirinha e Granja; de fevereiro a abril em Coreaú; e de fevereiro a maio no município de Camocim, o que implica em potencial de água no solo, repercutindo no desenvolvimento da vegetação, armazenamento de água nos aquíferos e escoamento superficial, havendo, portanto, reposição e disponibilidade de recursos hídricos para a área da bacia do Coreaú durante esse período.

Já os valores de evapotranspiração real (ETR) variam de 92,9 mm em janeiro para 2,2 mm em outubro, no município de Alcântras; de 157 mm em fevereiro para 10 mm em novembro, no município de Camocim; de 154 mm em fevereiro para 0,3 mm em outubro, no município de Coreaú; de 127 mm em janeiro para 1,7 mm em setembro no município de Frecheirinha; de 154 mm em fevereiro para 1,2 mm em novembro no município de Granja; de 86 mm em janeiro para 36 mm em novembro no município de Tianguá; e de 91 mm em janeiro para 41 mm em novembro no município de Viçosa do Ceará, apresentando, respectivamente, índices médios anuais de 46 mm, 82 mm, 66 mm, 64 mm, 67 mm, 66 mm e 71 mm (Gráficos 3, 4, e 5). Esses gráficos contemplam alguns municípios localizados no alto (Viçosa do Ceará), médio (Frecheirinha) e baixo (Camocim) curso da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

De acordo com o balanço hídrico dos postos pluviométricosda bacia do rio Coreaú, os municípios de Viçosa do Ceará (636,34 mm), Tianguá (497,21 mm) e Granja (323,41 mm) apresentam os maiores excedentes hídricos (EXC) totalizando 1.456,96 mm, onde os meses de março e abril concentram os maiores índices (Gráficos 6, 7 e 8).

A reposição hídrica (REP) ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, totalizando 1.126,61 mm.

A partir de maio, há um decréscimo das precipitações, na área da bacia do rio Coreaú, e o balanço hídrico sofre alteração, ou seja, torna-se negativa a precipitação efetiva (P-ETP), variando de -89,2 mm e -22,2 mm, respectivamente, em Camocim e Tianguá, para -9,4 mm e -4,6 mm, em Coreaú e Alcântras, respectivamente. Inicia-se a estação de deficiência de água (DEF) no solo, que irá se estender até dezembro/janeiro, perfazendo um déficit anual de -175,7 mm, em média (Gráficos 9, 10 e 11).

O posto pluviométrico (n. 48) da FUNCEME, no município de Flecheirinha, localizado na superfície erosiva rebaixada, indica que os meses de Janeiro, Fevereiro e março representam o período de reposição hídrica, destacando o mês de fevereiro com 46,06 mm. O excedente hídrico é observado nos meses de março (72,4 mm) e abril (107,35 mm), o que indica que houve excesso de água no período de 1988-2018. A época de deficiência hídrica inicia-se em maio e se prolonga até dezembro, estando nos meses de agosto (129,46 mm), setembro (-148,86 mm), outubro (-133,32 mm) e novembro (-138,58 mm), os maiores déficits hídricos. A precipitação efetiva (P-ETP) torna-se negativa a partir de maio com -20,5 mm, atingindo seus maiores índices em julho (-118,5

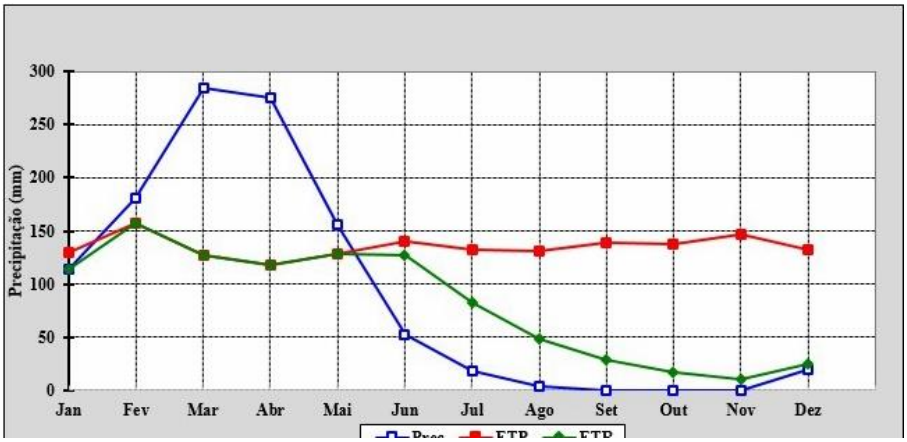


Gráfico 3 - Balanço hídrico normal do município de Camocim-Ceará, para o período 1988 a 2018. Legenda: Precipitação (Prec); Evapotranspiração Potencial (ETP) e Evapotranspiração Real (ETR). Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

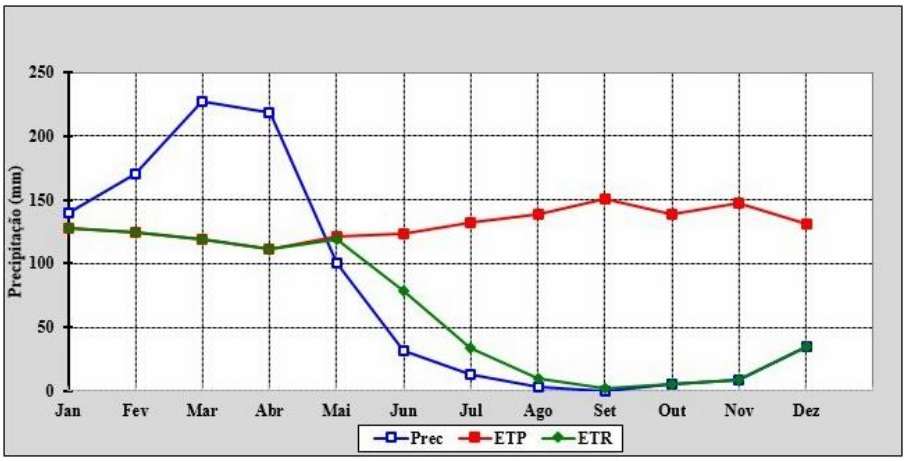


Gráfico 4 - Balanço hídrico normal do município de Frecheirinha-Ceará, para o período 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

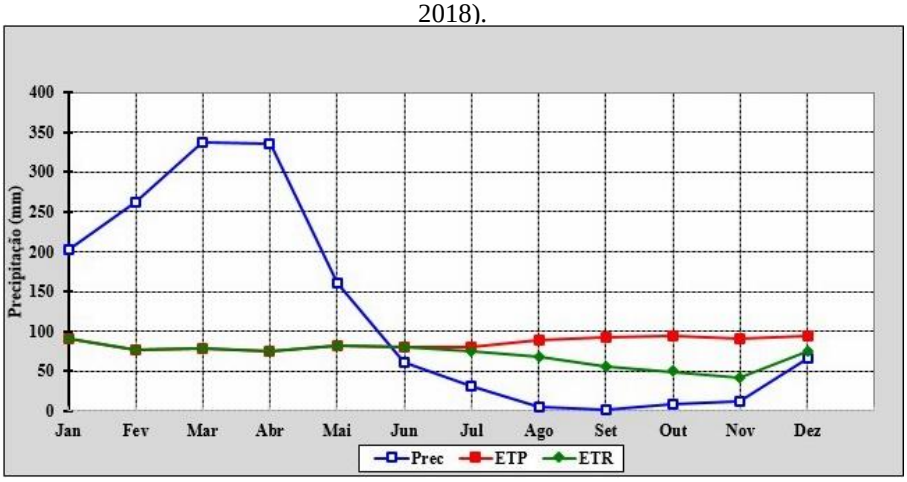


Gráfico 5 - Balanço hídrico normal do município de Viçosa do Ceará-Ceará, para o período 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018)

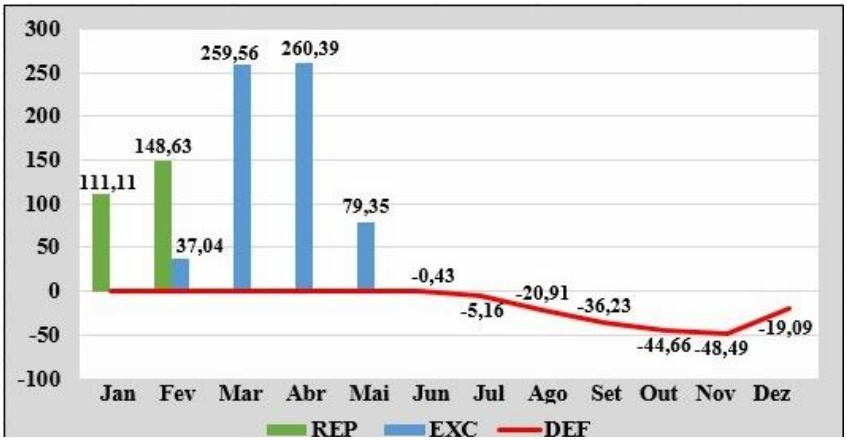


Gráfico 6 – Extrato do balanço hídrico do município de Viçosa do Ceará-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUNCEME (1988-2018).

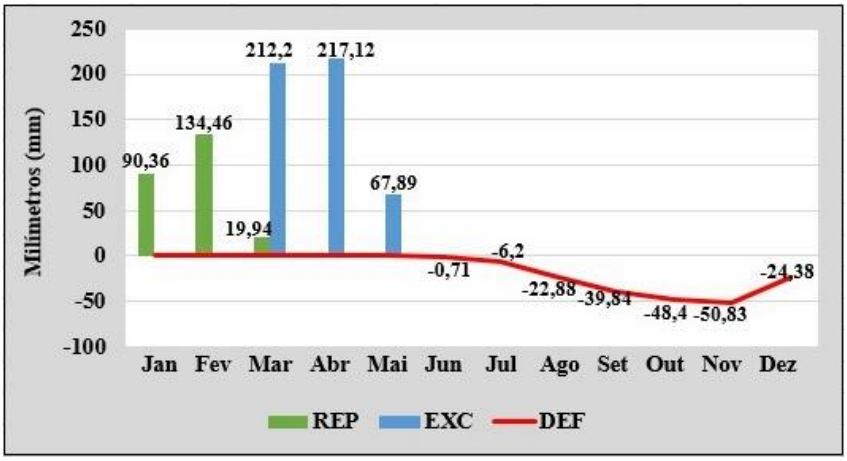


Gráfico 7 – Extrato do balanço hídrico do município de Tianguá-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUNCEME (1988-2018).

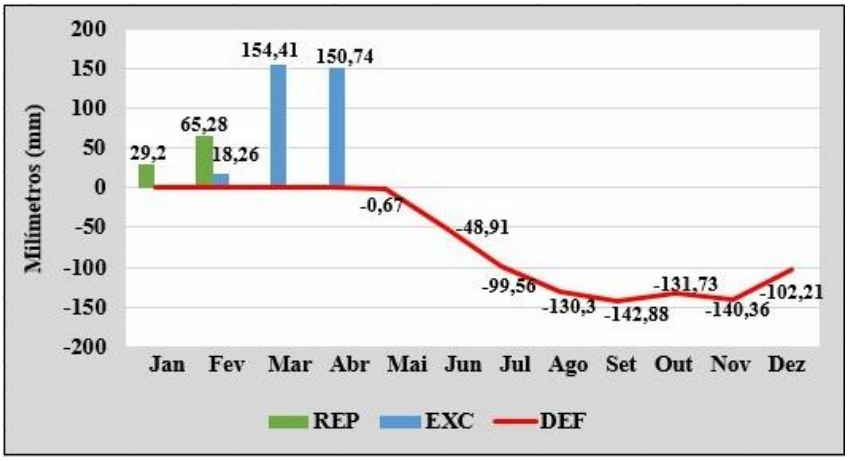


Gráfico 8 – Extrato do balanço hídrico do município de Granja-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUNCEME (1988-2018).

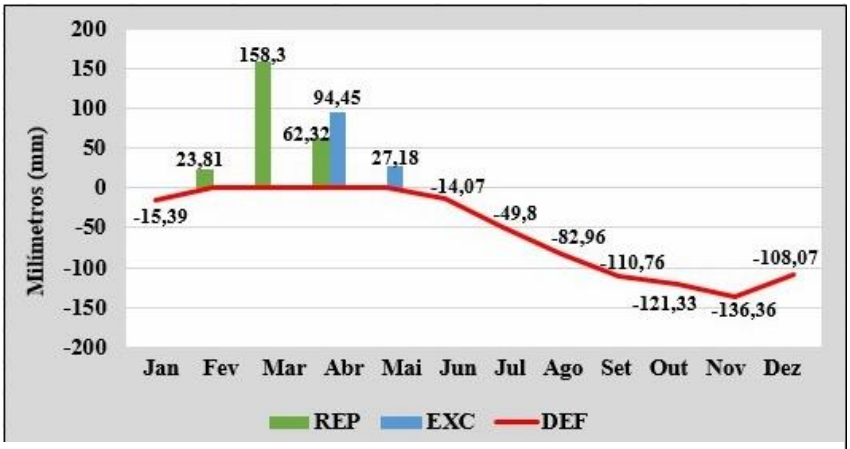


Gráfico 9 – Extrato do balanço hídrico do município de Camocim-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

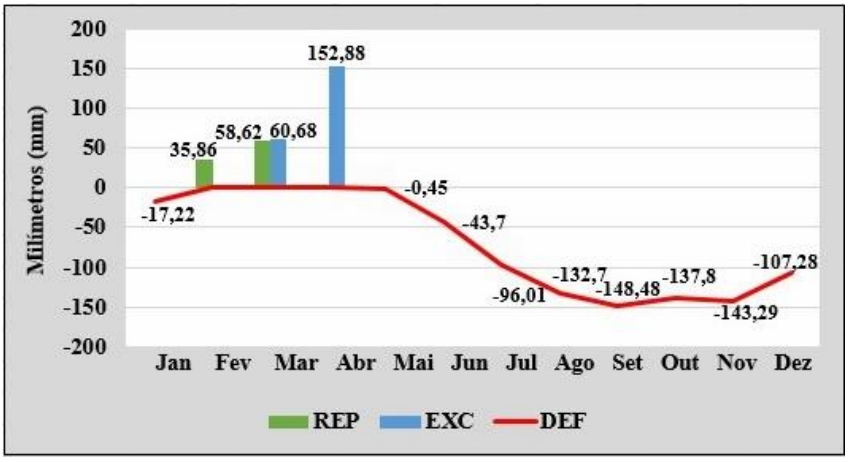


Gráfico 10 – Extrato do balanço hídrico do município de Coreaú-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

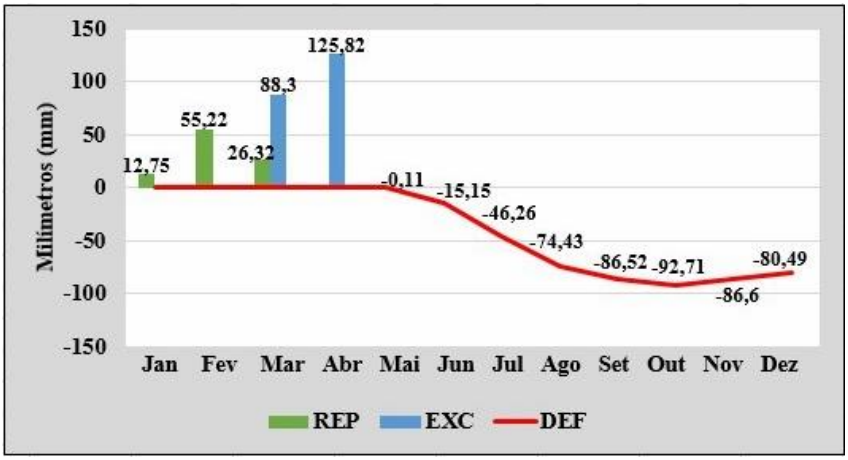


Gráfico 11 – Extrato do balanço hídrico do município de Alcântras-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).



Gráfico 12 – Extrato do balanço hídrico do município de Frecheirinha-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

mm), agosto (-135,7 mm), setembro (-150,4 mm), outubro (-133,6 mm) e novembro (-138,7 mm), quando a distribuição temporal da pluviosidade diminui significativamente, perfazendo um total de 64,71 mm, no segundo semestre (Gráfico 12).

Conforme constatado, considera-se que a bacia do rio Coreaú apresenta uma estação seca, com 6 (seis) meses, de julho a dezembro, quase sem chuva, com déficit hídrico anual oscilando de -826,93 mm no município de Coreaú para -174,97 mm em Viçosa do Ceará, e -193,24 mm em Tianguá, com uma média para a área de estudo de -557,88 mm. Já a quadra chuvosa, com duração de 4 (quatro) a 5 (cinco) meses, e concentração nos meses de janeiro a maio, implica em uma reposição hídrica, que apresenta total variando entre 259,74 mm (Viçosa do Ceará) e 94,48 mm (Coreaú, Frecheirinha e Granja), além de escoamento superficial intermitente e torrencial.

CONCLUSÃO

O presente estudo realizou uma análise dos aspectos hidroclimáticos, bem como do balanço hídrico, dos anos de 1988 a 2018, da bacia hidrográfica do rio Coreaú. Onde os principais mecanismos atmosféricos geradores de precipitação da área de estudo são a Zona de Convergência Intertropical; as Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis.

No que diz respeito ao balanço hídrico, este foi de suma importância para a interpretação e entendimento da dinâmica hídrica da bacia em questão, sendo inferido, de forma geral, que nos meses de janeiro a maio há maior incidência de chuvas o que acaba gerando recarga de água, tanto superficial quanto subsuperfial, e os períodos de estiagem, que vai de junho a dezembro, há déficit hídrico.

Tais dados podem servir para estudos futuros no âmbito do planejamento e gestão ambiental em áreas de bacias hidrográficas, zoneamentos ecológico-econômico, zoneamentos agroclimáticos, estudos prévios de demanda hídrica para culturas irrigadas, para o conhecimento do regime hidrológico.

REFERÊNCIAS

CEARÁ. Assembleia Legislativa do Ceará. **Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe**. Fortaleza: INESP, 2009. 119p.

CORDEIRO, A. M. N. **Análise socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora-Maranguape/Ceará, como subsídio ao planejamento territorial e à gestão ambiental**. 165f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de

Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

COSTA, M. H. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, **Caderno Didático**, n. 19, 22p, 1994.

COSTA, F. G. R.; SALES, M. C. L. HIDROCEL: cálculo do balanço hídrico climatológico através de planilhas eletrônicas de cáculo. In: **VII Encontro Nacional da ANPEGE**, Niterói, 2007.

CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 229-271.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 01, n. 1, p. 15-28, 2005.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia,** n.11, p.53-57, 1952.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2019. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em 28 de fevereiro de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal**. Fortaleza: IPCE, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/. Acesso: 02/02/2019.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: UFPA, 2006.

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Orgs.). **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, 1997. p. 13-33.

MOURA FÉ, M. M. **Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: gênese, modelagem e conservação**. 307f. Tese (Doutorado em Geografia)- Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de janeiro: IBGE, 1979. 480p.

PEREIRA, A. G. B.; SANTOS, G. O. **Balanço hídrico climatológico para o município de Rio Verde Goiás**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)- Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2016.

PEREIRA, F. M.; DUARTE, J. V. N.; DIAS, J. S.; ARAÚJO FILHO, G. C. Balanço hídrico como planejamento agropecuário para cidade de Pombal – PB, Brasil. In: II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro, 2015, Campina Grande. **Anais**... Campina Grande: FIEP, 2015. p. 1-6.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano estadual de recursos hídricos**. V. 4. Fortaleza: SRH, 1992.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilha no ambiente ExcelTM para cálculo de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SOUSA, E. S. Balanço hídrico uma ferramenta para gestão ambiental da cidade de Palmas – TO. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. **Anais**... Goiânia: IBEAS, 2012. p. 1-4.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 127-140.

_____. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs). **Ceará:** um novo olhar geográfico. 2.

ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 127-140.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance climatology. **Publications in Climatology**, v.8, n. 1, 104p, 1955.

UVO, C.; BERNDTSSON, R. Regionalization and spatial properties of Ceará state rainfall in Northeast Brazil. **Journal of Geophysical Research**, vol. 101, n. D2, p. 4221-4233, 1996.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 36 (v. Especial), p. 126-142. 2014.

_____. Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; CALVACANTE, T.; DANTAS, E. W. C.; (Orgs.). **Ceará**: Um Novo Olhar Geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 169-188.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Considerações sobre o clima e a hidrografia do Maciço de Baturité. In: BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité**: uma visão integrada das questões ambientais. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 61-75.

Capítulo 12

Influência do crescimento urbano na qualidade da água da lagoa de Maricá, Rio de Janeiro / Brasil

INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO URBANO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE MARICÁ, RIO DE JANEIRO / BRASIL

Dandara Bernardino[1], Vilmar Leandro Dias Ferreira[2], Camila Américo dos Santos[3], Fábio Ferreira Dias[4], Barbara Franz[5], Paulo Roberto Alves dos Santos[6], Julio Cesar de Faria Alvim Wasserman[7] & Elisamara Sabadini Santos[8]

[1] Universidade Federal Fluminense, Pós-graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói - RJ, CEP: 24.210-346, dandarabernardino@id.uff.br (autor correspondente).

[2, 3, 4, 5 e 6]Universidade Federal Fluminense, Instituto Geociências, Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói - RJ, CEP: 24.210-346, vldferreira@id.uff.br, camilaamerico@id.uff.br, fabioferreiradias@id.uff.br, barbara_franz@id.uff.br e paulorobertoalvess@gmail.com.

[7] Universidade Federal Fluminense, Instituto Geociências, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói-RJ, CEP: 24.210-346, julio.wasserman@gmail.com.

[8] Universidade Federal Fluminense, Centro de Estudos Gerais, Departamento de Geoquímica, Outeiro São João Batista Centro - Niterói, RJ - Brasil, CEP: 24.020-141, esabadini@gmail.com.

RESUMO

A zona costeira é uma região complexa e de grande importância, tanto ecossistêmica, quanto para o desenvolvimento das cidades costeiras. Nela são desenvolvidos diferentes tipos de atividades caracterizando-se como uma das áreas mais populosas do mundo. O crescimento urbano nas zonas costeiras é considerado um dos maiores desafios para a gestão desses espaços em todo o mundo, principalmente no que concerne ao controle de fontes poluidoras de corpos hídricos. As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas, recebem altas cargas de efluentes domésticos, industriais e agrícolas que desaguam em ambientes costeiros, gerando impactos como floração excessiva de algas e mortandade de peixes. A área de estudo, a lagoa de Maricá-RJ, vem sofrendo com esse tipo de impactos nas últimas décadas. Neste contexto este estudo buscou analisar a qualidade da água na principal bacia hidrográfica que deságua na lagoa de Maricá, por meio dos parâmetros de NO_2-, NO_3-, NH_4+, PO_{43}-, relacionando variáveis de crescimento urbano, através da aplicação do Normalized Difference Buid-up Index e da situação do sistema de esgotamento sanitário com o uso de dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os resultados indicaram que a urbanização intensa no município de Maricá no decorrer das últimas décadas associado à falta de um sistema de esgotamento sanitário adequado, exerce pressão sobre a lagoa de Maricá através do lançamento de efluentes domésticos sem tratamento na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Zona Costeira; Bacia hidrográfica; Gerenciamento Costeiros Integrado; Sensoriamento Remoto.

EFFECT OF THE URBAN GROWTH IN WATER QUALITY IN THE MARICÁ LAGOON, RIO DE JANEIRO/BRAZIL

ABSTRACT

The coastal area is a complex region of great importance, both for ecosystemic and for the development of coastal cities. In this different type of activities area are developed characterizing itself as one of the most populous areas of the world. The urban growth in coastal areas is considered one of the greatest challenges for the management of these sites around the world, mainly in respect to the control of pollutant sources of water bodies. The watersheds located in urban areas receive high loads of domestic, industrial and agricultural effluents, which flow into coastal environments, resulting in impacts such as excessive algae blooms and fish mortality. The Maricá Lagoon-RJ, study area in this paper, has been suffering from these impacts over the last decades. Given the background, this study pursued to analyze the water quality in the main watershed basin that flows into the Maricá lagoon, through the parameters of NO_2-, NO_3-, NH_4+, PO_{43}-, relating urban growth variables through the application of Normalized Difference Buid-up Index, as well as the situation of the sanitary sewage system using the data from the Demographic Census of IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics). The results pointed out that the intense urbanization in the city of Maricá over the last decades, associated with the lack of an appropriated sanitary sewage system, puts pressure on the Maricá Lagoon through the release of untreated domestic effluent into the watersheds.

Key-words: Coastal Zone; Watersheds; Integrated Coastal Zone Management; Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

A zona costeira, é caracterizada como uma região complexa e de grande importância ecossistêmica e para o desenvolvimento econômico das cidades costeiras. Nela são desenvolvidas diversas formas de uso, incluindo, o turismo, a agricultura, a pesca, os transportes marítimos e as atividades industriais tornando-se assim, uma das áreas mais populosas do mundo (PEREIRA et al., 2007).

O crescimento demográfico e o aumento de atividades potencialmente impactante em todo o mundo tornam crescente a preocupação com relação à qualidade das águas (LAMPARELLI, 2004). A zona costeira e suas bacias hidrográficas interagem funcionalmente através de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas (NICOLODI et al., 2009). Neste sentido, a qualidade da água dos rios que compõem uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com a forma de uso do solo e com o grau de controle sobre as fontes de poluição existentes na bacia (GUERRA, 2011).

As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas, recebem altas cargas de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, que desaguam em ambientes costeiros, transformando esses corpos hídricos em um grande reservatório de águas impróprias para várias finalidades fundamentais. Segundo Valiela (1992), as atividades humanas nas bacias costeiras produzem as principais fontes de nutrientes que entram em ecossistemas costeiros pouco profundos, como por exemplo algumas lagoas.

A inserção de nutrientes antropogênicos tem sido considerada um dos principais fatores de degradação nos sistemas lagunares, gerando graves impactos ambientais, como a floração de algas, o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas, mortandade de peixes, entre outros problemas tipicamente associados com o processo de eutrofização (SMOL, 2008; FULWILER et al., 2012; WANG et al., 2012; MENDES & SOARES, 2013).

CALLISTO et al. (2002), apontou que os múltiplos impactos antrópicos sobre os ecossistemas

aquáticos têm sido os responsáveis pela deterioração da qualidade ambiental de bacias hidrográficas extremamente importantes, sobretudo em território brasileiro.

O litoral do Rio de Janeiro é caracterizado pela presença de sistemas lagunares, que vem sendo afetado pelo processo de eutrofização e a floração de algas, como consequência de receberem um fluxo de água que atravessa regiões urbanas carregados de esgoto domésticos (KNOPPERS & KJERFVE, 1991; KJERFVE, 1994; SOARES et al., 2012).

A lagoa de Maricá vem sofrendo com os impactos como a mortandade de peixes e a floração excessiva de algas, no decorrer das últimas décadas. Neste contexto, este estudo tem o objetivo de analisar a qualidade da água na principal bacia hidrográfica que deságua na lagoa de Maricá, a bacia do rio Ubatiba , por meio dos parâmetros de NO_2-, NO_3-, NH_4+, PO_{43}- , investigar o desenvolvimento de ocupação da urbanização e verificar a situação do sistema de esgotamento sanitário do município.

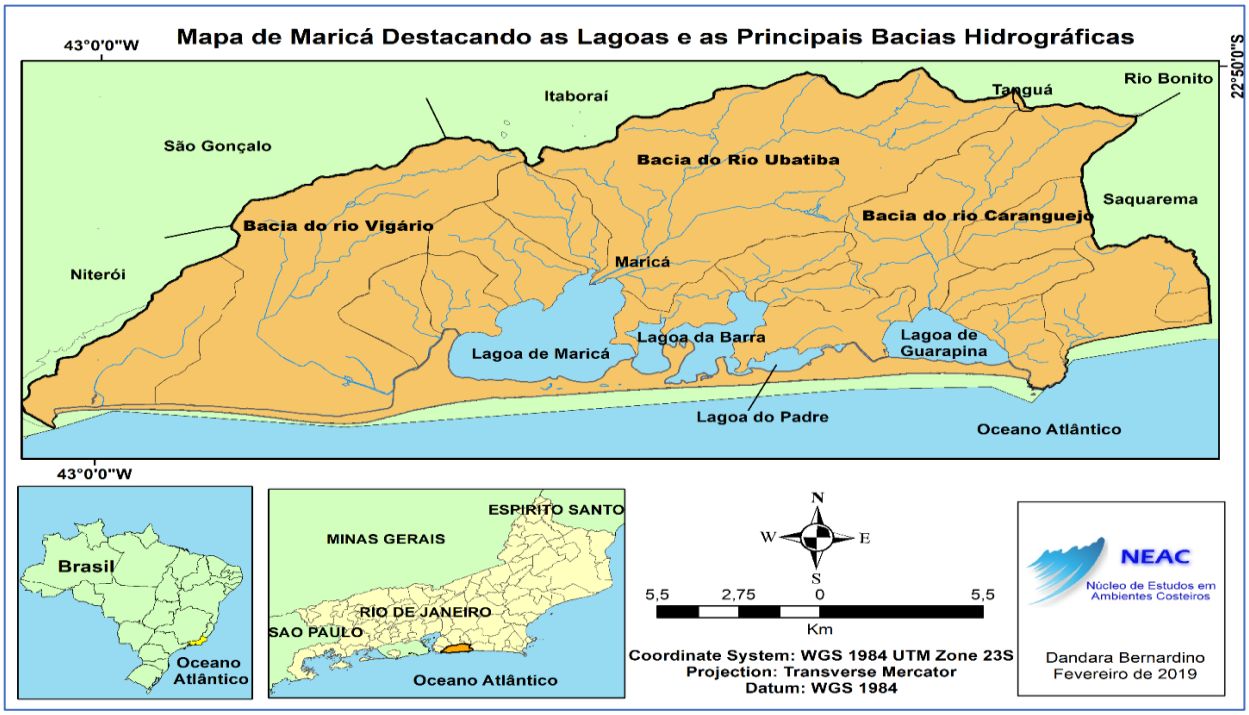


Figura 21 - Mapa de localização de Maricá estacando as lagoas do município e as principais bacias hidrográfica.

Segundo CARMOUSE & BARROSO (1989), desde a década de 70 a poluição doméstica atinge de forma frequente essas lagunas. Os principais problemas relacionados ao saneamento básico, especificamente à poluição hídrica e do tratamento de esgoto, são consequências diretas da ocupação urbana intensa e desordenada.

1.1 Caracterização da Área De Estudo

O município de Maricá está localizado na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, delimitado pelas coordenadas geográficas 22º53’ e 22º58’S e 42º40’ e 43º00W, fazendo fronteira com os municípios de Itaboraí (ao Norte), Saquarema (a Leste) e Niterói e São Gonçalo (a Oeste) (Figura 1). O principal acesso à cidade é feito pela Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106)

podendo também ser acessada pela rodovia RJ 114 e a BR 101. Atualmente o município é dividido em quatro distritos e conta com área territorial de 362.571Km², densidade demográfica de 351,55hab/Km² e população estimada de 153.008 para 2017 (IBGE, 2017).

Maricá está inserida em um sequenciamento de planícies costeiras que se estendem até o Parque Nacional de Jurubatiba, localizado nos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã (MUEHE & VALENTINI, 1996). Essas planícies nada mais são que cordões arenosos de origem marinha, intercalados por depressões intercordões e recobertos por vegetação de restinga (DANTAS et al., 2005).

A planície costeira de Maricá é caracterizada pela presença de duplos cordões litorâneos e lagunas associadas, formando o Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, por sua vez conectado ao oceano Atlântico por um canal no extremo leste desse litoral (SILVA et al., 2014). Segundo Turc et al., (1999), a primeira barreira arenosa foi formada durante o período Pleistoceno, enquanto a segunda barreira arenosa foi formada no final da transgressão do Holoceno, paralela à primeira.

O clima predominante na região é classificado como tropical quente e superúmido (BARROSO-VANACÔR et al., 1994). A temperatura média anual variou nas últimas décadas entre 27ºC e 30ºC e a precipitação varia entre 1.015 mm e 1635 mm por ano (INMET, 2017). As estações da primavera e do verão apresentam os maiores índices de chuva da precipitação anual. A umidade relativa do ar varia entre 80% a 90% devido à influência marinha (CRUZ et al., 2010). Os ventos possuem direções variadas: NE (estável), S/SE (frente fria) e N/NW (chuvas de verão) (ALMEIDA & SILVA-JUNIOR, 2007).

O Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, (Figura 2), ocupa área total de 38Km², sendo composto pelas lagoas de Maricá (18,2Km²), da Barra (6,2Km²), do Padre (3,1Km²) e a Guarapina (8,6Km²) incluindo dois canais artificiais, São Bento e Ponta Negra (CARMOUZE et al., 1994; BRUNO, 2013; SOUSA et al., 2013).

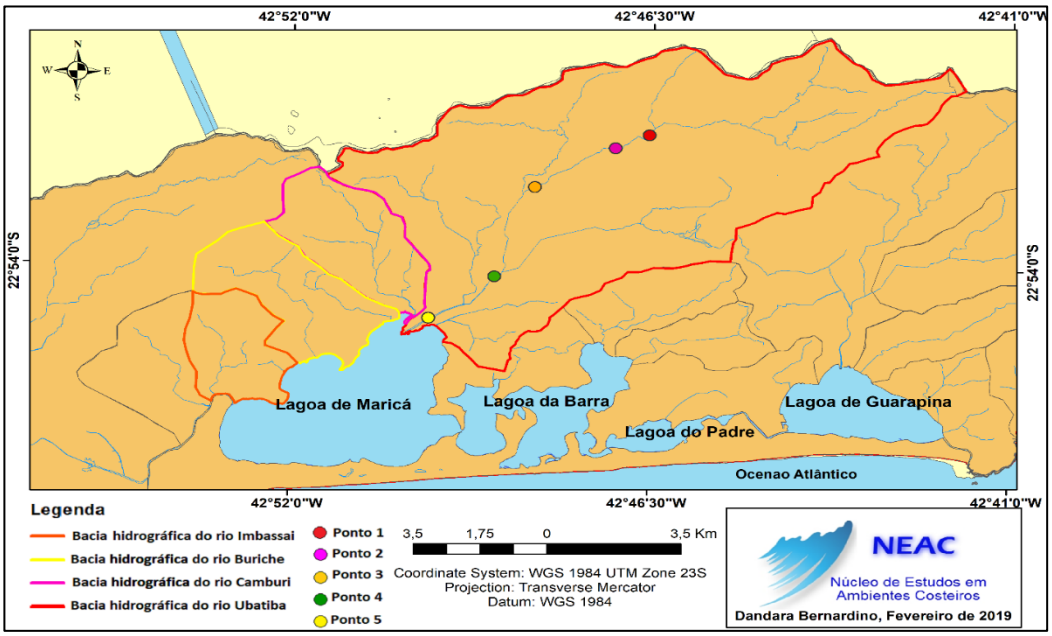


Figura 22 - Mapa de localização da área de interesse, a lagoa de Maricá e as Bacias dos rios: Ubatiba, Camburi, Buriche e Imbassaí, incluindo a posição dos pontos de amostragem.

A bacia de drenagem associada tem 350Km², apresenta a forma de um meio-anfiteatro rochoso, aberto para o oceano e cortado por três sub-bacias principais, a do rio Vigário, a do rio Ubatiba e do rio Caranguejo. A área de recorte do estudo é a Laguna de Maricá, recebe a drenagem oriunda da bacia do rio Ubatiba. Esta bacia é formada por pequenos cursos d'água que nascem no município e desaguam no sistema lagunar, tais como: o rio Mombuca, o Camburi, e os córregos Imbassaí, Itapeba e Burriche que desembocam na laguna de Maricá; os córregos Padre Guedes, Caju e Rangel que possuem sua foz na laguna da Barra; e os rios Doce, Bananal, Engenho, Nilo Peçanha e Paracatu, e os tributários Manuel Ribeiro, Caranguejo e Padeco que deságuam na laguna de Guarapina (COMISSÃO DE SANEAMENTO DA BAIXADA FLUMINENSE, 1934 apud CRUZ, 2010).

A bacia do rio Ubatiba se destaca em função de estar inserida quase que em totalidade no distrito de Maricá, passando inclusive pelo centro da cidade. O rio Ubatiba é o maior rio dessa bacia. Ele passa por outras denominações ao longo de seu percurso, começando como rio Silvado e terminando como rio Mumbuca PREFEITURA DE MARICÁ, 2006; 2015).

A Laguna de Maricá foi selecionada em função de estudos anteriores (ex.: KNOPPERS et al., 1994; GUERRA et al., 2013; CAMPANELI & MOLISANI 2015) apontarem esta laguna como a mais degradada do sistema. Além disso, em estudos como o de KNOPPERS et al., (1994) a laguna já se apresentava como eutrófica Com o desenvolvimento urbano e o crescimento populacional do município, intensificado a partir da construção da ponte Rio- Niterói na década de 1970 e da autoestrada Via-Lagos na década de 1990, os impactos ambientais no sistema lagunar ficaram mais evidentes, principalmente nas proximidades da lagoa de Maricá, que vem sofrendo consequências do desmatamento, da presença de aterros clandestinos e lançamento de efluentes não tratados (LINS DE BARROS, 2005; SOUSA et al., 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram investigadas a qualidade da água no corpo principal da bacia do rio Ubatiba, o desenvolvimento da mancha urbana nas principais micro- bacias que deságuam na lagoa de Maricá (microbacia do rio Ubatiba, sendo a maior, do rio Camburi, do rio Buriche, e do rio Imbassaí) e a situação do esgotamento sanitário na região.

Desenvolvimento da mancha urbana na bacia do rio Ubatiba

O desenvolvimento da mancha urbana foi mapeado por meio do Normalized Difference Build-up Index - NDBI, que é um índice radiométrico usado para o mapeamento rápido e identificação de áreas construídas em uma região, através do incremento de resposta espectral dessas áreas entre as bandas de infravermelho próximo e infravermelho médio (FRANÇA, 2012). Proposto por ZHA, GAO & NI (2003), este índice produz valores do nível digital que variam entre 1,0 e -1,0, em que valores positivos obtidos através da seguinte equação:

$$NDBI = \left(\frac{IVM - IVP}{IVM + IVP}\right)$$

onde, IVM representa o infravermelho médio, e o IVP o infravermelho próximo.

Para a aplicação do NDBI foram obtidas imagens orbitais satélites/sensores Landsat 5- TM/ Landsat 8- OLI para os anos de 2000, 2010 e 2015 respectivamente, no sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S. Geological Survey – USGS),

através da ferramenta Earth Resources Observation and Science (EROS). As datas das imagens foram selecionadas em função dos anos em que ocorreram os censos demográficos no Brasil com o objetivo de comparar com as informações obtidas nos censos.

Processamento dos dados

Com a finalidade de minimizar os efeitos causados por fatores externos foi realizado o ajuste da reflectância usando o software Landsat Tools nas bandas vermelho, infravermelho próximo e infravermelho para as imagens Landsat 5 - TM e Landsat 8 - OLI.

No software ENVI - Environment for Visualizing Images, com o intuito de melhorar a resolução espectral da imagem, foi aplicado o método Intensidade, Matiz e Saturação - IHS. Este recurso permite realizar a fusão de imagens com resolução distintas, onde três bandas com baixa resolução (RGB) são transformadas no espaço IHS. Neste espaço o componente I é substituído por uma imagem pancromática com alta resolução no retorno ao domínio RGB (TU et al., 2001).

Neste estudo, o IHS foi executado no software ENVI - Environment for Visualizing Images, para sua aplicação foram utilizadas três bandas multiespectrais nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho, com resolução de 30m. Também foi utilizada a banda pancromática 8, com resolução espectral de 15m.

Qualidade da água ao longo da bacia do rio Ubatiba

As análises da qualidade de água foram coletadas em 4 pontos ao longo do Rio Mumbuca, em função passar pela região com maior densidade urbana do município e em 1 ponto na foz na laguna de Maricá (Figura 2).

As coletas foram realizadas em fevereiro de 2017, com o uso de equipamento de proteção pessoal adequado (luva pvc e galocha); as amostras foram coletadas em frascos de polietileno previamente descontaminados (Extran e HCl 10%), identificados e acondicionados em caixa térmica com gelox mantendo as características da amostra.

Destaca- se que os parâmetros de temperatura e o pH foram aferidos no momento da coleta utilizando o medidor de pH/ORP HANNA modelo HI 8424. Em laboratório, uma alíquota das amostras brutas foi congelada e outra alíquota das mesmas amostras foram filtradas (filtros de celulose 0,45µm) e o material filtrado, congelado em frascos de polietileno até a realização das análises. Na porção da água filtrada foram realizadas as análises de NO_2-, NO_3-, NH_4+, PO_{43}- (nitrito, nitrato, amônio e fosfato) utilizando o método de investigação colorimétrica proposto por GRASSHOFF & KREMLING (1999), com a utilização do espectrofotômetro Kasuaki, modelo IL-227.

Análise de Indicadores Oficiais de Saneamento Básico

Analisaram-se dados referentes ao sistema de esgotamento sanitário por meio de informações obtidas no plano diretor de Maricá e no banco de dados do censo demográfico de 2000 e de 2010, obtidos no sítio oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Para tal, foram selecionadas as variáveis que correspondem às características de saneamento básico no município de Maricá, conforme Quadro I.

Descrição das variáveis selecionadas
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via **geral de esgoto ou pluvial**
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via **fossa séptica**
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via **fossa rudimentar**
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via **vala; rio, lago ou mar;**
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via **outro escoadouro.**

Quadro I - Descrição das variáveis do IBGE para o sistema de esgotamento sanitário.

Destaca-se que também foram usados dados dos censos demográficos de 2000 e 2010 para a investigação da quantidade de residências no município, com o objetivo de comparar as informações sobre o sistema de esgoto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da concentração de nutrientes na água ao longo do curso do rio Ubatiba, mostrou um aumento crescente nas concentrações de NO_2-, NO_3-, NH_4+ e PO_{43}- em direção à laguna. Os resultados de PO_{43}- em domínio fluvial variou entre 1,18 mg/L, 0,41mg/L, 1,7mg/L e 1.9mg/L (Ponto 1 ao 4); na lagoa (ponto 5) os resultados apresentaram média de 6,17mg/L, aumentando consideravelmente nas proximidades do exutório, onde o adensamento demográfico maior.

As concentrações de NO_2-, NO_3-, NH_4, também aumentaram do ponto 1 ao 5, onde em domínio fluvial o NO_2- correspondeu: 0,24mg/L, 0,23mg/L, 0,42mg/L, 0,33mg/L; o NO3-: apresentou valores abaixo do limite de detecção em todas as amostras e o NH_4: 2,20g/L, 1,03mg/L, 1,75mg/L, 2,26mg/L. Na lagoa a média dos resultados obtidos para NO_2-, NO_3-, NH_4 foram, 0,001mg/L, 0,25mg/L e 5,04mg/L.

As menores concentrações dos nutrientes nitrogenados, encontradas no ponto 2, podem ser explicadas por sua localização logo após a estação de captação de águas, onde a utilização de bombas hidráulicas (observadas n loco) provoca considerável oxigenação. Outros comportamentos marcantes foram os encontrados nos pontos 4 e 5, com tendência de aumento das concentrações de NH_4+ e queda das concentrações de nitrito e nitrato. Cabe destacar que o aumento das concentrações de NH_4+ e PO_{43}-, indicam um aumento da entrada de efluentes domésticos que refletem a condição redutora da laguna decorrente do excesso de matéria orgânica e do processo de remineralização da mesma (LAMPARELLI, 2004; TUNDISI & TUNDISI, 2008).

É possível observar uma relação entre o aumento da concentração de NH_4+ e PO_{43}- (principais indicadores e da presença de efluentes domésticos em ambientes hídricos); os resultados do mapeamento da mancha urbana na bacia, onde os resultados permitiram identificar uma intensa e progressiva concentração

urbana próxima à laguna, como pode ser observado nas figuras 3, 4, 5 e 6. Segundo Dias (2003), em ambientes como estuários e lagunas devido aos amplos recursos, eram atrativos para a ocupação humana desde a Pré-História.

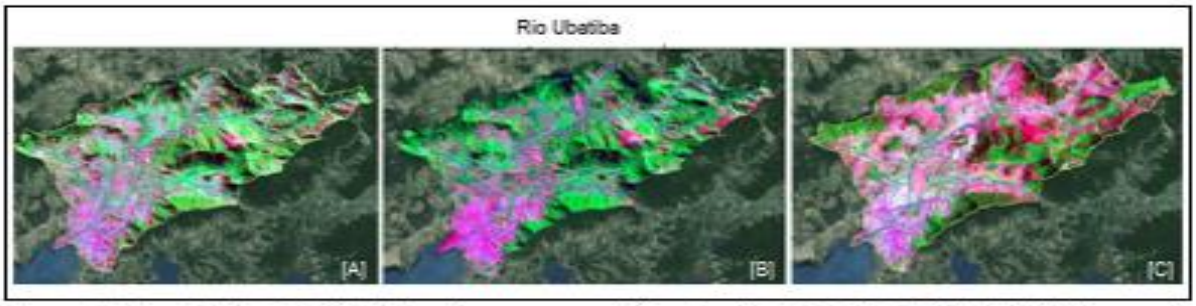


Figura 3 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Ubatiba para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].

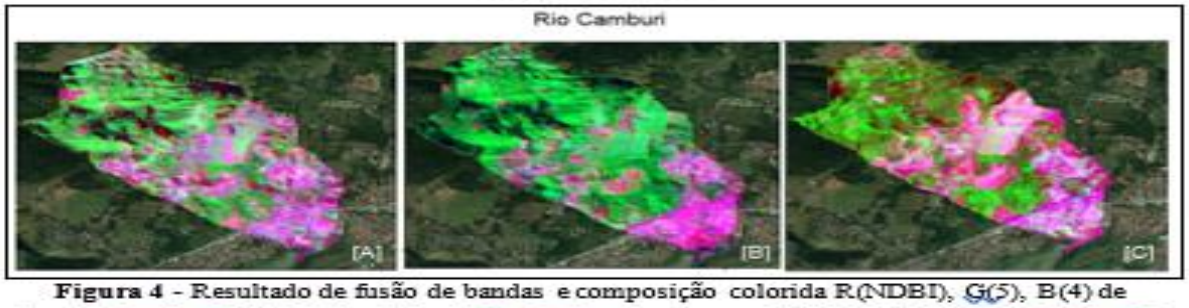


Figura 4 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Camburi para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].



Figura 5 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Buriche para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].



Figura 6 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Imbassai para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].

A bacia do rio Ubatiba apesar de apresentar baixa percentagem de mancha urbana, correspondendo à 11% (ano de 2000), 15% (ano de 2010) e 12% (ano de 2015), quando comparada com as outras microbacias é possível notar que a área total mapeada apresenta a maior extensão urbana. Isto está relacionado ao fato desta ser a maior do município com cerca de 79km² de extensão.

A microbacia do rio Buriche apresentou mancha urbana de 39% (4,46Km²), 42% (4,81Km²) e 45% (5,18Km²) entre os anos de 2000, 2010 e 2015 respectivamente. Imbassaí com mancha urbana de 54% (4,01Km²), 51% (3,76Km²) e 64% (4,77Km²). Por fim, Camburi com mancha urbana de 39% (2,84km²), 22% (2,38Km²) e 29% (3,14km²) nos anos de 2000, 2010 e 2015, respectivamente, observar figura 7. Destaca-se que, as reduções na malha urbana entre os anos de 2000 e 2010 nas imagens de NDBI das bacias de Camburi, Imbassaí e Ubatiba podem estar relacionadas com as condições da vegetação. Segundo ZHA et al. (2003), a resposta espectral de uma área construída pode ser confundida com a respostas de solo expostos ou áreas desmatadas, interferindo na interpretação mais detalhada. Na Espanha, GARCÍA & PÉREZ (2016), também diagnosticaram a interferência de solos expostos e áreas intensamente erodidas e/ou compactadas com pouca capacidade de infiltração.

No município de Maricá o sistema de esgotamento sanitário através da rede coletora da cidade abrange cerca de 12% (5.3000) das ligações. Cabe destacar que o distrito de Maricá(sede), onde localiza-se a bacia do rio Ubatiba, possui a maior rede coletora da cidade e atende cerca de 25% das residências. Ressalta-se que o município de Maricá, conta apenas com uma Estação de Tratamento de Esgoto, do tipo primária, localizada no bairro de Araçatiba (Figura 8). Segundo o PSBPM, a ETE de Araçatiba é a principal do município, porém não tem capacidade para tratar todo o esgoto gerado na cidade. Ademais, acaba funcionando como uma passagem secundária (by-pass) para o sistema lagunar. Tornando-se, por fim, um sistema unitário.

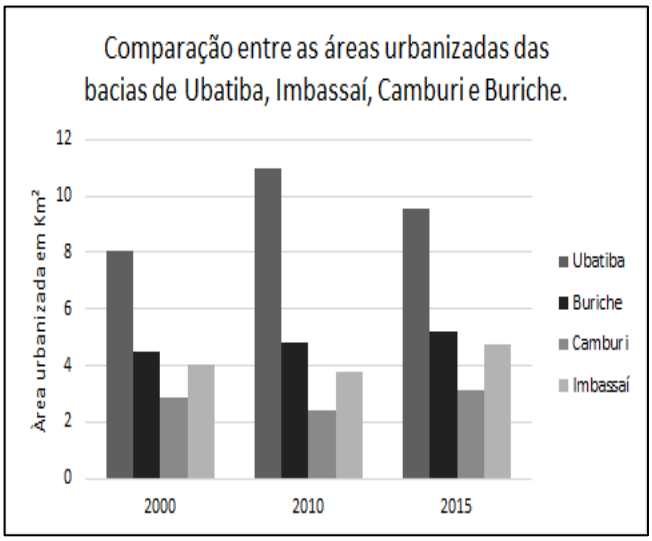


Figura 7 - Comparação entre a extensão em Km2 da área urbanizada mapeada através da imagem gerada de NDBI, para as bacias de Ubatiba, Imbassai, Camburi e Buriche.

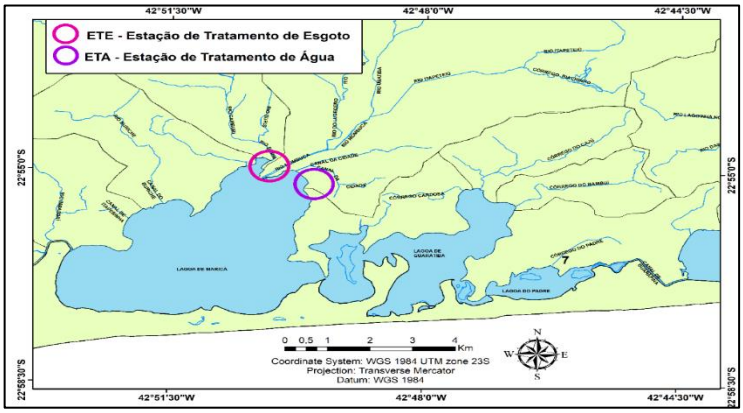


Figura 8 - Mapa de localização da Estação de Tratamento de Esgoto e da Estação de tratamento de Água de Maricá. Fonte: Adaptado de Prefeitura de Maricá (2006).

De acordo com a Prefeitura de Maricá (2015), através do Plano de Saneamento Básico Preliminar de Maricá-PLBPM, o sistema de rede coletora é do tipo

separador absoluto, no entanto, funciona de forma precária.

DIAS & ROSSO (2011), evidenciam que no município do Rio de Janeiro essas redes (separador absoluto) não são operadas de forma correta, em função das interconexões arbitrárias sem projetos formais, improvisadas, ou mesmo, quando concebidas são aplicadas de forma precária gerando reflexos sobre a eficiência dos sistemas de saneamento.

Segundo moradores, em conversa informal, muitos sistemas de esgoto são ligados diretamente na rede pluvial. Essa informação é confirmada no PSBPM, onde relata que muitas casas efetuam ligações clandestinas de esgoto nas redes de drenagem quando existentes ou até mesmo o lançamento in natura em cursos d'água (PREFEITURA DE MARICÁ, 2015). ARCHELA et al., (2003), afirma que essa prática é muito comum no Brasil.

Os resultados indicaram também que os sistemas de esgotamento sanitário predominantes em Maricá são a fossa séptica (51,9%) e rudimentar (28,2%), provavelmente por serem sistemas simples e econômicos. No Brasil cerca de 67% dos municípios utilizam o sistema de fossas sépticas como principal alternativa. No Sudeste, esse valor gira em torno de 33, 8% (SNIS, 2016).

Contudo, a maioria destas fossas não possui instalação ou manutenção adequada, possibilitando que o esgoto da residência (incluindo pia, lavanderia e chuveiro) seja retido nela. Isto ocasiona a mistura de águas com sabão, podendo combater as bactérias capazes de decompor microrganismos patogênicos (PESSANHA, 2007). Além disso, muitas fossas sépticas, por negligência ou falta de recursos financeiros da população, acabam extravasando e invadindo os sistemas de coletas pluviais (ARCHELA et al., 2003).

Estimando o crescimento em 10 anos - até 2020 - com base nas informações apresentadas, verifica-se que a degradação da lagoa de Maricá será intensificada se mantiver esse padrão. O que é muito preocupante, uma vez que a lagoa de Maricá já se encontrando em avançado estado de eutrofização conforme estudo recente de BEZERRA (2018).

Neste contexto, Gerenciamento Integrado da Zona Costeira - GIZC mostra-se uma importante ferramenta na regulação e controle do crescimento urbano nas zonas costeiras, auxiliando na redução de impactos sobre os corpos hídricos (RODRIGUEZ et al., 2009). Isso porque a intensa ocupação sem planejamento adequado é responsável por causar pressão sobre os ecossistemas costeiros.

No entanto, apesar da GIZC ser uma abordagem amplamente aceita para a gestão sustentável do ambiente costeiro, alguns estudos como o de WU et al. (2012) e RODRIGUEZ et al. (2013) mostram uma fragilidade dos programas de gestão costeira com relação as fontes de poluição, principalmente do que concerne efluentes domésticos e industriais, e a manutenção da qualidade ambiental dos ecossistemas costeiros e marinhos.

No Brasil, um dos principais entraves apontados no estudo de OLIVEIRA & NICOLODI (2012), na aplicação do Projeto Orla, que se trata de um projeto de gerenciamento costeiro integrado, foi a definição nas formas de apoio à implementação de ações propostas nos Planos de Gestão e a melhoria efetiva da atuação das comissões técnicas estaduais e o acompanhamento dos comitês de gestores locais.

Uma abordagem que vem surgindo, neste sentido, no cenário internacional é o projeto Blue Cities. Este projeto é voltado para a gestão de água em ambiente urbano e busca através de intervenções como criação de corredores verdes, meandrização de rios, criação de

edifícios verdes, tratamento de efluentes urbanos, entre outros, restaurar paisagens verdes urbanas e a função hidrológica natural (UNEP, 2011). Além de reduzir a poluição de corpos hídricos, este projeto, se aplicado de forma adequada ou algumas ações pontuais poderia suprir as lacunas apontadas, uma vez, que um dos principais objetivos é a recuperação das bacias hidrográficas (UNEP, 2008; 2011).

CONCLUSÃO

O estudo apontou que a bacia hidrográfica do Rio Ubatiba não dispõe de sistema adequado de esgotamento sanitário, uma vez que apenas de 25% das residências são atendidas pelo sistema de rede de coleta. Além disso, foi observado que houve um aumento da concentração de NH_4+ e $PO_{43}-$, indicando maior entrada de efluentes domésticos no rio Mumbuca no sentido da laguna de Maricá. Tal situação é corroborada pelos resultados do mapeamento da bacia do Rio Ubatiba, onde mostra que o crescimento da mancha urbana se dá no sentido da laguna de Maricá, onde a concentração é maior.

O cenário descrito indica que a qualidade da água do rio Mumbuca, reflete as formas de uso e ocupação do solo da bacia do rio Ubatiba, bem como a gestão ineficiente com relação a gerenciamento de águas urbanas. Além disso, contribui para a degrada da laguna de Maricá intensificando os eventos de floração de algas e mortandade de peixes associados ao processo de eutrofização.

A degradação das águas na bacia configura um típico problema de gerenciamento de águas urbanas que a médio e longo prazo, podem afetar significativamente as esferas sociais, econômicas e ambientais, podendo, desta forma, vir a comprometer também questões relacionadas à saúde pública.

Neste contexto, o desenvolvimento de uma conscientização integrada torna-se imprescindível, com a implementação de uma governança mais participativa dentre os diversos atores da região, a implementação de projetos de gestão de águas para o aprimoramento de coleta, tratamento e destinação de efluentes. Estas questões devem considerar aspectos de usos e ocupação do solo, bem como, os de recuperação e manutenção da qualidade dos mananciais hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo e apoio financeiro e pelo Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros (NEAC) pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.M. & SILVA-JUNIOR, G.C. 2007. Fatores hidrogeológicos no estudo da intrusão salina em aquíferos costeiros da região litorânea do município de Maricá-RJ. Yearbook of the Institute of Geosciences, Universidade Federal Rio de Janeiro, 104-117.

ARCHELA, E.; CARRARO, A. FERNANDES, F. BARROS, O.N.F. & ARCHELA, R.S. 2003. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. Geografia, 12(1):517-525. (doi.org/10.5433/2447-1747.2003v12n1p517).

BRUNO, R.L.M. 2013 Reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, RJ, com base em foraminíferos bentônicos. Pesquisas em Geociências, 40 (3): 259-273.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de hábitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnologica Brasiliensia, v.34, n.1, p.91-98, 2002.

Campaneli, L.B. & Molisani, M.M. 2016. Mudança do estado trófico de lagunas costeiras do estado do Rio De

Janeiro nos Últimos 30 Anos. In: V Seminário Regional sobre Gestão de Recursos Hídricos. Macaé (RJ-BR).

CARMOUZE, J.P. & BARROSO, L.V. 1989. Recent environmental modifications of the lagoon of Saquarema and its watershed, Rio de Janeiro, Brazil (1989). In: International Symposium on Global Changes in South America During Quaternary: Past - Present – Future, ABEQUA/INQUA, São Paulo, Brazil, 65-69.

CARMOUZE, J.P. 1995 Asphyxie des lagunes côtières de l'état de Rio de Janeiro. ORSTOM Actualités, (46), 23-26.

CRUZ, A.C. 2010. Análise de intervenções no sistema lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil 63p.

BEZERRA, D.B. 2018. A Influência do Crescimento Urbano na Qualidade da Água da Laguna de Maricá-Rj Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 133.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E. MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. & CARVALHO-FILHO, A. (2005) Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/pesquisas/APA_Mangaratiba/Dantas_etal_2005.pdf>. (Acesso em 08/ 2017).

DIAS, A.P. & ROSSO T.C.A. 2011. Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto – Separador absoluto – na cidade do Rio de Janeiro. ENGEVISTA, 13(3):177-192. (doi.org/10.22409/engevista.v13i3.301).

DIAS, J.M.A. 2003. GESTÃO INTEGRADA DAS ZONAS COSTEIRAS: MITO OU REALIDADE? In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Recife-PE. http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/03_2ZCPEP_Recife_AD1.pdf.

FRANÇA, A.F.; TAVARES-JUNIOR, J.R. & MOREIRA-FILHO, J.C. 2014. Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da laguna Olho D'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Anais IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, Pernambuco,1 -9.

FULWEILER, R.W.; RABALAIS, N.N. & HEISKANEN, A.S. 2012. The eutrophication commandments. Marine Pollution Bulletin, 64:1997–1999. (doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.025).

GANGAI, I.P.D. & RAMACHANDRAN, G. 2010. The role of spatial planning in coastal management—A case study of Tuticorin coast (India). Land Use Policy, 27(2):518– 534. (doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.007)

GARCÍA, P. & PÉREZ, E. 2016. Mapping of soil sealing by vegetation indexes and built-up index: A case study in Madrid (Spain). Geoderma, 268:100–107. (doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.012)

GUERRA, L.V.; SAVERGNINI, F.; SILVA, F.S.; BERNARDES, M.C. & CRAPEZ, M.A.C. 2011. Biochemical and microbiological tools for the evaluation of environmental quality of a coastal lagoon system in Southern Brazil. Brazilian Journal of Biology, 71(2):461-468. (doi.org/10.1590/S1519-9842011000300016)

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (2017) População. Cidades: Maricá. In: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/marica/panorama. (Acesso em 20/07/2017).

INMET - INSITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2017. Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos.

http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf. Acesso em 10/01/2018.

KJERFVE, B. 1994. Coastal lagoons. In: Kjerfve B (ed) Coastal lagoon processes. Amsterdam, Elsevier, 576p. (ISBN 978-0-080-87098-4)

KNOPPERS, B.; KJERFVE, B. & CARMOUZE, J.P. 1991. Trophic state and water turn-over time in 6 choked coastal lagoons in Brazil. Biogeochemistry, 14(2):149-166.

LAMPARELLI, M.C. 2004. Graus de trofia em corpos d'agua do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Dissertação de Doutoramento, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 235p.

LINS-DE-BARROS, F.M. 2005. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Sócio-Econômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, 6(2): 83-90. (doi.org/10.20502/rbg.v6i2.54)

MENDES, C.L.T. & SOARES-GOMES. 2013. A First signs of changes to a tropical lagoon systemin the southeastern Brazilian coastline. Journal Coast Conserv, 17:11–23. (dói/10.1007/s11852-012-0214-3)

MUEHE, D. & VALENTINI, E. 1998. O litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental. Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro, Brasil, 99p.

NICOLODI, J.L. ZAMBONI, A. & BARROSO, G. F. 2009. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. Revista da Gestão Costeira Integrada, 9(2):9-32. (Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-115_Nicolodi.pdf).

OLIVEIRA, M.R.L. & NICOLODI, J.L. 2012. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público. Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management, 12(1):89-98. (dói/10.5894/rgci308)

PEREIRA, L.C.; JIMÉNEZ, J.A.; MEDEIROS, C. & DA COSTA, R. M. 2007. Use and occupation of Olinda littoral (NE, Brazil): guidelines for an integrated coastal management. Environmet Management, 40(2):210-8. (doi:10.1007/s00267-005-0281-4)

PESSANHA, M.M.M. 2007. A percepção da população de Itaipuaçú perante a degradação ambiental e poluição das águas subterrâneas. Completion of course work, Latu Sensu Projeto a Vez do Mestre, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. http://www.avm.edu.br/monopdf/26/margarida%20maria%20marins%20pessanha.pdf.

PLANSAB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. 2013. Ministério das Cidades, Brasília, Brasil. http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf.

PREFEITURA DE MAIRCÁ. 2015. Plano municipal de saneamento básico de Maricá. 175p. https://www.marica.rj.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/.

PREFEITURA DE MARICÁ. 2006. Plano diretor participativo de Maricá: Relatório do Diagnóstico. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 168p.

PREFEITURA DE MARICÁ. 2016. Iniciada dragagem de córregos em Itaipuaçu. In: https://www.marica.rj.gov.br/2016/10/27/iniciada-dragagem-de-corregos-em-itaipuacu. (Acesso 01/12/2017).

PREFEITURA DE MARICÁ. 2017. Prefeitura intensifica dragagem de rios e canais. In: https://www.marica.rj.gov.br/2017/03/09/prefeitura-intensifica-dragagem-de-rios-e-canais/. (Acesso 01/12/2017).

RODRÍGUEZ, Á.L.; SIERRA-CORREA, P.C. & RIVERA, P.L. 2013. Criteria for incorporating the guidelines of the integrated coastal zone management (ICZM) in territorial land use planning: study case for the Colombian Pacific Coastal Area. International Journal of Marine Science, 3(29):225-237. (doi: 10.5376/ijms.2013.03.0029)

RODRIGUEZ, I.; MONTOYA, I; SÁNCHEZ M.J. & CARREÑO, F. 2009. Geographic Information Systems applied to Integrated Coastal Zone Management Geomorphology, 107 (1-2):100-105. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.0.023>. Acesso em: Agosto de 2017.

SILVA ALC, SILVA MAM, GRALATO JCA & Silvestre CP (2014) Caracterização Geomorfológica e Sedimentar da Planície Costeira de Maricá (Rio De Janeiro)/ Geomorphological and Sedimentary Characterization of the Maricá Coastal Plain (Rio de Janeiro State). (doi.org/10.20502/rbg.v15i2.470)

SMOL, J.P. 2008. Pollution of Lakes and Rivers - A Paleoenvironmental Perspective. 396p., Blackwell Publishing, Oxford. (ISBN 978-1-405-15913-5)

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SANEAMENTO. 2016. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. Ministério das Cidades, Brasília, Brasil 212.

SOUSA, L.G.R.; Miranda, A.C. & Medeiros, H.B. 2013. O sistema lagunar de Maricá: um estudo de impacto ambiental. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9 (2):153-165. (ISSN: 1980-0827)

SOUSA, L.G.R.; MIRANDA, A.C. & MEDEIROS, H.B. 2013. O sistema lagunar de Maricá: um estudo de impacto ambiental. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9 (2):153-165. (ISSN: 1980-0827)

TU, T. SU, S. SHYU, H.C.; Huang, P.S. 2001. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. Optical Engineering, 40(5):720-728. (doi:10.1117/1.1355956)

TUNDISI, J.G. & TUNIDISI, T.M. 2008. Limnologia. 632 p., Oficina de textos, São Paulo. (ISBN 978-85-86238-66-6)TURQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C. & TASAYACO- ORTEGA, L. 1999. Origin and evolution of the quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers B, Bidone ED, Abrão JJ (eds) Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil. Série Geoquimica Ambiental, Niterói, Brasil.

UNEP – United Nations Environment Programme. 2008. Blue Cities Guide: Environmentally Sensitive Urban Development. UNEP, Nairobi.

UNEP – United Nations Environment Programme. 2011. Green Hills, Blue Cities: an ecosystems approach to water resources management for African cities. A Rapid Response Assessment, UNEP, Nairobi.

VALIELA, I. 1995. Nutrient cycles and ecosystem stoichiometry. In: VALIELA, I. (ed) Marine Ecological Processes. Boston University, Boston, p. 425-454. (doi.org/10.1007/978-1- 4757-4125-4).

WANG, Y.; LIU, D.; DONG, Z.; DI, B. & SHEN, X. 2012. Temporal and spatial distributions of nutrients under the influence of human activities in Sishili Bay, northern Yellow Sea of China. Marine Pollution Bulletin, 64:2708–2719. (doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.024)

WU, X. Q; GAO, M.; WANG, Y.; LU, Q.S. & ZHANG, Z.D. 2012. Framework and practice of integrated coastal zone management in Shandong Province, China. Ocean & Coastal Management, 69:58-67. (doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.07.030).

ZHA, Y.; GAO, J. & NI, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing, 24(3):583–594. (dói.org/:10.1080/01431160210144570.

Capítulo 13
Morfodinâmicas do relevo da área de influência da planície costeira de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil)

MORFODINÂMICAS DO RELEVO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE PELOTAS (RIO GRANDE DO SUL, BRASIL)

Anderson Rodrigo Estevam da Silva[1] & Moisés Ortemar Rehbein[2]

[1] Universidade Estadual do Paraná, Praça Coronel Amazonas, s/n, União da Vitória-PR, Brasil, CEP 84.600-000, aestevam7@gmail.com
[2] Universidade Federal de Pelotas, Rua Coronel Alberto Rosa, 154, Pelotas-RS, Brasil, CEP 96010-770, moisesgeoufpel@gmail.com

RESUMO

Situado em grande parte na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), o município de Pelotas evidencia um espaço geográfico sobremodo condicionado por morfologias de relevo dessa morfoescultura. No município, em áreas da PCRS assenta-se a terceira cidade mais populosa do Rio Grande do Sul, segundo o censo demográfico de 2010, e todos modais de transporte de que participa o município (rodoviário, hidroviário, ferroviário e aéreo), além das atividades de agricultura intensiva, pesca e explotação de areia e argila. Assim, a partir do mapeamento das morfologias de relevo, objetivou-se analisar as morfodinâmicas do relevo (processos geomorfológicos atuais) da área de influência da PCRS em Pelotas. A metodologia pautou-se em Ab'Sáber (1969) e Ross (1992). O mapeamento em escala 1:125.000 possibilitou identificar fatos geomorfológicos em três níveis hierárquicos: 1º) morfoestrutura da Bacia de Pelotas; 2º) morfoescultura da Planície Costeira; 3º) padrão morfológico de pontal (área: 0,6km²; altitude: 1 a 2m; declividade: < 2%), planície (250,81km²; 3 a 13m; < 2%), duna (0,62km²; 10 a 15m; < 2%), lombada (15,8km²; 14 a 17m; < 2%) e terraço (390,02km²; 14 a 23m; < 2%). Entre as principais morfodinâmicas analisadas, observou-se em: padrão de pontal e planície: (a) oscilação periódica do lençol freático em superfície; (b) redução da infiltração e intensificação do escoamento superficial (decorrente da redução da permeabilidade do solo nas áreas de usos urbanos e da compactação do solo pelo pisoteio de animais e trânsito de maquinário pesado); (c) alteração de hidrodinâmicas lagunar e paludial (ocasionada por controle antrópico da erosão de margem lagunar e seccionamento de áreas úmidas por usos urbanos e rurais); (d) alteração de hidrodinâmicas alúvio-lagunares (devido ao seccionamento de áreas úmidas por usos urbanos; controle antrópico da erosão fluvial em colos de meandro; retificação e transposição fluvial); (e) suscetibilidade à erosão laminar em solo exposto (por práticas agrícolas); (f) erosão laminar e linear (ativada em taludes não fitoestabilizados de rodovias e em solo exposto); (g) solapamentos em margens de abrasão de reservatório de água; (h) assoreamento fluvial (devido a obras rodoviárias); padrão de terraço e lombada: (a) oscilação periódica do lençol freático em superfície; (b) suscetibilidade à erosão laminar em solo exposto (em decorrência de práticas agrícolas); (c) erosão laminar e linear (ativada em descontinuidades de aclive desprovidas de cobertura vegetal); (d) redução da infiltração e intensificação do escoamento superficial (decorrentes da redução da permeabilidade do solo nas áreas de usos urbanos e da compactação do solo pelo pisoteio de animais e trânsito de maquinário pesado); (e) alteração de hidrodinâmicas alúvio-lagunares (em virtude de retificação e transposição fluvial; aterramento, impermeabilização e seccionamento de áreas úmidas por usos urbanos); padrão de duna: (a) fitoestabilização; (b) remobilização de materiais por erosão eólica. Diante desses resultados, considera-se formado auxílio à delimitação do condicionamento da morfologia do relevo às dinâmicas fluviais, lagunares e paludiais, as quais definem limitações do sistema físico-ambiental à intervenção antrópica.

Palavras-chave: Padrões de relevo, Processos morfodinâmicos, Planície Costeira, Pelotas

RELIEF MORPHODYNAMICS OF THE INFLUENCE AREA OF COASTALPLAIN OF PELOTAS (RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL)

ABSTRACT

Located mostly in the Rio Grande do Sul Coastal Plain (PCRS), the municipality of Pelotas highlights a geographical space particularly conditioned by relief morphodynamics of this morphosculpture. In the municipality, in PCRS areas, you find the third most populated city of Rio Grande do Sul, according to the demographic census of 2010, and all tranportation modals the municipality involves (highway, waterway, railway and airway), besides intensive agriculture activities, fishing and sand and clay exploitation. Thus, the purpose was to analyze the relief morphodynamics (current geomorphologic processes) of the PCRS influence area in Pelotas, from the mapping of the relief morphologies. The methodology was centered in Ab'Sáber (1969), Ross (1992) and "Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística" (IBGE) (2009). The mapping on 1:125.000 scale enabled identifying geomorphological facts in three hierarchical levels: 1st) Morphostructure of Pelotas Basin; 2nd) Morphosculpture of Coastal Plain; 3rd) Morphological patterns of pontal (area: 0,6km²; altitude: 1 to 2m; slope: < 2%), plain (250,81km²; 3 to 13m; < 2%), dune (0,62km²; 10 to 15m; < 2%), lombada (15,8km²; 14 to 17m; < 2%) and terrace (390,02km²; 14 to 23m; < 2%). Among the main analyzed morphodynamics it has been observed: pattern of pontal and plain: (a) periodic oscillation of the water table on surface; (b) reduced infiltration and intensification of surface run-off (resulting from the reduction of soil permeability in areas of urban land use and the compaction of the soil due to animal trampling and heavy machinery traffic); (c) change of lagoon and paludal hydrodynamics (caused by erosion anthropic control of lagoon margin and sectioning of humid areas by urban and rural land uses); (d) change of fluvio-lagoon hydrodynamics (due to the sectioning of humid areas by urban land uses; anthropic control of river erosion in meander necks; river rectification and transposition); (e) susceptibility to laminar erosion in exposed soil (by agricultural practices); (f) laminar and linear erosion (activated in non phytostabilized slopes of roads and in exposed soil); (g) overlappings in abrasion margins of water reservoir; (h) river silting (due to road works); pattern of terrace and lombada: (a) periodic oscillation of the water table on surface; (b) susceptibility to laminar erosion in exposed soil (because of agricultural practices); (c) laminar and linear erosion (activated in aclive discontinuities devoid of vegetal land cover); (d) reduced infiltration and intensification of surface run-off (because of the reduction of soil permeability in areas of urban land use and soil compaction by animal trampling and heavy machinery traffic); (e) change of fluvio-lagoon hydrodynamics (due to river rectification and transposition; earthwork, impermeabilization and sectioning of humid areas by urban land uses); pattern dune: (a) phytostabilization; (b) remobilization of materials by wind erosion. Given these results, it is considered formed assistance to the delimitation of conditioning of relief morphology to river, lagoon and paludal dynamics which define the limitations of the physical-environmental system to anthropic intervention.

Key-words: Landform patterns, Morphodynamics processes, Coastal Plain, Pelotas

INTRODUÇÃO

As morfodinâmicas dizem respeito aos processos internos (movimentos sísmicos, vulcanismo, magmatismo, tectonismo) e externos (intemperismo, erosão, acumulação) da crosta terrestre que alteram as formas de relevo na atualidade (FLORENZANO, 2008). Junto a esses processos geomorfológicos ativos, a ação antropogênica destaca-se ao desencadear e intensificar alterações no modelado terrestre, as quais são motivadas por desmatamento, taludes de cortes, aterros, entre outros (ROSS, 1992; GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T., 2008). Assim, constata-se que não existem somente relevos naturais, mas também relevos tecnogênicos cujo agente geomórfico é o ser humano (PELOGGIA & OLIVEIRA, 2005).

Acerca da área de influência da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) no município de Pelotas,

identifica-se um espaço geográfico sobremodo condicionado por formas de planícies, dunas e terraços, indicadas por Rosa (1985), Cunha (1996a), Cunha & Silveira (1996), Tomazelli & Villwock (2000) e IBGE (2003). Áreas mais elevadas dessa parte do município (terraços) foram ocupadas quando da produção de charque a partir do final do século XVIII, onde teve início a organização do aglomerado urbano atual (MAGALHÃES, 1993). Na influência da PCRS em Pelotas, está assentada a terceira cidade mais populosa do Rio Grande do Sul (RS), conforme o censo demográfico de 2010 (IBGE, 2016), e todos modais de transporte de que participa o município (rodoviário, hidroviário, ferroviário e aéreo), além das atividades de agricultura intensiva, pesca e explotação de areia e argila. As dimensões desta área correspondem a aproximadamente 720km², 40km de comprimento e 20km de largura média.

Diante dessa realidade socioambiental, resultante da inter-relação de variáveis do meio natural e do meio socioeconômico e cultural, este trabalho teve como objetivo analisar as morfodinâmicas do relevo da referida área de influência da PCRS. Para tanto, procedeu-se a partir do mapeamento das morfologias (morfografias e morfometrias) de relevo.

METODOLOGIA

Este trabalho obteve fundamentação teórico-metodológica nos trabalhos de Ab'Sáber (1969) e Ross (1992). Ambos autores orientaram a hierarquização do relevo.

Ab'Sáber (1969) propõe um conceito composto por três níveis de tratamento para o estudo do relevo no Quaternário, os quais compreendem:

1º) Compartimentação topográfica: análise de níveis topográficos e características do relevo, com ênfase na morfografia (descrição qualitativa das formas de relevo) e na morfometria (caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas – altitude, amplitude altimétrica, declividade, entre outras);

2º) Estrutura superficial da paisagem: relação de depósitos correlativos a condições climáticas, com ênfase na morfogênese (origem e desenvolvimento das formas de relevo);

3º) Fisiologia da paisagem: análise de morfodinâmicas (processos geomorfológicos atuais).

Ross (1992), de maneira mais detalhada, entende o relevo por meio de seis níveis taxonômicos. Estes níveis estão ordenados segundo a gênese e cronologia do modelado terrestre, conforme descrito a seguir.

1º) Unidade morfoestrutural (macroestrutura): corresponde a escudos antigos, faixas de dobramentos proterozoicos, bacias paleomesozoicas e dobramentos modernos. Suas constituições lito-estruturais são diferenciadas e apresentam os resultados da ação morfoclimática na formação das morfoesculturas.

2º) Unidades morfoesculturais: resultam da ação morfoclimática que esculpe as morfoestruturas associando-se aos processos tectogenéticos. Correspondem a áreas de planaltos, planícies e depressões.

3º) Unidades morfológicas ou unidades de padrões de formas semelhantes: referem-se ao conjunto de formas de morfoesculturas, diferenciadas pelo formato de topos, rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, vertentes e vales de cada padrão existente. A unidade morfoescultural pode abarcar várias unidades morfológicas.

4º) Tipos de formas de relevo: correspondem a cada uma das formas das unidades morfológicas. Caracterizam-se por serem de agradação (planícies fluviais, lacustres e palustres, terraços) e de degradação (colinas, morros, cristas).

5º) Tipos de vertentes: dizem respeito a qualquer vertente componente das formas do relevo, seja ela convexa, retilínea, plana, aguçada, abrupta ou côncava

quanto a seu segmento. As vertentes caracterizam-se por serem dimensões menores do relevo, de gênese e idade mais recentes, onde ocorre de maneira evidente a esculturação do momento atual do tempo geológico.

6º) Formas de processos atuais: referem-se às menores formas, resultantes de processos geomórficos e da intervenção antrópica nas vertentes. Essas formas decorrem, em grande parte, das interferências antropogênicas, caracterizando-se por sulcos, ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamentos, depósitos tecnogênicos, escavações.

de vertentes e formas de processos atuais (ROSS, 1992). No entanto, devido à escala de representação do produto final (1:125.000) este estudo não abrangeu os tipos de vertentes, e os processos atuais foram somente mencionados.

Do ponto de vista operacional, a metodologia se constituiu de cinco etapas, conforme listadas a seguir:

1) Revisão bibliográfica: revisou-se aspectos e processos geológicos (CPRM, 2008), climatológicos (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE CAPÃO DO LEÃO, 2000), hidrográficos e pedológicos

Dado digital	Tipo de representação	Escala cartográfica	Resolução espacial	Fonte
Limites municipais	Vetorial (polígono)	1:250.000	-	IBGE (2013)
Curvas de nível (20m); Pontos cotados (metros); Hidrografia (cursos fluviais e corpos d'água).	Vetorial (linha e polígono)	1:50.000	-	Hasenack e Weber (2010)
Imagem de radar SRTM	Matricial	-	~30m	INPE (2016)
Imagem de satélite Landsat 5 TM (Bandas 3, 4 e 5)	Matricial	-	~30m	INPE (1985; 1986; 2000; 2011)
Fotografias aéreas digitalizadas (Voo SH-22-T – Faixas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 13A, 14)	Matricial	1:40.000	-	ALM (1953)
Mapa Geológico do RS*	Vetorial (polígono)	1:750.000	-	CPRM (2008)
Mapa Pedológico de Pelotas	Matricial	1:100.000	-	CUNHA (1996b)

Quadro 2 - BDG. *No contexto da área de estudo, este mapa teve como base as cartas geológicas atualizadas por Favilla et al. (2000) na escala 1:250.000.

Em suma, entendeu-se os níveis de compartimentação topográfica e estrutura superficial da paisagem (AB'SÁBER, 1969) correlacionados aos táxons de morfoestrutura, morfoescultura, padrões de formas, tipos de formas e tipos de vertentes (ROSS, 1992); ao passo que o nível de fisiologia da paisagem (AB'SÁBER, 1969) correlacionado aos táxons de tipos (CUNHA & SILVEIRA, 1996; CUNHA, 1996a; 1996b), tendo em vista considerações sobre atributos morfológicos (morfográficos e morfométricos) do relevo.

2) Organização de Banco de Dados Geográficos (BDG): definiu-se os dados digitais listados no quadro I;

3) Cartografia e geoprocessamento de base: em ambiente computacional de Sistema de Informações Geográficas, processou-se os materiais do BDG para a geração de Planos de Informação (PIs) referentes a mapas-base (de declividade, altimetria, topografia, hidrografia, litoestratigrafia, solos e usos e coberturas da terra), composições coloridas de imagens de satélite e anáglifos de fotografias aéreas;

4) Mapeamento de unidades morfológicas (padrões de formas semelhantes de relevo): os PIs de curvas de nível (com equidistância de 1m), declividade e altimetria, extraídos de imagem de radar (SRTM), auxiliaram o mapeamento de rupturas de declive, com base na análise visual da rugosidade topográfica, das descontinuidades lito-pedológicas e da área de influência de corpos d'água. Esta influência foi analisada em composições coloridas de imagens de satélite (com datações posteriores aos maiores índices de chuva) e em anáglifos de fotografias aéreas;

5) Análise de morfodinâmicas do relevo: sobrepôs-se os usos e coberturas da terra aos padrões de relevo. Simultaneamente, anáglifos de fotografias aéreas e imagens de satélite (composições coloridas) auxiliaram a identificação de feições de processos geomorfológicos ativos. Na sequência, foi-se a campo (nas datas de 29/10/2015, 10/10/2016 e 11/10/2016) para validar as informações. Para tanto, realizou-se a observação de formas de processos atuais não evidenciados na escala dos produtos cartográficos, bem como análises visuais e táteis de materiais pedogenéticos com vistas a um melhor entendimento dos processos erosivos e deposicionais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Morfoestrutura da Bacia de Pelotas

A Bacia de Pelotas possui área de aproximadamente 210.000km² e está localizada no extremo sul da Margem Continental Brasileira e nordeste da Margem Continental Uruguaia (BARBOZA et al., 2011). Essa Bacia limita-se em sua porção norte, com a Bacia de Santos, no Alto de Florianópolis (DIAS et al., 1994), ao passo que no sul, com a Bacia de Punta Del Este, no Alto de Polônio, no Uruguai (URIEN & MARTINS, 1978 apud BARBOZA et al., 2011).

O desenvolvimento da Bacia de Pelotas está atrelado à abertura do oceano Atlântico Sul, devido a esforços extensionais do continente Gondwana, quando da separação entre a América do Sul e a África há cerca de 65 milhões de anos (MENEGAT et al., 1998). Com este evento, teve início o condicionamento para a evolução da Província Costeira (MENEGAT et al., 1998), enquanto parte correspondente à fisiografia superficial da Bacia de Pelotas (BARBOZA et al., 2008), onde a área de estudo está situada no que se define por PCRS (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000) (morfoescultura), ou, mais especificamente, Planície Costeira Interna Gaúcha (IBGE, 2003). Na borda oeste da área de estudo, o afloramento da estrutura granítico-gnáissica pré-cambriana do Escudo Sul-Rio-Grandense (morfoestrutura) conforma o Planalto Sul-Rio-Grandense (PSRG) (morfoescultura), na Província Mantiqueira (WILDNER & LOPES, 2010).

Morfoescultura da Planície Costeira do Rio Grande do Sul

No contexto da Bacia de Pelotas, a morfoescultura da PCRS, segundo Tomazelli & Villwock (2000), caracteriza-se por abranger cerca de 33.000km², possuir largura maior que 100km em alguns setores, comprimento de aproximadamente 620km e apresentar cotas altimétricas, majoritariamente inferiores a 40m. Para os mesmos autores, sua linha de costa apresenta orientação

nordeste-sudoeste, com limite, ao norte, na foz do Rio Mampituba, e, ao sul, na foz do Arroio Chuí.

Conforme Tomazelli & Villwock (2000), a dinâmica que concerne as características evolutivas da PCRS envolve dois tipos de sistemas deposicionais, sendo eles o Sistema de Leques Aluviais, que decorre da agradação de sedimentos por meio de processos exógenos à borda de terras altas do PSRG, adjacentes à PCRS; e os Sistemas Laguna-Barreira, que se desenvolveram lateralmente a leste do PSRG e marcam o máximo de uma transgressão, seguida de uma regressão marinha.

É provável que, simultâneo à denudação do PSRG, os sistemas deposicionais do tipo "Laguna-Barreira" tenham sido formados na ocorrência de quatro principais glácio-eustatismos do Quaternário, sendo três pleistocênicos e um holocênico. Em razão disso, constata-se a formação de corpos lagunares como a Laguna dos Patos, Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira, assim como a definição de terraços, dunas e planícies (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2000).

Padrões de formas semelhantes de relevo

Na área de influência da PCRS em Pelotas, a cota altimétrica mais elevada registra 30m na parte oeste e a mais baixa 1m na parte sul, ou seja, uma amplitude altimétrica de 29m. De maneira geral, a ocorrência de cotas mais elevadas prevalece onde os cursos fluviais drenam a interface das morfoesculturas (PCRS e PSRG), ao passo que cotas mais baixas onde há o deságue de cursos fluviais na Laguna dos Patos, Lagoa Pequena e Canal São Gonçalo.

As descontinuidades de aclive, indicadas pelas rupturas de declive e pela declividade, evidenciam áreas de patamares dominantes entre 14 e 23m de altitude, os quais estão, geralmente, entremeados por áreas relativamente deprimidas, que predominam com altitudes entre 1 e 13m. Em sua maior parte, ambas as áreas são caracterizadas por declividades de relevo plano (< 2%), sendo somente mais inclinados os segmentos de vertente referentes ao desnível do contato entre as áreas relativamente altas e baixas.

Esses patamares são mais próximos aos corpos d'água na parte sul do que na parte nordeste da área de estudo. Em função disso, identificam-se variações altimétricas menores e declives mais suaves no nordeste do que no sul. No nordeste, as variações altimétricas, do contato entre os patamares e as áreas relativamente deprimidas, não alcançam mais que 10m de amplitude e a declividade predomina com menos de 2%; no sul, estas variações chegam a mais de 20m e a declividade é mais acentuada.

Nesse sentido, identificam-se cinco padrões morfométricos do relevo, os quais caracterizam a predominância de declividades baixas (< 2%), com distinções quanto às altitudes. As altitudes identificadas referem-se a intervalos hipsométricos que variam aproximadamente de: 1 a 2m; 3 a 13m; 10 a 15m; 14 a 17m; e 14 a 23m. A partir dessas informações e considerando-se aspectos morfográficos da superfície, com base em Cunha & Silveira (1996), Cunha (1996a) e Guerra, A. T. & Guerra, A. J. T. (2008), definem-se padrões morfológicos de relevo afeiçoados em: pontal, planície, duna, lombada e terraço.

O padrão em terraços é o mais distribuído espacialmente, sendo que sua extensão soma mais da metade da área de estudo com 390,02km² (59,29%). O padrão em planícies ocorre enquanto superfícies deprimidas entre os terraços; este mesmo padrão também ocorre no entorno da Lagoa Pequena, nas margens do Canal São Gonçalo e no baixo curso dos Arroios Fragata, Santa Bárbara (área onde o curso foi retilinizado), Pelotas, Contagem e Corrientes. A área do padrão em planícies corresponde a mais de um quarto da área de estudo com 250,81km² (ou 38,13%).

O padrão em lombadas está situado entre o baixo curso do Arroio Pelotas e a Laguna dos Patos, e destaca-se com 15,8km² (ou 2,4%). No sul da área de estudo, estão o padrão em dunas e o padrão em pontal, cuja área, respectivamente, é de 0,62km² (0,09%) e 0,6km² (0,09%).

A figura 1 apresenta o mapa de padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira de Pelotas, com as respectivas morfografias e morfometrias identificadas.

as caracteriza como um ambiente bastante úmido. Nessas formas de relevo predomina a cobertura herbácea relativa a vegetações de áreas periódica ou permanentemente alagadas, cujos solos dominantes são Gleissolos e Neossolos para planície e Gleissolos para pontal (CUNHA & SILVEIRA, 1996).

Conforme Cunha & Silveira (1996), nessas áreas, as terras não seriam aptas para cultivos aráveis em função da vulnerabilidade a inundações e da dificuldade para a irrigação. Entretanto, cultivos de

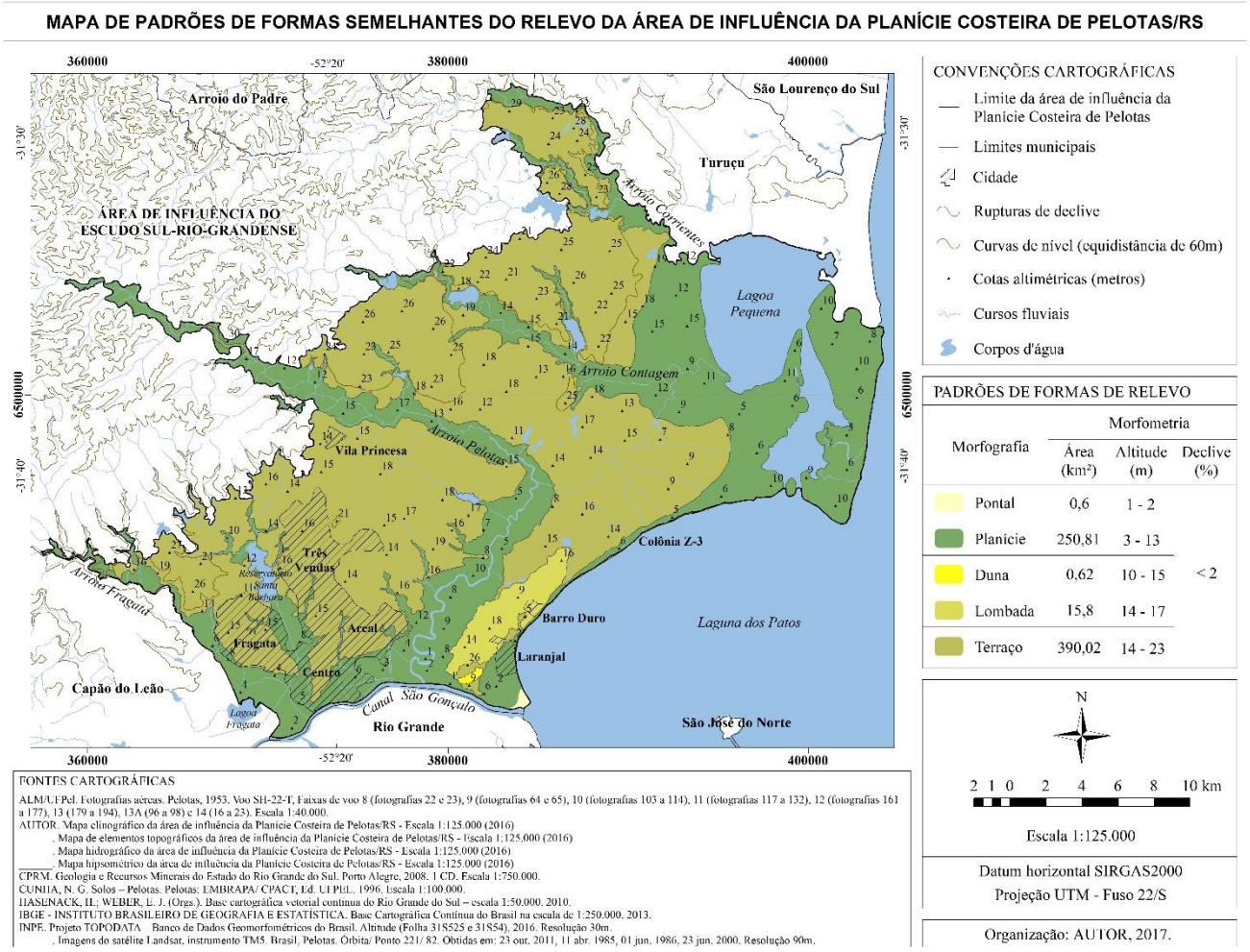


Figura 23 - Mapa de padrões de formas semelhantes de relevo da área de influência da Planície Costeira de Pelotas.

Processos ativos em padrões de formas semelhantes de relevo
Padrões de pontal e planície

As formas de pontal e planície guardam semelhanças quanto ao lençol freático superficial que

arroz irrigado são observados em planície da margem oeste da Lagoa Pequena. Nesse caso, em virtude da baixa declividade atrelada à influência de cursos fluviais e corpos lagunares, a área apresenta oscilação periódica do lençol freático e suscetibilidade à erosão laminar (escoamento superficial difuso).



Figura 2 - 1° plano – alagamento em área edificada sobre antiga planície de inundação do Arroio Santa Bárbara; 2° plano – terraço fluvial. Fonte: G1 – globo.com, 20/02/2013.

Por sua vez, as áreas úmidas permanentemente alagadas em planície de ambiente paludial das proximidades da Lagoa Fragata e margens do sangradouro da Lagoa Pequena impossibilitam qualquer uso agrícola (CUNHA & SILVEIRA, 1996). Seu uso, de acordo com Cunha & Silveira (1996), deve ser feito mediante atividades voltadas à recreação e ações de proteção à fauna e à flora.

Considerando-se os acumulados pluviométricos de eventos climáticos extremos analisados por Hansmann (2013) e Rutz (2015), as áreas urbanizadas sofrem com a recorrência de inundações em locais onde a morfologia original do relevo condiciona a concentração da água pluvial em depressões correspondentes a planícies que, ora impermeabilizadas, apresentam o aumento do escoamento superficial em virtude do impedimento à infiltração da água no solo. A isso se soma, na região administrativa Centro, a retificação de parte do Arroio Pepino e do Arroio Santa Bárbara.

Como exemplo das repercussões da retificação e transposição de parte do Arroio Santa Bárbara, a figura 2 ilustra planície alagada na R. Tiradentes (1º plano) e terraço evidenciado por ruptura de declive positiva no cruzamento da R. Tiradentes com a R. Mal. Deodoro (2º plano). A área é densamente urbanizada, com aterramento de áreas úmidas referentes ao antigo canal Santa Bárbara. As ruas tornam-se leitos pluviais que escoam rapidamente a água da chuva para depressões relativas, de maneira que a influência da morfologia original do relevo torna-se evidente.

Ainda com relação à planície do Arroio Santa Bárbara, registram-se morfodinâmicas na área do reservatório de água que abastece Pelotas. No reservatório, a alteração de um estado lótico para lêntico da água e a ação dos ventos e das ondas desenvolvem margens de abrasão em que os declives acentuam o efeito da gravidade e o recuo das margens. Entende-se que isso esteja relacionado às características do manto de alteração pouco coeso e friável constituído por material pedogenético de depósitos alúvio-coluvionares (CUNHA, 1996). Os materiais oriundos da abrasão das margens somados a sedimentos transportados por tributários podem definir feições deposicionais. Assim, há condições para o aumento da carga de fundo e de suspensão, do que pode resultar o assoreamento do reservatório e a diminuição de seu tempo útil (figura 3).



Figura 24 - Solapamentos em margens de abrasão do reservatório Santa Bárbara. Fonte: AUTOR, 10/10/2016

Próximo à confluência do Canal São Gonçalo com o Arroio Pelotas, há o aumento da área urbana às margens dos meandros fluviais. A expansão urbana avançou por ambientes paludiais e diminuiu a abrangência espacial das dunas, alterando aquíferos e habitats de reprodução de espécies animais (SELMO & ASMUS, 2006). Além disso, em planície sob influência do Arroio Pelotas identifica-se a alteração de morfodinâmicas decorrentes de construções de estradas de acessos às moradias.

A figura 4 registra a área urbanizada às margens do Arroio Pelotas. Na margem direita, situa-se o bairro Marina Ilha Verde; na esquerda, bairro Recanto de Portugal. Ambos os bairros são de alto padrão socioeconômico e constituem conflito legal de uso, pois ocupam Área de Preservação Permanente (APP)[19] referente a faixa marginal do Arroio Pelotas. Há aterramento de áreas úmidas, impermeabilização de superfície, supressão de mata ciliar e contenção de erosões em margens côncavas. No Marina Ilha Verde, há seccionamentos em colo de meandro para a atracagem de embarcações em docas. Em virtude disso, os aterros de moradias e arruamentos elevam a altimetria da superfície e alteram sua declividade, do que resultam limites à infiltração da água no solo e alteração dos escoamentos superficial e subsuperficial.

As áreas úmidas aterradas e/ou impermeabilizadas perdem sua eficiência como receptáculo e absorvente da água extravasada e surgente. Nesse sentido, cabe destacar que essas áreas são importantes para a regulação dos fluxos fluviais, mitigando inundações em períodos de maiores índices pluviométricos e, nos períodos de estiagem, corroborando para manutenção mais regular da vazão



Figura 4 - Área urbanizada às margens do Arroio Pelotas.
Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 23/05/2018.

A duplicação da BR-392/471 em parte da planície do Arroio Fragata promove alterações significativas de morfodinâmicas do relevo. Ademais, observam-se alterações decorrentes de ocupações urbanas em áreas úmidas. Nesta parte da área de estudo, a rodovia está praticamente no limite entre a forma de planície e a de terraço.

A figura 5 apresenta parte da planície do Arroio Fragata, onde depósitos tecnogênicos homogêneos são compactados para a pavimentação asfáltica da BR-392/471. O aterramento de área úmida eleva a altimetria e forma descontinuidade de aclive (barranco). O barranco ainda não fitoestabilizado ativa erosões laminares, seguidas de lineares, sendo aporte de sedimentos a adjacências deprimidas.

[19] APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

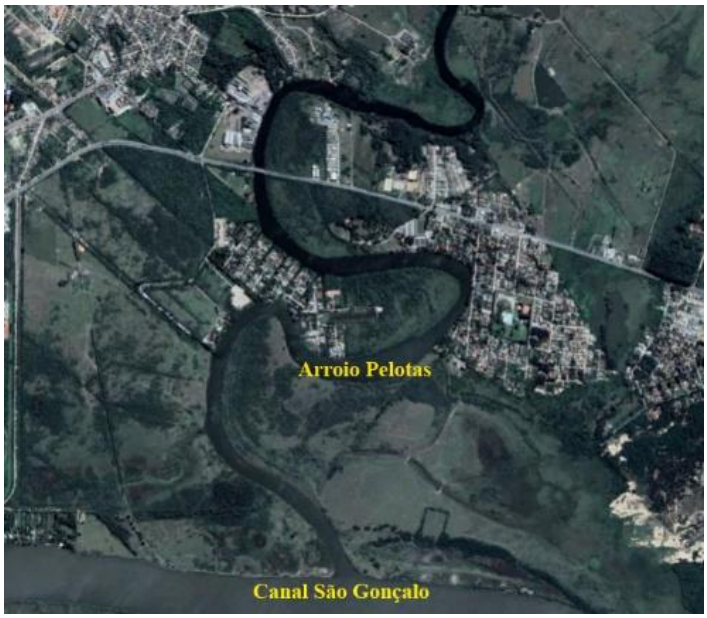


Figura 5 - Aterramento de área úmida em planície do Arroio Fragata para pavimentação asfáltica. Fonte: AUTOR, 29/10/2015

Acerca do padrão de planície e de pontal, onde estão situadas a Praia do Laranjal e o Pontal da Barra[20], respectivamente, evidenciam-se alterações de morfodinâmicas a partir do aterramento de áreas úmidas, impermeabilização da superfície por edificações (moradias e comércios) e alguns arruamentos asfaltados, resultantes de uma urbanização não condizente à importância das áreas úmidas para o sistema lagunar e o fluxo gênico da biodiversidade. Tais alterações tornaram-se ainda mais notórias quando no outubro de 2015 o vento em sentido desfavorável (nordeste) ao escoamento natural da água da Laguna dos Patos, junto a intensas precipitações que ocorreram de forma generalizada no Rio Grande do Sul, fez com que as áreas úmidas – limitadas pelo corpo lagunar, a leste, e padrões de lombada e terraço, a oeste – fossem alagadas pelo transbordamento de cursos d'água e pelo avanço do corpo lagunar, causando transtornos à população. Neste contexto, também se destaca a importância da área, na confluência do canal São Gonçalo com a Laguna dos Patos, enquanto um exutório hídrico de expressão regional, com aporte de fluxos desde o Uruguai (figura 6).



Figura 6 - 1º plano – vegetação típica de áreas úmidas; 2º plano – moradias construídas a partir de aterramento do terreno. Fonte: AUTOR, 29/10/2015

A enchente que alagou a Praia do Laranjal e o Pontal da Barra – representada na figura 6 – também evidenciou morfodinâmicas na linha de costa da Laguna dos Patos, no Barro Duro. O impacto das ondas desestruturou o controle antrópico efetivado por blocos graníticos, definindo o recuo da linha de costa, conforme mostra a figura 7.

[20] Localidade que dá nome a uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) criada no ano de 1999. Essa RPPN abrange 65,33ha (ICMBio, 2017). Seu ambiente é caracterizado por banhados (termo regional para áreas úmidas), charcos temporários, matas nativas e campos inundáveis, onde foram registradas mais de 200 espécies de aves, mais de 100 espécies de peixes, pelos menos duas dezenas de mamíferos e entre 30 e 40 de répteis e anfíbios (SQA, 2013).



Figura 7 - Reajuste da dinâmica lagunar em linha de costa controlada por mecanismos antrópicos na localidade do Barro Duro, Laranjal.Fonte: AUTOR, 29/10/2015



Figura 8 - Estrada de acesso à Colônia de Pescadores Z-3 em linha de costa da Laguna dos Patos, no sentido Colônia de Pescadores Z-3-Barro Duro. Fonte: AUTOR, 10/10/2016

A nordeste da localidade do Barro Duro, o adensamento populacional da Colônia de Pescadores Z-3 altera os processos morfodinâmicos de maneira sensível na transição do terraço com a planície. De acordo com Delamare et al. (2015) e com observações feitas a campo, as modificações são evidentes tanto em cursos fluviais como na linha de costa lagunar, com destaque para a retificação e transposição do canal Reasilva (Arroio Sujo), construção de arruamentos e estradas e construção de atracadouros para barcos de pesca (Divinéia I e Divinéia II). Além disso, observam-se aterramentos e construção de molhes que dão acesso aos atracadouros.

Na figura 8, verifica-se a estrada de acesso à Colônia de Pescadores Z-3 em linha de costa da Laguna dos Patos, no sentido Colônia de Pescadores Z-3-Barro Duro. A via é consolidada por materiais tecnogênicos e sua construção elaborou um novo patamar que separa a Laguna dos Patos, à esquerda, das áreas úmidas adjacentes, à direita, causando alterações hidrodinâmicas de tipo lagunar e paludial.

A figura 9 ilustra o atracadouro Divinéia I, onde em 2º plano, à esquerda, tem-se uma ilha artificial construída para a atracagem dos barcos de pesca, enquanto que, à direita, moradias em segmento da linha de costa lagunar. Neste registro, observam-se alterações de hidrodinâmicas lagunar e paludial derivadas, principalmente, da supressão de vegetação, aterramento de áreas úmidas, abertura de canais para navegação e edificações residenciais.



Figura 9 - Atracadouro Divinéia I. À esquerda, ilha artificial construída para a atracagem dos barcos de pesca; à direita, moradias em segmento da linha de costa lagunar. Fonte: AUTOR, 10/10/2016

Um pouco mais afastado dos adensamentos populacionais, em consequência do pastoreio às margens de cursos fluviais, verificam-se processos erosivos em caminhos preferenciais de animais. Em virtude do pisoteio de animais, depreende-se o aumento da densidade do solo e, por conseguinte, da possibilidade de ocorrer escoamento superficial difuso.

No entanto, o solo exposto não decorre somente em virtude das práticas agrícolas e pecuárias, mas também de obras rodoviárias. Nesse sentido, atenta-se para o fato de que a interrupção das obras de duplicação da BR-116, no trecho Pelotas-Porto Alegre, é hoje um dos principais motivos para o desenvolvimento de formas de processos atuais. As formas caracterizam-se por sulcos e ravinas, visto que em muitos locais a fitoestabilização dos taludes de cortes é ineficiente, e em outros sequer foi iniciada. Ademais, os materiais tecnogênicos utilizados nas obras, sejam por suas características ou técnicas empregadas, parecem não apresentar a devida estabilidade requerida. Assim, materiais são carreados aos rios, formando depósitos sedimentares e, devido à redução das competências fluviais em seções de médio e baixo curso, há possibilidade de assoreamentos dos canais, conforme expõe a figura 10.

Em estradas não pavimentadas identifica-se a potencialidade para os processos pluvioerosivos às margens das vias e o carreamento ainda maior de sedimentos para os canais fluviais, que podem resultar da falta de retificação adequada para o escoamento da água da chuva e de fitoestabilização de taludes de cortes.



Figura 10 - Assoreamento em médio curso do Arroio Corrientes resultante de processos erosivos ativados por obra de duplicação da BR-116.Fonte: AUTOR, 10/10/2016

Padrões de terraço e lombada

Em áreas relativamente altas, referentes aos padrões de terraço e lombada, prevalece a ocorrência de Planossolo (CUNHA, 1996b). Conforme Santos et al. (2013), esse solo pode variar de imperfeitamente a muito mal drenado e seu horizonte B é de alta concentração de argila, definindo permeabilidade lenta ou muito lenta. Desse modo, as limitações à capacidade do uso agrícola são inerentes ao solo e à drenagem, sem suscetibilidade à erosão de tipo linear (fluxo superficial concentrado) (CUNHA & SILVEIRA, 1996).

Na prática agrícola intensiva, como a que ocorre na maior parte dos terraços, geralmente o solo fica exposto desde a colheita até o seu preparo para o próximo plantio (figura 11). O terreno descoberto, seja por colheita ou desmatamento, pode apresentar desestabilização dos agregados do solo, pois a retirada da vegetação diminui a quantidade de húmus produzido por plantas e animais (GUERRA; MENDONÇA, 2014). Em razão disso, o solo exposto apresenta-se com menor capacidade de infiltração que solos florestados. Isso se deve à compactação pelo impacto da chuva e selagem de poros do solo por

partículas finas deslocadas pelo salpico das gotas de chuva (NETTO, 2007). Todavia, também em função do pisoteio de animais, depreende-se o aumento da densidade do solo e, por conseguinte, a ativação de processos de erosão laminar (figura 12).



Figura 11 - Área em preparo para cultivo de soja em padrão de terraço. Fonte: AUTOR, 10/10/2016



Figura 12 - Pisoteio de animais em padrão de terraço. Fonte: AUTOR, 10/10/2016

Com relação à área urbana, esta apresenta crescimento em áreas de terraço mormente no eixo norte e leste. Tal expansão manifesta-se mediante intervenções que se destacam pela supressão da cobertura vegetal, construção de arruamentos, aterramento de áreas úmidas e impermeabilização da superfície (figura 13).



Figura 13 - Transição entre os padrões de planície do Canal São Gonçalo (1º plano) e terraço (2º plano), na R. Dom Pedro II, centro da cidade de Pelotas. Fonte: AUTOR, 10/10/2016

O adensamento populacional do Barro Duro está localizado, majoritariamente, na forma de lombada, cuja descontinuidade de aclive com a forma de planície, a leste, é bastante perceptível. Em função disso, processos erosivos são ativados e afeiçoam formas de sulco, ravina e, até mesmo, voçoroca (figura 14).

Sem isolamento do entorno da área degradada da voçoroca (figura 14), alguns moradores depositam lixo no local, poluindo e contaminando águas de escoamento no interior da feição erosiva. Os taludes são solapados e materiais são carreados para a Laguna dos Patos a partir do desenvolvimento da voçoroca em direção à lombada por erosão regressiva.

Embora urbanizada, a maior parte da localidade do Barro Duro apresenta arruamentos, calçadas e pátios residenciais não impermeabilizados – fator positivo para a infiltração da água no solo. Elemento negativo é a existência de esgoto não canalizado e tratado e o descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos.



Figura 14 - Voçoroca na localidade do Barro Duro – Laranjal.
Fonte: AUTOR, 19/10/2015

A figura 15 exemplifica o caso da Esquina da Trav. Um Aratiba com a Av. Mato Grosso. Neste local, há a transição entre a forma de planície (1º plano) e a de lombada (2º plano). O pavimento parcial com paralelepípedo potencializa o escoamento superficial que, ao alcançar o pavimento solto, ativa processos erosivos. A declividade propicia a erosão regressiva por incisão pluvial na interface do pavimento sólido com o solto. Entulhos são usados para tapar os sulcos erosivos. A ocupação urbana expressa conflito legal de uso em virtude de se localizar em parte de um remanescente de mata de restinga paludosa, conhecida como Mata do Totó (BRASIL, 2012; VENZKE et al., 2015).



Figura 15 - Transição entre os padrões de planície (1º plano) e lombada (2º plano) na localidade do Barro Duro – Laranjal.
Fonte: AUTOR, 19/10/2015

Nessa mesma localidade, onde a descontinuidade de aclive é ainda mais acentuada, há maior suscetibilidade a erosões e, por consequência, colapso de estruturas urbanas. Isso pode ser ocasionado pela retirada da cobertura vegetal, aterramentos e impermeabilizações realizadas para a construção de edificações residenciais em bordas da forma de lombada. Tais intervenções podem maximizar o efeito da gravidade em segmentos mais inclinados das vertentes do relevo a partir da realização de cortes mal dimensionados.

Padrão de duna

O padrão de duna apresenta areias expostas e excessivamente drenadas (da classe dos Neossolos) (CUNHA & SILVEIRA, 1996), que estão gradativamente sendo cobertas por uma mata de restinga, acrescida de elementos da Floresta Estacional (SELMO & ASMUS, 2006). As formas de duna não apresentam nenhum potencial agrícola, mas possuem valor para recreação, fauna e flora, entre outros (CUNHA & SILVEIRA, 1996).

No Plano Diretor de Pelotas, por sua vez, as dunas compõem Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural, sendo definidas como Área de Preservação Permanente Degradada (APPD). As APPD são áreas:

> [...] que já sofreram processo de degradação ambiental, seja pela ação antrópica ou natural, necessitando de programa específico estabelecido pelo Poder Público, de recuperação, mitigação ou compensação, com vistas a estabelecer um cronograma de recuperação do passivo ambiental nelas localizado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2008, p.19).

Nessa área, verificam-se, ao mesmo tempo, processos de erosão eólica e fitoestabilização das areias expostas. Apesar de constituírem uma APPD, as dunas continuam sendo impactadas pelo trânsito de veículos e pessoas, bem como por pastoreio. Tais impactos prejudicam a manutenção da biodiversidade e o resguardo de registros paleontológicos e geológicos (figura 16).



Figura 16 - Pisoteio de animais, erosão eólica e fitoestabilização em padrão de dunas. Fonte: AUTOR, 19/10/2015

CONCLUSÕES

A análise realizada demonstra que, em grande parte, as intervenções antrópicas destacam-se por negligenciar funções naturais de áreas úmidas fluviais e paludiais em depressões relativas do relevo mediante aterramentos e/ou impermeabilizações e edificações a partir de retificações e transposições de canais fluviais que visam atender o propósito de expandir a urbanização.

No conjunto desses fatos, ampliam-se as externalidades negativas decorrentes de intervenções já consolidadas em áreas ambientalmente frágeis e legalmente protegidas (áreas úmidas), margens fluviais e lagunares etc. em padrões de planície e pontal) ou que demandam o manejo adequado do que seja tomado enquanto recurso natural (solos, minerais, vegetação etc. em padrões de terraço e lombada). Nesse sentido, urge, pois, um (re)ordenamento de usos e coberturas da terra com o qual se possa ao menos minimizar ou, sendo possível, solucionar e prevenir impactos ambientais negativos.

Dessa forma, considera-se que este estudo apresenta condições de ser utilizado como subsídio em ações de educação ambiental sob a perspectiva do planejamento e desenvolvimento socioeconômico e cultural acerca de usos e coberturas da terra e suas implicações, haja vista a interdisciplinaridade demandada aos estudos de Geomorfologia e o fato de o relevo evidenciar potencialidades e vulnerabilidades à conversão de propriedades geoecológicas em socioreprodutoras. Assim, entende-se que os resultados desta pesquisa possam ser utilizados em escolas e universidades no tocante à elucidação de parte da geomorfologia municipal na qualidade de condicionante e suporte à organização do espaço geográfico, tendo em vista a prioridade de preservação de áreas não propícias a nenhum tipo de uso.

Espera-se possível que a análise e o mapeamento realizado também sirvam de esclarecimento ao poder público municipal sobre a importância de efetivamente se restringir a expansão urbana em áreas úmidas de influência de cursos e corpos d'água a fim de que estas áreas não percam sua eficiência como receptáculos e mantenedoras da quantidade e qualidade da água que compõe sistemas lagunares e fluviais.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia, São Paulo, 18:1-23. (disponível em http://bdpi.usp.br/single.php?_id=001348929)

ALM – AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA LAGOA MIRIM. 1953. Fotografias aéreas. Pelotas, 1953. Voo SH-22-T, Faixas de voo 8 (fotografias 22 e 23), 9 (fotografias 64 e 65), 10 (fotografias 103 a 114), 11 (fotografias 117 a 132), 12 (fotografias 161 a 177), 13 (179 a 194), 13A (96 a 98) e 14 (16 a 23). Escala 1:40.000.

BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C. & AYUP-ZOUAIN, R. N. 2008. Cronoestratigrafia da Bacia de Pelotas: uma revisão das sequências deposicionais. GRAVEL, Porto Alegre, 6 (1):125-138 (ISSN 1678-5975)

BARBOZA E. G.; ROSA, M. L. C. C; DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J. & AYUP-ZOUAIN, R. N. 2011. Comportamento regressivo/ transgressivo da linha de costa na Bacia de Pelotas durante o Holoceno médio e tardio. In: LÓPEZ, R. A. & MARCOMINI, S. C. (Eds.). Problemática de los Ambientes Costeros: Sur de Brasil, Uruguay y Argentina, pp.15-30, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Croquis S.R.L. (ISBN 978-987-1527-43-4).

BRASIL. 2012. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 dez. 2012.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. 1 CD. Escala 1:750.000.

CUNHA, N. G. & SILVEIRA, J. C. 1996. Estudo dos solos do município de Pelotas. 50p., Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPEL.

CUNHA, N. G. Geomorfologia e Solos – Pelotas. Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPEL, 1996. Escala 1:100.000.

_____. Solos – Pelotas. Pelotas: EMBRAPA/ CPACT, Ed. UFPEL, 1996. Escala 1:100.000.

DELAMARE, T. O.; SIMON, A. L. H. & SATO, S. E. 2015. Dinâmica de uso da terra e alterações na linha de costa lagunar: estudo em uma Colônia de Pescadores de Pelotas, RS, Brasil. Revista de GESTÃO COSTEIRA Integrada / *Journal of Integrated COSTAL ZONE MANAGEMENT*, Lisboa, 15 (2): 237-248. (DOI 10.5894/rgci543.).

DIAS, J. L.; SAD, A. R. E.; FONTANA, R. L. & FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia de Pelotas. Boletim de Geociências da Petrobrás. 8: 235-245.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE CAPÃO DO LEÃO. 2000. Normais Climatológicas do Município de Pelotas, 1971 – 2000 (mensais e anuais). (disponível em http://www.ufpel.tche.br/estacaoagro/)

FAVILLA, C. A.; CALDASSO, A. L. S.; RODRIGUES, T. L. N.; WILDNER, W.; BACHI, F. A.; VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. & DEHNHARDT, B. A. Mapas Geológicos da Região Costeira do Rio Grande do Sul – Escala 1:250.000. Porto Alegre: CPRM/UFRGS, 2000. (Folha SH.22-Y-D – Pelotas).

FLORENZANO, T. G. 2008. Introdução à geomorfologia. In: _____. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais, pp.12-30, São Paulo: Oficina de Textos. (ISBN 9788586238659).

G1 – globo.com. 2013. Chuva alaga ruas e invade casas no interior do Rio Grande do Sul. (disponível em http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/02/chuva-alaga-ruas-e-invade-casas-em-pelotas-e-uruguaiana.html). Pelotas, Brasil.

GOOGLE EARTH PRO. 2018. Imagem de Satélite. (disponível em https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html)

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. 2008. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 6.ed. 652p. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. (ISBN 978-85-286-0625-6).

GUERRA, A. J. T. & MENDONÇA, J. K. S. 2014. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil, pp. 225-256, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. (ISBN 8528610497).

HANSMANN, H. Z. 2013. Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 63p.

HASENACK, H. & WEBER, E. J. (Eds.). Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000. Porto Alegre, UFRGS-IB- Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 2017. Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN. (disponível em http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/698/)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Banco de Dados Cidades@. (disponível em http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431440&search=rio-grande-do-sul|pelotas)

_____. 2013. Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000. (disponível em ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_vetorial_continua_escala_250mil/)

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2016. Projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Altitude (Folha 31S525 e 31S54). Resolução 30m. (disponível em http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/)

_____. 2011. Imagens do satélite Landsat, instrumento TM5. Brasil, Pelotas. Órbita/ Ponto 221/ 82. Obtidas em: 23 out. 2011. Resolução 90m. (disponível em http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)

_____. 2000. Imagens do satélite Landsat, instrumento TM5. Brasil, Pelotas. Órbita/ Ponto 221/ 82. Obtidas em: 23 jun. 2000. Resolução 90m. (disponível em http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)

_____. 1986. Imagens do satélite Landsat, instrumento TM5. Brasil, Pelotas. Órbita/ Ponto 221/ 82. Obtidas em: 01 jun. 1986. Resolução 90m. (disponível em http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)

_____. 1985. Imagens do satélite Landsat, instrumento TM5. Brasil, Pelotas. Órbita/ Ponto 221/ 82. Obtidas em: 11 abr. 1985. Resolução 90m. (disponível em http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)

MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A.D.; KOESTER, E. & SCHERER, C. M. S. 1998. Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In.: _____. Atlas Ambiental de Porto Alegre, pp. 11-20, Porto Alegre: Editora da Universidade (ISBN 8570259123)

PELOGGIA, A. U. G. & OLIVEIRA, A. M. S. 2005. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: X CONGRESSO ABEQUA, Guarapari, *Anais*...Guarapari. (disponível em http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf)

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. 2008. III PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE PELOTAS. Mapa temático: bacias hidrográficas e área de nascentes. Pelotas: Secretaria Municipal de Urbanismo. Escala 1:100.000. Projeção UTM. DATUM Sad-69.

ROSA, M. 1985. Geografia de Pelotas. 333p. Pelotas: UFPel.

ROSS, J. L. S. 1992. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia – USP. São Paulo, 6: 17-29. (disponível em http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108)

RUTZ, E. C. 2015. Análise histórica das enxurradas no município de Pelotas e as consequências da enxurrada de 2009 na bacia hidrográfica do Arroio Quilombo, Pelotas/ RS. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 124p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. & OLIVEIRA, J. B. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 333p. Brasília: EMBRAPA.

SQA – SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL. 2013. Plano Ambiental de Pelotas. Pelotas: Prefeitura de Pelotas. 120p.

SELMO, F. S. & ASMUS, M. L. 2006. Análise ambiental da ocupação urbana do Pontal da Barra, Praia do Laranjal, Pelotas, RS. Revista Eletrônica: Cadernos de Ecologia Aquática, Rio Grande, 1 (2): 30-37. (ISSN 1980-0223)

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Eds). Geologia do Rio Grande do Sul, pp. 375-406, Edição CIGO/ UFRGS, Porto Alegre.

VENZKE, T. S. L.; HERTER, G. K. & MATTEI, V. L. 2015. Fitossociologia em uma mata de restinga paludosa na Mata do Totó, Pelotas, RS. Pesquisa Florestal Brasileira, 82:101-110 (disponível em https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/download/648/413)

WILDNER, W. & LOPES, R. C. 2010. Evolução Geológica: do Paleoproterozóico ao Recente. In: VIERO, A. C. & SILVA, D. R. A. (Eds.). Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul, pp. 15-34, Porto Alegre: CPRM. (ISBN 978-85-7499-083-5).

PARTE 2

Evolução Costeira e Paleogeografia

Capítulo 14

Caracterização das paleofalésias na planície costeira do Ceará, Nordeste do Brasil

Capítulo 15

O uso de geotecnologias na análise temporal das variações morfológicas do Pontal do Quilombo

Capítulo 16

Variabilidade topográfica do sistema praia-duna em balneários da costa central e sul do Rio Grande do Sul utilizando RTK-GPS

Capítulo 14

Caracterização das paleofalésias na planície costeira do Ceará, Nordeste do Brasil

CARACTERIZAÇÃO DAS PALEOFALÉSIAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto[1]; Filipe Maciel de Moura[2]; Francisco Oricélio da Silva Brindeiro[3]; Rhaiane Rodrigues da Silva[4]; Francisco José Maciel de Moura[5] & Jáder Onofre de Morais[6]

[1] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi, Fortaleza–CE, Brasil, CEP: 60.714.903, antonio.lgco@gmail.com – Autor correspondente
[2] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi, Fortaleza – CE, Brasil, CEP: 60.714.903, filipemaciel92@yahoo.com
[3] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi, Fortaleza–CE, Brasil, CEP: 60.714.903, brindeiro.lgco@gmail.com
[4] Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Av. da Abolição, 3207 – Meireles, Fortaleza–CE, Brasil, CEP: 60.165.081, rhaianerodrigues@yahoo.com.br
[5] Universidade Estadual do Ceará, Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi, Fortaleza–CE, Brasil, CEP: 60.714.903, maciel.moura@uece.br
[6] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi,
Fortaleza–CE, Brasil, CEP: 60.714.903, jaderonofre@gmail.com

RESUMO

As paleofalésias são importantes feições morfológicas costeiras que possuem associação com fatores eustáticos e/ou tectônicos. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar as paleofalésias do Estado do Ceará (NE-Brasil), a partir de informações geomorfológicas e sedimentológicas/estratigráficas. A costa do Estado do Ceará foi subdividida em três setores: Itarema-Barroquinha, Itarema-Fortaleza e Fortaleza-Icapuí. Verificou-se que as paleofalésias estão a uma distância média de 1,3 km da linha de costa atual, e apresentam elevação média de 10 m e declividade média de 23º. Ressalta-se que foram identificadas 15 linhas de paleofalésias, totalizando 89,7 km (15,6% em relação aos 573 km de linha de costa moderna). Quanto aos aspectos morfoestratigráficos, verificou-se a presença de três padrões de perfis estratigráficos transversais à linha de costa: Paleofalésia – Dunas – Praia; Paleofalésia – Barreiras Costeiras – Praia; e Paleofalésia – *Beachridges/Foredunes* – Praia. Destaca-se que as paleofalésias estão associadas principalmente a depósitos do Grupo Barreiras, comumente sobrepostas por depósitos de natureza eólica e em alguns casos por depósitos fluviais. No entanto, devido aos processos subaéreos (eólicos, pluviais, aluviais e coluviais) as escarpas tendem a estarem sem revestimento sedimentar. Desta forma, a identificação de antigas falésias oferece importantes informações acerca dos processos pretéritos que ocorreram na faixa costeira, principalmente a ocorrência de um nível de mar alto acima do atual, no Holoceno.

Palavras-chave: Falésias Antigas; Morfoestratigrafia; Variação do Nível do Mar; Grupo Barreiras.

CHARACTERIZATION OF PALEOPHALESIA IN THE CEARÁ COASTAL PLATE, NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT

The paleocliffs are important coastal landform that are associated with eustatic and / or tectonic factors. The aim was to characterize the paleocliffs of the State of Ceará (NE-Brazil) from geomorphological and sedimentological/stratigraphic data. The Ceará coast was subdivided into three sectors: Itarema-Barroquinha, Itarema-Fortaleza and Fortaleza-Icapuí. The paleocliffs shows a mean distance from 1.3 km of the coastline, a mean elevation of 10 m and a mean slope of 23º. Fifteen paleocliffs lines were identified, totalizing 89.7 km (15.6% in relation to the 573 km of the modern coastline). Three patterns cross-shore of stratigraphic profiles were found: Paleocliffs - Dunes - Beach; Paleocliffs - Coastal Barriers - Beach and Paleocliffs - Beachridges / Foredunes - Beach. The paleocliffs are associated mainly with deposits from the Barreiras Group, which are usually superimposed by dune and fluvial deposits, however, due to subaerial processes (wind, rainfall, alluvial and colluvial) the escarpment can be uncoated. The ancient cliffs provide an important information about the former processes that occurred in the coast zone, mainly the high sea level above the present level in the Holocene.

Key-words: Paleocliff; Morphostratigraphy; Sea-Level Change; Barreiras Group.

INTRODUÇÃO

As linhas de costas escarpadas, na forma de relevo falésia, são comuns ao redor do mundo. Segundo Davidson-Arnott (2010), o termo *cliff* (falésia em português) é designado para linhas costeiras com ângulo de escarpa >40º e são desenvolvidas em rochas sedimentares, ígneas e metamórficas, sendo as falésias mais resistentes associadas aos calcários, granitos e basaltos. As falésias podem ser classificadas em ativas (vivas) ou inativas (mortas) conforme a atuação da ação marinha modelando-a. As primeiras são associadas às formas que estão sendo influenciadas pela dinâmica marinha atual e as segundas são formas reliquiares que comprovam antigas ações marinhas (MEIRELES, 2014).

As falésias inativas ou paleofalésias podem estar associadas a processos eustáticos e/ou tectônicos, aos quais Bird (2008) aponta as *emerged coastlines*, ou seja, antigas linhas de costas que estão em um nível mais alto do que quando foram originalmente formadas e atualmente degradadas por processos subaéreos. O referido autor conceitua o termo *bluff* para costas escarpadas com menor inclinação, geralmente entre 8-10º em rochas friáveis, sendo que a inclinação tende a aumentar em rochas de maior resistência. Este termo se refere a perfis mais arredondados e com os afloramentos rochosos revestidos por solos, manto intempérico ou vegetação, ou seja, as *bluffs* podem ter evoluído a partir de uma *cliff*.

Fazendo uma associação com a Transgressão Sangamoniana (~125.000 anos A.P), as *cliffs* eram extensas em muitas costas e com a queda do nível do mar no glacial de Wisconsin (~120.000 a ~15.000 anos A.P) estas feições ficaram sujeitas à intensa ação dos processos erosionais subaéreos. Foi este processo que originou as *bluffs* e com a posterior subida holocênica do nível do mar e consequente ação das ondas, estas feições foram retrabalhadas, originaram novamente as *cliffs*. Destaca-se que algumas *bluffs* pleistocênicas podem tem ficado preservadas em alguns setores (BIRD, 2008). Nesta pesquisa foi utilizado o termo paleofalésia para se referir às formas escarpadas, tanto *cliff* como *bluff*.

Na costa do Ceará, Morais (1998) associa a presença de paleofalésias aos máximos transgressivos do Sangamoniano (~125.000 anos A.P) e Holoceno Médio (~5.000 anos A.P). Posteriormente a estes níveis

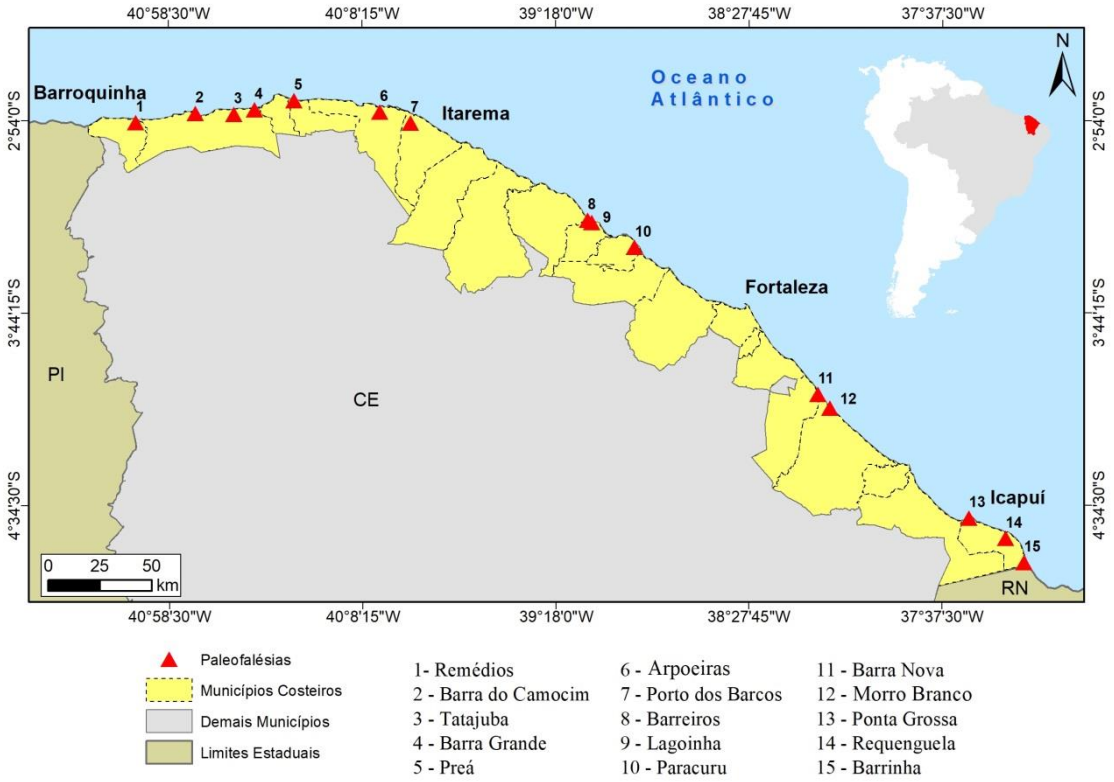


Figura 01- Mapa de localização da área estudada e as respectivas paleofalésias mapeadas

altos, o nível do mar regrediu e formou terraços marinhos, evidenciados em cristas praiais progradante.

Freire (2017) aponta a presença de eolianitos (dunas cimentadas por carbonato de cálcio) e outros depósitos eólicos em setores holocênicos entre as linhas das paleofalésias e a linha de costa atual.

O objetivo deste trabalho é caracterizar as linhas de paleofalésias da costa do Estado do Ceará, NE brasileiro, do ponto de vista estratigráfico e morfológico. Os 573 km de linha de costa do Ceará foram divididos em 3 setores: Icapuí-Fortaleza, Fortaleza-Itarema e Itarema-Barroquinha (figura 01), de modo a melhorar o mapeamento das formas identificadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resultados aqui apresentados foram construídos a partir de metodologias de ampla aceitação, constituindo-se de etapas de campo e laboratório. Desta maneira, as análises foram elaboradas em um horizonte temporal delimitado entre os anos de 2015 e 2019, adotando-se dados de alta precisão fornecidos pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE[21].

A etapa de verificação e validação dos dados coletados em campo através da ferramenta de análise espacial das paleofalésias foi executada no software livre *Qgis* 2.18. Para essa etapa utilizou-se os dados oriundos das ortofotocartas (planimetria e altimetria) e

21 Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras- Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos / Superintendência Estadual do Meio Ambiente; GEOAMBIENTE – Fortaleza: SEMACE, 2016.

imagens *Quickbird*, bem como dados de LIDAR (*Light Detection And Ranging*).

A construção dos dados obedeceu às seguintes etapas:

Etapa I: contempla as campanhas de campo, a partir da visitação dos pontos preestabelecidos com possíveis ocorrências de paleofalésias. Para cada ponto visitado em campo foi realizada a determinação de suas coordenadas com equipamento GPS, além do registro fotográfico.

Etapa II: consistiu na interpretação visual integrada das ortofotos e/ou imagens de satélite, bem como dos dados de altimetria (MDT, MDS e curvas de nível) e informações derivadas, como hipsometria, declividade e relevo sombreado. No processo de interpretação visual, as linhas de paleofalésias foram delimitadas e classificadas considerando-se a forma, amplitude e declividade do relevo.

Etapa III: os dados das etapas anteriores foram cruzados buscando o refinamento e ajuste espacial, para tanto o mapeamento adotou uma área mínima de 2.500 m^2 (área mínima do polígono mapeado), adequada à escala de apresentação 1:10.000. Destaca-se que foi quantificada a extensão (Km) das paleofalésias, assim como a sua declividade (º), elevação (m) e distância (km) da sua escarpa até à linha de costa atual.

Etapa IV: Foi realizado o processamento dos dados sedimentares coletados em campo, aplicando-se análise granulométrica e textural de três amostras coletadas em um perfil típico de paleofalésias obtidos na praia do Preá, município de Cruz.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para facilitar as descrições associadas às paleofalésias, a linha de costa do Ceará foi setorizada em três partes: Icapuí-Fortaleza; Fortaleza-Itarema e Itarema-Barroquinha, no intuito de melhor visualização e mapeamento.

Características Geomorfológicas

Foram mapeadas 15 linhas de paleofalésias em toda planície costeira cearense. Destaca-se que foi levado em consideração à relação morfológica (a partir de dados topográficos) e atividades de campo. Ressalta-se que mais linhas existem, no entanto, o fator eólico associado aos depósitos de dunas acaba dificultando a delimitação das paleofalésias. Foram mapeadas 89,7 km de linha de paleofalésia, ou seja, 15,6% em relação aos 573 km de linha de costa atual (quadro 01).

Analisando por setores, verificou-se que o setor Itarema-Barroquinha apresenta a maior extensão de paleofalésias – 50,4 km (56,3%), seguido por Fortaleza-Icapuí com 32,4 km (39,5%) e por Fortaleza-Itarema com apenas 3,8 km (4,2%).

Em relação à elevação das paleofalésias foi verificada uma altura máxima de 26 m em Paraipaba e Icapuí e as menores alturas (<5m) em Barroquinha, Paraipaba, Icapuí, Paracuru e Camocim, sendo que o valor médio das alturas das paleofalésias ficou em torno de 10 m. Destaca-se que o setor Fortaleza-Itarema apresentou a maior média de alturas (24 m). A declividade associada às paleofalésias foi classificada em duas classes: elevada (>40º) e baixa (<40º). O valor médio de declividade foi entorno de 23º. Os setores que apresentaram as maiores declividades média foram Fortaleza-Itarema (33,8º) e Fortaleza-Icapuí (28,9º), consequentemente o setor

Itarema-Barroquinha apresentou o menor valor (15,1º). Os locais que apresentaram os maiores picos máximos de declividades foram Icapuí (83º), Paracuru e Lagoinha (85º); já os menores picos máximos de declividade ocorreram entre Itarema e Acaraú (6,9º e 5,6º, respectivamente).

Paleofalésias	Município	Extensão (km)	Elevação (m)		Declividade (Graus°)		Distância da Linha de Costa Atual (km)
			Min.	Max.	Min.	Max.	
Arpoeiras	Acaraú	12,68	6,00	19,00	0,01	5,60	3,07
Baixa Grande	Camocim	2,72	5,00	18,00	19,47	82,00	0,43
Barra do Camocim	Camocim	0,39	5,00	8,00	1,23	44,76	0,25
Tatajuba	Camocim	7,07	3,00	18,00	18,02	84,85	2,47
Barra Nova	Cascavel	3,85	3,00	19,00	0,57	80,47	1,06
Barreiros	Paraipaba	1,23	6,00	24,00	15,87	56,90	0,28
Lagoinha	Paraipaba	1,52	2,00	26,00	19,47	85,12	0,11
Barrinha	Icapuí	4,70	5,00	20,00	0,61	83,02	1,19
Ponta Grossa	Icapuí	1,13	1,00	12,00	0,64	81,83	0,34
Requenguela	Icapuí	25,04	4,00	26,00	21,48	84,24	3,29
Paracuru	Paracuru	1,08	4,00	22,00	22,45	85,05	1,68
Remédios	Barroquinha	2,64	3,00	16,00	26,57	81,19	1,2
Morro Branco	Beberibe	0,69	5,00	17,00	1,23	74,53	0,07
Portos dos Barcos	Itarema	22,18	5,00	10,5	0,05	6,93	4,74
Preá	Cruz	2,80	6,00	14,00	18,54	56,31	0,13

Quadro 01 - Aspectos morfológicos das paleofalésias.

As paleofalésias estão a uma distância média de 1,3 km em relação à linha de costa atual, com máximo em Itarema (4,7 km) e mínimo em Beberibe (0,07 km). Em relação aos setores, verificou-se que Itarema-Barroquinha apresenta a maior distância, com média de 1,75 km e o setor Fortaleza-Itarema apresenta a menor distância, com média de 0,69 km.

Aspectos Estratigráficos e Sedimentares

As paleofalésias identificadas na planície litorânea do Estado do Ceará são principalmente associadas ao Grupo Barreiras – Formações Barreiras Indiviso e Camocim, com destaque para a primeira formação. Destacam-se também, como no promontório de Jericoacoara a presença de linhas de paleofalésias associadas a materiais do Pré-Cambriano, principalmente os quartzitos neoproterozóicos da Formação São Joaquim.

Segundo a CPRM (2003), o Grupo Barreiras é dividido no Estado do Ceará em três Formações: Barreiras Indiviso, Camocim e Faceiras. A primeira está associada a arenitos argilosos com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base, típico de sistemas fluviais com esporádicas corridas de lama. A segunda está associada à ortoconglomerados grossos e oligomíticos bem compactos e duros, enquanto a terceira está associada a conglomerados basais, arenitos e siltitos com níveis de argila e cascalho pouco litificados.

Desta forma, verifica-se que o Grupo Barreiras no Ceará é de natureza fluvial. A idade deposicional do Barreiras varia desde o Mioceno ao Pleistoceno. No entanto, alguns autores (ROSSETI *et al.*, 2001; MAIA, 2012) em estudos no Pará e Rio Grande do Norte adotaram o termo sedimentos Pós-Barreiras (Plioceno ao Recente) para os depósitos inconsolidados ou de baixa consolidação sobrepostos a unidades deposicionais miocênicas (laterizadas), que podem ser consideradas como Formação Barreiras.

Pegando esta abordagem e adaptando para as três Formações discutidas acima, verifica-se que as Formações Barreiras Indiviso e Faceiras devido ao seu caráter inconsolidado ou semi-consolidado estaria associado aos depósitos Pós-Barreiras e a Formação Camocim, devido a sua natureza laterizada e possivelmente de idade Miocênica seria a Formação Barreiras propriamente dita. Porém, estudos geocronológicos seriam fundamentais para enriquecer este questionamento e sendo assim, aqui será utilizada a abordagem da CPRM (2003).

O Barreiras Indiviso é a principal unidade basal das paleofalésias, no entanto, as dunas costeiras comumente se sobrepõem, criando assim, um perfil típico para a maior parte das paleofalésias do Ceará. Devido aos processos erosionais pela ação pluvial, nas proximidades das escarpas, pode-se não apresentar capeamento de dunas e apenas feições erosionais do tipo ravinas e voçorocas.

As dunas que se sobrepõem aos depósitos fluviais do Barreiras são principalmente paleodunas, dunas parabólicas estáveis e as dunas com mobilidades atuais (ativas). As dunas no Ceará são divididas em quatro gerações (MAIA *et al.*, 2001): 1ª – Paleodunas: são as dunas mais antigas e não apresentam uma forma definida, consistindo de areias de quartzo fina a média moderadamente a bem selecionado de coloração avermelhadas, além de apresentar um grau de pedogênese avançado; 2ª – Dunas Parabólicas: compostas por areias quartzosas finas a média de médio a bom selecionamento e apresentando coloração de alaranjada a cinza. Elas têm formas de V e U com alturas de 20 m a 40 m, comprimentos de 1200 m a 2000 m e larguras de 320 m a 460 m e são fixadas por vegetação; 3ª – Eolianitos: são areias quartzosas cimentadas por carbonato de cálcio, associado aos sedimentos carbonáticos provindos da plataforma continental. Os eolianitos se localizam acima dos terraços marinhos e abaixo dos sistemas dunares atuais; 4ª – Dunas Ativas Atuais: se estendem por cerca de 6 km a partir de linha de costa, apresentando como principais formas as barcanas, barcanoides e lençóis de areia.

A figura 02 demonstra um típico perfil de paleofalésia com capeamento eólico de gerações distintas. Neste caso, verifica-se o Barreiras Indiviso na base, o depósito de paleodunas na seção intermediária e no topo as dunas modernas em processo de fixação por vegetação rasteira. Este afloramento ocorre na Praia do Preá em Cruz, no setor Itarema-Barroquinha. A Formação Barreiras Indiviso apresentou 92% de areia, 0,5% de cascalho e 7,5% de lama (silte + argila). Trata de um material mal selecionado, representado por três modas (areia grossa 19%; areia média 31% e areia fina 33%). Esta variedade está associada a sistemas sedimentares de origem fluvial. Destaca-se o predomínio de grãos de quartzo (arcabouço), apresenta-se predominantemente revestidos por ferro (61%), o que dá a cor avermelhada. O quartzo em relação à forma apresenta uma baixa esfericidade (60%) e subarredondados (46%), apresentando textura superficial predominantemente rugosa associada às marcas de atrito, entalhamento, abrasão em forma de V; ressalta-se que o revestimento de ferro tem início nos setores abrasivos (como as reentrâncias). Características estas similares as encontradas por Bezerra e Maia (2012) em diversas amostras do Barreiras no Estado do Ceará. A segunda unidade está sobreposta ao Barreiras de forma nítida. Ela é intitulada de paleoduna em função de apresentar sedimentos quartzosos moderadamente selecionados, variando de areia muito fina a cascalho, porém predominando a classe areia fina (63%) e areia média (18%). Apresenta coloração amarelada à alaranjada, devido aos grãos de quartzo revestidos por ferro (43%). Os grãos apresentam esfericidade baixa e alta com 50% cada,

grãos subarredondados (49%). Os grãos apresentam textura de rugosa à polida, destaca-se a presença de marcas de atrito, formas em V. A terceira unidade é sobreposta a paleodunas de forma descontínua. Apresenta os sedimentos mais claros (esbranquiçados a acinzentados) de predomínio também da classe areia fina (41%) e areia média (23%) de selecionamento moderado. A textura dos grãos também foi similar aos demais. Os grãos apresentaram o menor revestimento (37%), ou seja, predomínio de grãos transparentes (67%). Apresentou uma esfericidade baixa (56%) a alta (44%) e grãos predominantemente subarredondados (46%). Esta unidade está associada às dunas fixas, com Neossolos Quartzarênicos e vegetação arbustiva e gramínea (psamófila).

Esta sobreposição de sedimentos dunares sobre os sedimentos mal selecionados de origem fluvial se deve ao processo de cavalgamento eólico, onde em um estágio de nível de base mais baixo e/ou maior suprimento sedimentar, houve esta sobreposição a partir do agente eólico. Ressalta-se que neste processo há uma mistura de sedimentos siliciclásticos oriundos da praia com os do Barreiras.

A figura 03 demonstra um perfil transversal típico da costa cearense, com destaque para as gerações de dunas e sua consequente sobreposição às paleofalésias conforme identificado por Maia (2001).

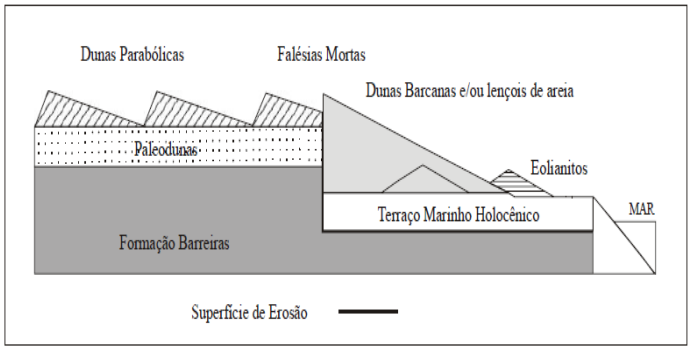


Figura 03 - Perfil estratigráfico típico da costa cearense, com destaque para as gerações de dunas. Fonte: Maia et al., 2001.

No entanto, alguns padrões específicos associados às paleofalésias ocorrem, como, por

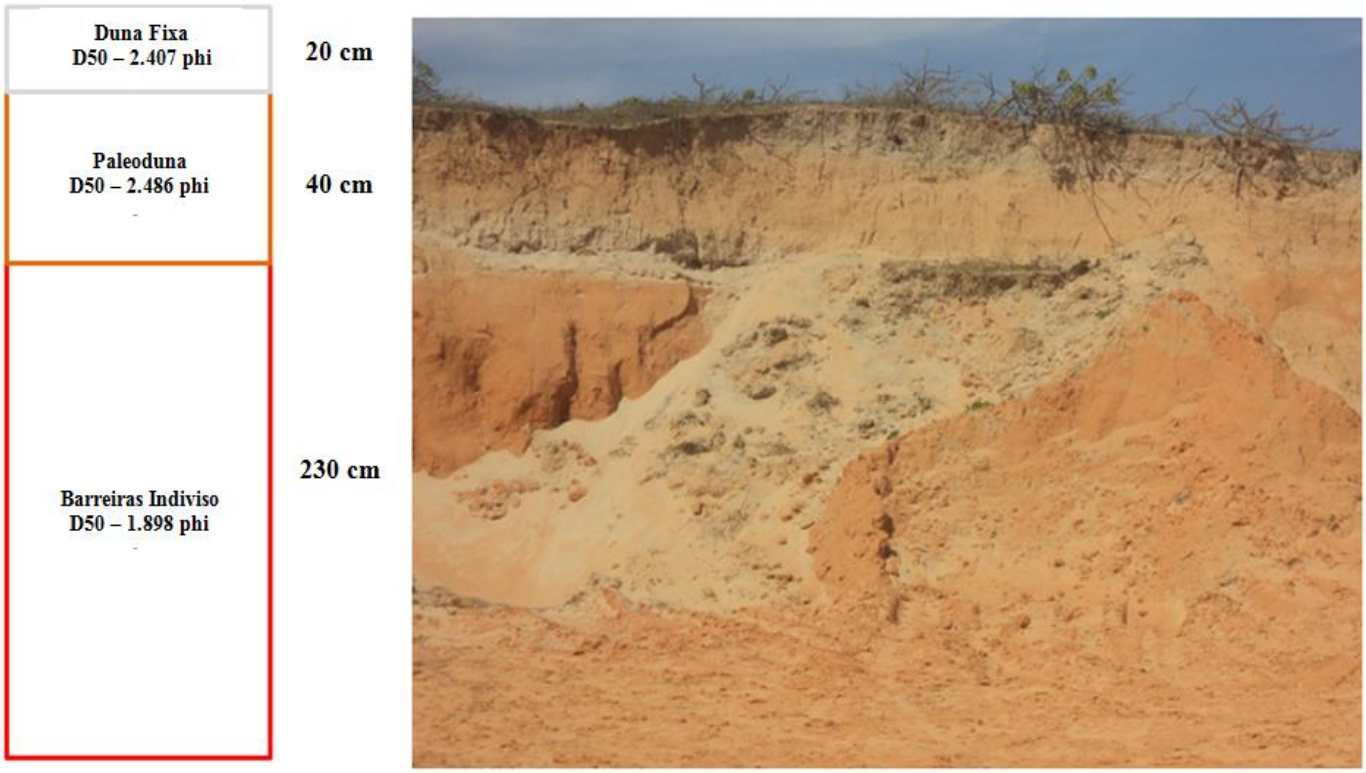


Figura 02 - Perfil estratigráfico de uma paleofalésia na Praia do Preá

exemplo, perfil sem dunas recobrindo as paleofalésias; perfil com depósitos fluviais recentes recobrindo paleofalésias; e perfil com dunas recobrindo a paleofalésia. Destaca-se que é comum devido à ação dos processos erosionais pluviais a ocorrências de depósitos no sopé das paleofalésias, reduzindo assim a declividade e formando as *bluff*, conforme a concepção de Bird (2008).

A principal característica em perfil estratigráfico transversal entre a paleofalésia e a moderna linha de costa é a presença de campos de dunas (diversas gerações), *beach-ridges/foredunes*, sistemas de barreiras costeiras do tipo *spit* ou ilha barreiras com lagunas; além de situações mistas, ou seja, com duas ou mais feições no perfil transversal. No entanto, será destacada aqui apenas a feição de maior abrangência espacial. Vale destacar que pequenos sistemas fluviais, lacustres e/ou lagunares podem ocorrer nestes ambientes.

Paleofalésia – Dunas – Praia

Este perfil é o mais comum na costa cearense, sendo que as principais formas dunares estão associadas aos lençóis de areia, superfícies de deflação, *nebkha*, duna de sombra e dunas frontais, além das lagoas interdunares. Sendo que estas dunas móveis podem vir a sobrepor as paleofalésias. Porém, destaca-se a presença de dunasparabólicas (vegetadas) sobrepostas as paleofalésias, figura 04.

Paleofalésia – *Beach-ridges/foredunes* – Praia

O setor mais expressivo na costa cearense de sucessões de *Beach-ridges/foredunes* entre uma paleofalésia e a moderna linha de costa é no município de Icapuí, entre as Praias de Barreiras de Baixo e a divisa com o Rio Grande do Norte, no município de Tibau, figura 05. Esta grande presença de antigas cristas praiais e/ou dunas frontais formam um exemplo de *strandplain*. Neste local Ximenes Neto *et al.* (2018) aponta duas configurações de padrões para estas *Beach-ridges/foredunes*: no setor NW-SE verifica-se as cristas exumadas, porém no setor NNW-SSE as cristas estão sotopostas aos campos de dunas. Os autores apontam ainda o importante fator eólico neste setor, onde se verifica extensos campos de dunas (fixadas) acima da paleofalésia.

Paleofalésia – *Spit*/Ilhas Barreiras – Praia

No início do setor Itarema-Barroquinha, entre Aranaú (Acaraú) e Almofala (Itarema) se verifica o maior sistema de barreiras costeiras-lagunas (~45 km), sendo bem limitadas por paleofalésia em direção ao continente, e pela faixa praial em direção ao mar, figura 06. Destaca-se no setor Fortaleza-Icapuí, mais precisamente na Ponta do Iguape e entre Caponga (Cascavel) e Barro Preto (Aquiraz), a formação de sistemas de barreiras costeiras-lagunas. Nestes setores as paleofalésias não estão expostas devido a um grande pacote de dunas fixadas que recobrem os depósitos do Barreiras, principalmente dunas parabólicas.

Destaca-se que os materiais logo acima (dunas de gerações variadas) da escarpa de paleofalésia podem apresentar uma mescla de materiais erodidos pela ação eólica da paleofalésia e de seu topo relativamente planar, estes sedimentos apresentam materiais associados aos depósitos fluviais, que neste caso é a presença de grãos quartzosos mal selecionados e avermelhados devido à oxidação do ferro. Ressalta-se que a ação pluvial (principal fator erosivo das escarpas) tende a remover sedimentos das paleofalésias e depositar no seu sopé ou para setores mais distais, fator este que se associa com a ação eólica que tende a retrabalhar e transportar este material para a formação de dunas.

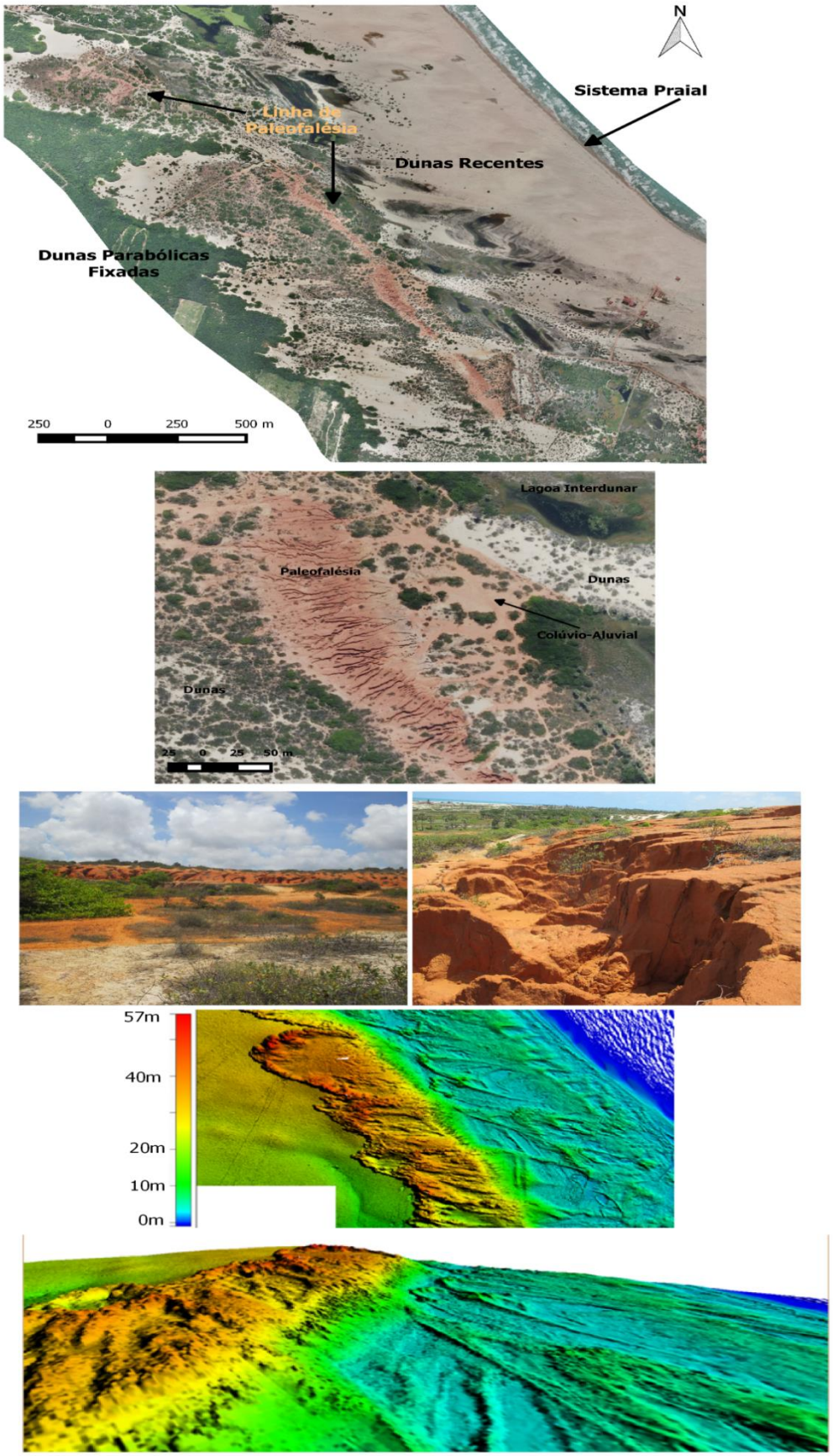


Figura 04 - Paleofalésia na Praia de Barra Nova com destaque para a significativa presença de dunas de gerações distintas

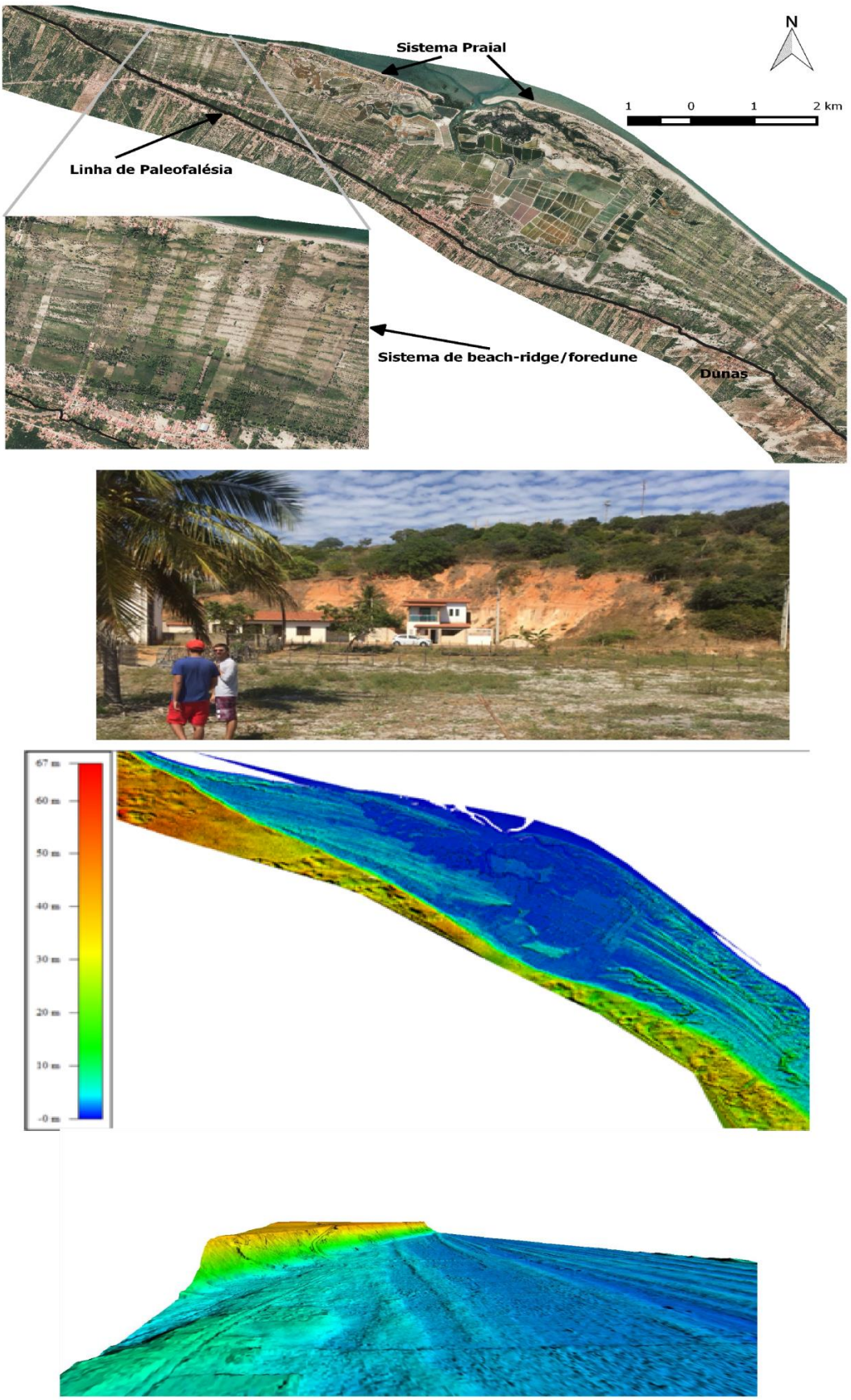


Figura 05 - Paleofalésias próximas à sede municipal de Icapuí, com destaque para a grande presença de antigas cristas de praia/dunas frontais

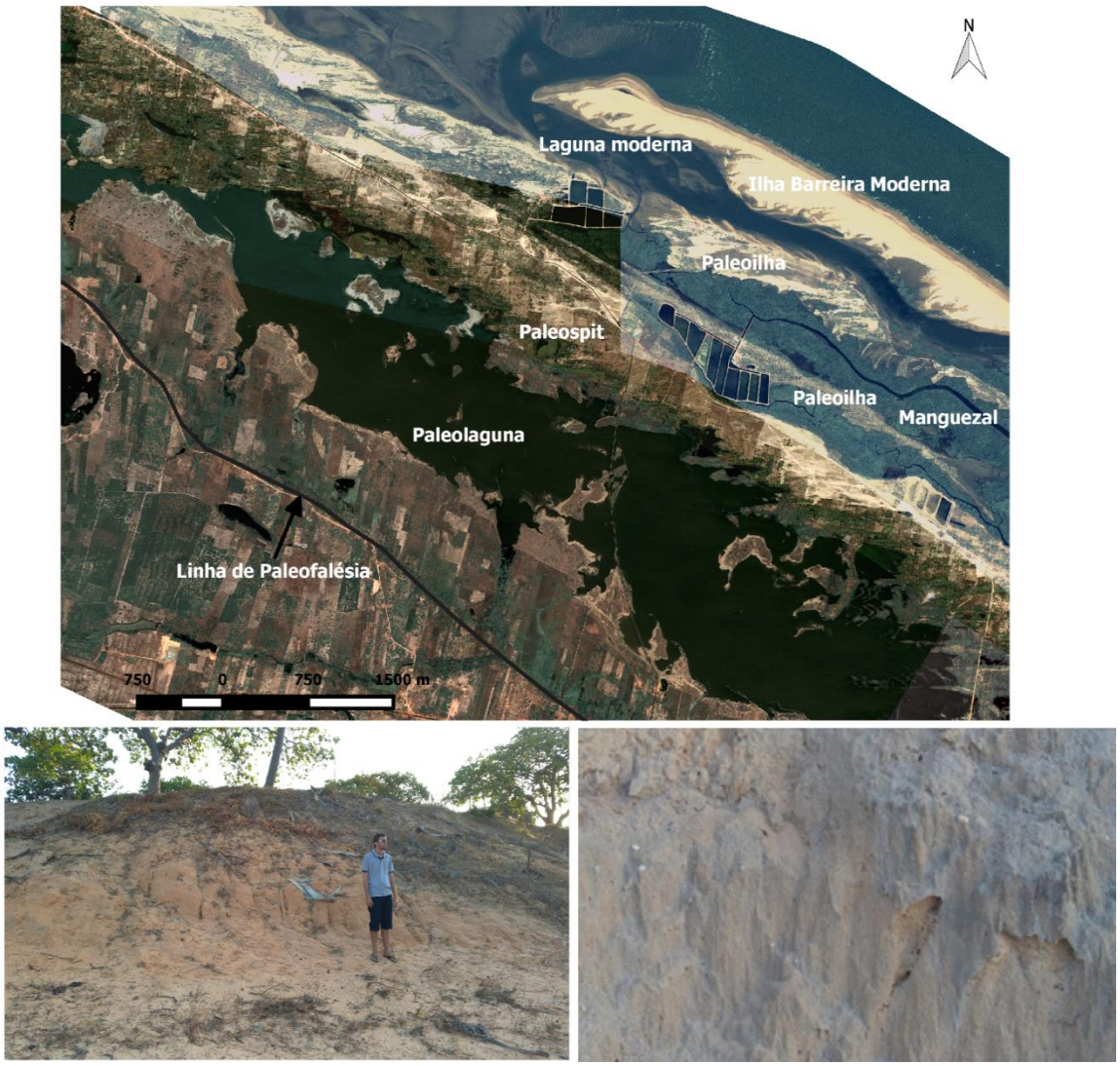


Figura 06 - Paleofalésias próximas à sede municipal de Itarema, com destaque para a grande presença de sistemas de antigas barreiras costeiras e lagunas

CONCLUSÃO

Verificou-se que as principais áreas de ocorrências de paleofalésia se localizam no Norte da Costa do Ceará. Este fato se deve a uma miscelânea de fatores: capeamento por dunas, neotectônica e fisiografia costeira. As paleofalésias apresentaram uma altura média de 10 m e declividade em torno de 20º. Os principais materiais constituintes destas feições são da base para o topo: Barreiras Indiviso e Sedimentos Eólicos.

Destaca-se que é comum a presença da escarpa em processos ativos de denudação, devido a fatores subaéreos continentais, com destaque para ação pluvial e coluvial. Entre as linhas de falésias inativas e a faixa praial, diversos sub-ambientes costeiros ocorrem, com destaque para os campos de dunas ativas, os sistemas de barreiras costeiras-lagunas e as *beach-ridges/foredunes*.

As paleofalésias são importantes indicadores de nível do mar mais elevado que o atual, sendo que devido a padrões altimétricos relativamente similares,

possivelmente, estas paleofalésias foram falésias vivas em um nível do mar mais alto que o atual no Holoceno Médio-Tardio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, da Universidade Estadual do Ceará – UECE, pela infraestrutura e apoio do corpo científico para realização das atividades de coleta, processamento e análise dos dados sedimentológicos; ao projeto PRONEX: *"Geodiversidades, interações e impactos socioambientais no sistema praia-plataforma da Costa Oeste do Ceará"*, através do financiamento oferecido pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão das bolsas de doutorado.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, L. J. C; MAIA, L. P. 2012. Caracterização sedimentológica dos tabuleiros pré-litorâneos do Estado do Ceará. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 45 (1): 47 – 55.

BIRD, E. 2008. Coastal Geomorphology: an introduction. Wiley – second edition, 411p., (ISBN 978-0-470-51730-7).

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. 2003. Mapa Geológico do Ceará.

DAVIDSON-ARNOTT, R. 2010. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge, 442p. (DOI: 10.1017/S0016756810000658).

FREIRE, K. P. G. 2017. Caracterização dos eolianitos e beachrocks adjacentes ao Rio Aracatimirim, Itarema – CE. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. 66p.

MAIA, L.P; FREIRE, G.S.S; MORAIS, J.O; RODRIGUES, A.C.B; PESSOA, P.R.S; MAGALHÃES, S.H. 2001. Dynamics of coastal dunes at Ceará State, Northeastern Brazil: dimensions and migration rate. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 34, 11 – 22.

MAIA, R. P. 2012. Geomorfologia e neotectônica no Vale do Rio Apodi-Mossoró, RN. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. 218p.

MEIRELES, A. J. A. 2014. Geomorfologia Costeira: funções ambientais e sociais. Imprensa Universitária – UFC, 489p.

MORAIS, J. O. 1998. Processos Interativos na Elaboração da Zona Costeira do Estado do Ceará e Impactos Associados. Tese (Professor titular) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. 225p.

ROSSETTI, D. F; GÓES, A. M; SOUZA, L. S. B. 2001. Stratigraphy of the Pós-Barreiras sedimentary succession (Bragantine Zone, Pará) based on ground penetrating radar. Brazilian Journal of Geophysics, 19 (2): 113-130, São Paulo. (DOI: 10.1590/S0102-261X2001000200001).

XIMENES NETO, A. R; MOURA, F. M; BARROS, E. L; PESSOA, P. R. S; MORAIS, J. O. 2018. Terraço Marinho entre Barreiras de Baixo e Tibau: Aspectos Genéticos e Morfológicos. In: IV Simpósio de Geografia Física do Nordeste, Sobral, CE, Brasil.

Capítulo 15

O uso de geotecnologias na análise temporal das variações morfológicas do Pontal do Quilombo

O USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTAL DO QUILOMBO

Eduarda Bussiol Bison[1,2] & Christian Garcia Serpa[1,3]

[1] Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: eduardabussiolbison@gmail.com
[2] Laboratório de Engenharia Costeira, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: eduardabussiolbison@gmail.com
[3] Laboratório de Topografia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

A alta vulnerabilidade da zona costeira exige um monitoramento contínuo dessas áreas, visando à proteção ambiental e populacional, visto que essas regiões concentram a grande maioria da população mundial. Pesquisas em ambientes marítimos são comuns, entretanto estudos relacionados à variação na faixa de praia em ambientes lagunares são escassos, sobretudo naqueles associados a sistemas deltaicos. Grandes aliadas para o monitoramento e controle das modificações morfológicas na linha de costa, as geotecnologias associadas às metodologias específicas, tais como o Método do Polígono de Mudança (utilizada neste trabalho), tornam possível estimar as áreas erodidas ou acrescidas no decorrer dos anos, estabelecendo padrões para determinada região. Este estudo propõe, através da vetorização de imagens aéreas (1964) e satelitais (2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018) do Pontal do Quilombo (Parque Estadual do Camaquã), e do emprego do Método do Polígono de Mudança (Smith & Cromley, 2012; Albuquerque 2013) estimar a variação da linha de costa em escala anual, e assim identificar porções acrescivas e erosivas da área em estudo. Tendo em vista que a linha de costa do Pontal do Quilombo apresenta duas orientações distintas, denominadas neste trabalho como "margem leste" e "margem oeste", as análises foram separadas para os dois segmentos. De maneira geral, a margem leste apresentou um perfil de estabilidade e a margem oeste apresenta um perfil nitidamente acrescivo, potencializado pela formação de uma barra arenosa emersa, paralela à margem oeste atual. Nas análises quantitativas, obtivemos na margem oeste uma acresção total de 24.217 m² entre 2004-2018 e 72.165 m² entre 1964-2018, além de uma acresção por ano de 6,4 m²/m entre 2004-2018 e 6,8 m²/m entre 1964-2018. Já na margem leste temos uma acresção total de 4.739 m² entre 2004-2018 e 2.971 m² entre 1964-2018, além de uma acresção por ano de 1,9 m²/m entre 2004-2018 e 1,8 m²/m entre 1964-2018. As altas taxas de acresção na margem oeste podem estar relacionadas à barra arenosa emersa, que apresentou crescimento linear de aproximadamente 300 metros entre os anos de 2004 e 2018, que pode ser atribuído à proximidade do Delta do Rio Camaquã, fonte de sedimentos para a região, além da orientação da margem oeste, abrigada frente às principais direções de propagação de ondas vagas (Lemke, 2015).

Palavras-chave: Parque Estadual do Camaquã; Variação da Linha de Costa; Método do Polígono de Mudança; Análise temporal.

THE USE OF GEOTECHNOLOGIES IN THE TEMPORAL ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL VARIATIONS OF THE KILOMBO POINT

ABSTRACT

The high vulnerability of the coastal zone requires continuous monitoring of these areas, aiming at environmental and population protection, since these regions concentrate the great majority of the world population. Research in marine environments is common, however, studies related to the variation in the beach range in lagoon environments are scarce, especially in those associated with delta systems. Major allies for the monitoring and control of

morphological changes at the coastline, geotechnologies associated with specific methodologies such as the Polygon Method of Change (used in this work) make it possible to estimate the areas eroded or increased over the years, establishing standards for a given region. This study proposes, through the vectorization of aerial (1964) and satellite (2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018) images of Pontal do Quilombo (Camaquã State Park) and the use of the Polygon Method of Change (Smith & Cromley, 2012; Albuquerque 2013) estimate the coastline variation on an annual scale, and thus, identify additional and erosive portions of the study area. Considering that the coastline of Pontal do Quilombo presents two distinct orientations, denominated in this work as "east margin" and "west margin", the analyzes were separated for the two segments. In general, the east bank presented a profile of stability and the west margin presents a distinctly increased profile, potentiated by the formation of an emergent sandy bar, parallel to the current west margin. In the quantitative analyzes, we obtained in the western margin a total of 24,217 m² between 2004-2018 and 72,165 m² between 1964-2018 and an annual increase of 6.4 m² / m between 2004-2018 and 6.8 m² / m between 1964-2018. On the east bank, we have a total of 4,739 m² between 2004-2018 and 2,971 m² between 1964-2018 and an annual addition of 1.9 m² / m between 2004-2018 and 1.8 m² / m between 1964- 2018. The high rates of accretion in the western margin may be related to the emergent sandy bar, which presented linear growth of approximately 300 meters between the years 2004 and 2018. This growth can be attributed to the proximity of the Camaquã River Delta, a source of sediments for the region, besides the orientation of the western margin, sheltered in front of the main directions of wave propagation (Lemke, 2015).

Key-words: Camaquã State Park; Coastline Variation; Polygon Shift Method; Temporal Analysis.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma das áreas física e socioeconômicas mais vulneráveis, devido a serem dinâmicas, com vários processos envolvidos. Esse ambiente está sujeito constantemente a mudanças relacionadas às forçantes naturais e as atividades humanas e, em termos de larga escala, a linha de costa se modifica na tentativa de estabelecer um equilíbrio com as forças que atuam sobre ela (MARTINS *et al.*, 2004). Segundo MAZZER & DILLENBURG (2009), o mapeamento sistemático da linha de costa representa uma ferramenta para a geração de informações fundamentais para o planejamento e gerenciamento costeiro.

A interface entre áreas emersas e submersas está constantemente submetida a transformações decorrentes da evolução conjunta da morfologia do fundo e dos campos de ondas e correntes (ALVES, 2006). Estas variações são intrinsicamente relacionadas à morfodinâmica da linha de costa, tanto em ambientes lagunares como marinhos.

A probabilidade de eventos relacionados à instabilidade da linha de costa foi identificada por ZENKOVITCH (1959), o qual sugeriu um modelo para segmentação de corpos d'água alongadas e a formação de esporões quando submetidos a ventos predominantemente longitudinais. Além disso, o autor também identificou a predominante migração em direção aos extremos das lagoas por esses esporões e a ocorrência de cristas de praia em áreas protegidas da incidência de ondas dominantes.

O acompanhamento da variação morfológica da linha de costa é fundamental para o planejamento costeiro e a gestão de territórios, como as unidades de conservação. No caso do Pontal do Quilombo, as informações obtidas poderão auxiliar no zoneamento do Parque Estadual do Camaquã e consequentemente no Plano de Manejo do local, já que até o momento o parque não conta com plano de manejo e regularização fundiária.

Designadas a servirem de instrumento para captação, processamento e análise de dados através de referências geográficas e geológicas/ morfológicas, as geotecnologias são caracterizadas como sendo um

grande instrumento de pesquisas e estudos relacionados com a gestão e solução de manejo de riscos e tomada de decisão por parte do poder público (ALBUQUERQUE *et al*., 2018). Nesse sentido, este trabalho propõe uma análise qualitativa e quantitativa da evolução morfodinâmica do Pontal do Quilombo, inserido no Parque Estadual do Camaquã (Lagoa dos Patos).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Unidades de Conservação são áreas criadas pelo Poder Público com a finalidade de proteger e conservar a biodiversidade, permitindo o uso sustentável dos recursos. O estabelecimento destes espaços protegidos se constitui na ferramenta mais utilizada, atualmente, para a conservação da natureza (SOUTO, 2013).

Situado as margens da Laguna dos Patos, a unidade de conservação denominada Parque Estadual do Camaquã (PEC) foi criada em 1975, através do Decreto Estadual n° 23.798, com o intuito de proteger as áreas úmidas do delta lagunar do rio Camaquã, incluindo o Banhado do Caipira, o Rincão do Escuro e inúmeras ilhas (BRASIL, 1975). Nesse trabalho, analisaremos a área do Pontal do Quilombo, o qual está inserido no Banhado do Caipira (**Figura 01**).

O Parque localiza-se entre os municípios de São Lourenço do Sul e Camaquã e abrange uma área de 7.992,50 hectares. Encontra-se às margens da Laguna dos Patos, desde o Banhado do Caipira até o pontal, abrangendo áreas desde o Vale do Rio Camaquã até a Pacheca.

Segundo a SEMA-RS o **PEC** está situado em área limítrofe entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, sendo que a maior parte de sua área está inserida no segundo ambiente. Apesar de ser um ambiente protegido por lei há mais 43 anos, o local não possui plano de manejo, bem como regularização fundiária. Além de serem comuns práticas relacionadas às atividades de agricultura e pecuária **(Figura 02)**, conforme publicado por LOPES (2016) e por HANSEN (2007).

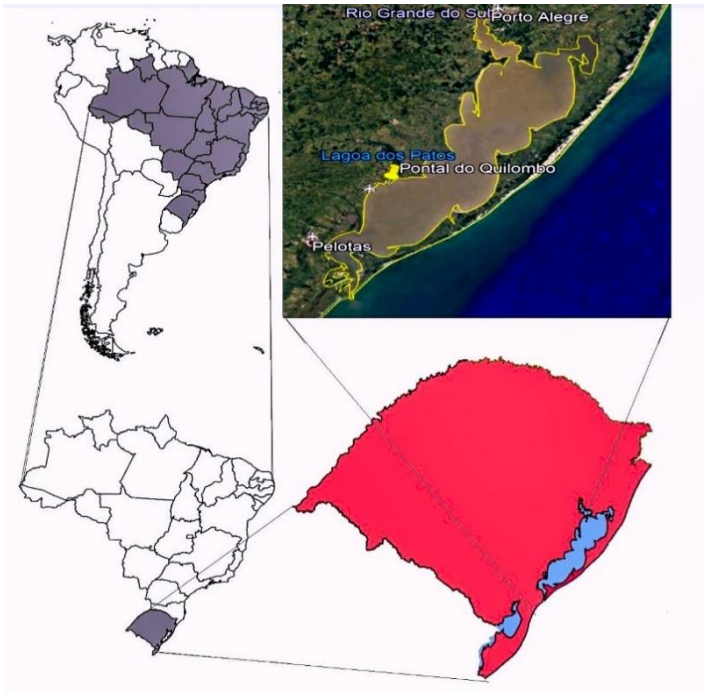


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo (Pontal do Quilombo).

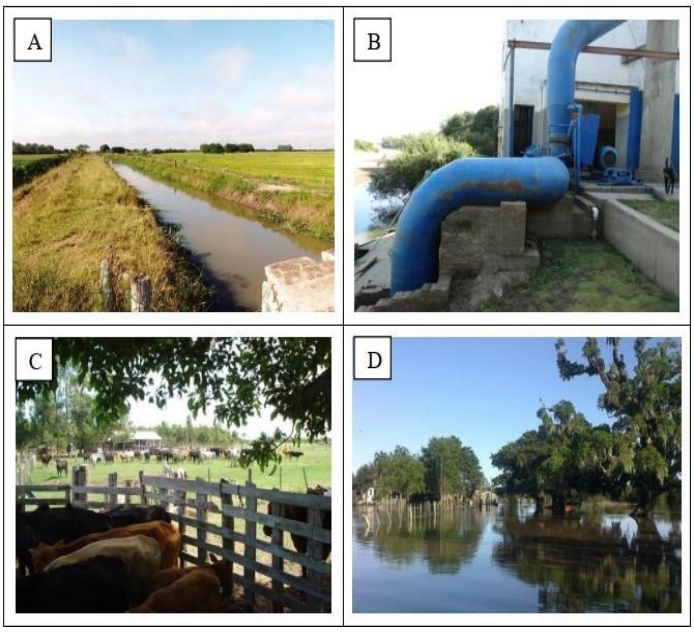


Figura 02: Intervenções antropogênicas no Parque Estadual do Camaquã. (A) Canal artificial para abastecimento de lavouras de arroz irrigado; (B): Bomba de captação da água do Rio Camaquã para o abastecimento das canchas de arroz irrigado; (C) Pecuária em uma das propriedades localizadas nas ilhas do PEC; (D)

Extravasamento fluvial na planície distributária do delta do Camaquã, Ilha de Santo Antônio 15/10/2015. Fonte: KATH. A, apud LOPES & SIMON (2017).

METODOLOGIA

Para a caracterização da variação morfológica da linha de costa do Pontal do Quilombo, a metodologia adotada propôs a combinação das análises de imagens de satélite, de 2004 a 2018, com fotografia aérea pretérita, de 1964, oriunda de aerolevantamento do exército brasileiro. Devido à irregularidade da linha de costa em estudo, o método do polígono de mudança (ALBUQUERQUE et al., 2018) tornou-se a escolha mais adequada.

Assim, foram realizadas as seguintes etapas: pré-processamento (escolha do indicador comum, aquisição e registro das imagens), análise da variação da linha de costa (vetorização da linha de costa e cálculo de área) e a análise dos resultados (através da comparação das áreas obtidas).

Escolha do Indicador e Extração da Linha de Costa

A percepção da linha de costa engloba a escolha de um indicador que apresente a melhor aproximação da interface continente/água (como a linha da vegetação costeira, a base ou a crista da duna frontal, escarpas ou cristas no perfil praial, linha d'água atingida e interface areia seca/ molhada), além da identificação desse indicador na fonte de dados (i.e. fotografias, imagem de satélite, perfil praial). Tanto a seleção do indicador quanto a detecção do mesmo são potenciais fatores de incertezas quando se trabalha com estimativas de variação de linhas de costa (STOCKDON *et al.*, 2002). O indicador escolhido para esse estudo foi à linha d'água, devido ao estudo se concentrar na Lagoa dos Patos, e as fontes desse indicador serem provenientes das imagens de satélite.

Aquisição dos Dados e Padronização

As imagens satelitais utilizadas no estudo foram adquiridas junto ao *software* Google Earth Pro™, para o intervalo temporal compreendido entre o período de 2004 a 2018, sendo imagens dos seguintes anos: 2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018. Foi também utilizada uma imagem aérea oriunda de levantamento aerofotogramétrico do exército do ano de 1964. Uma das imagens, a de 2015, foi registrada a partir de dados do Google Earth Pro™, esta serviu como base para as demais. Então, foi realizado o corregistro de todas as imagens disponíveis a partir da imagem de 2015. Os procedimentos de registro foram realizados no *software* QGIS, com o auxílio do comando "Georreferenciador" do QGIS **(Figura 03)**. O banco de dados foi referenciado ao sistema de coordenadas UTM e no sistema de referência (WGS 1984), zona 22 Sul.

Como referência para a demarcação de pontos de controle, habitualmente utilizam-se cruzamentos de ruas e avenidas e obras de engenharia de pequena altura (casas). Isto se deve pelo fato de que edifícios altos, principalmente se não estão localizados na região central da imagem, apresentarão um desvio angular em relação ao sensor (câmera fotográfica ou satélite), o que certamente influenciará de forma negativa no processo de georreferenciamento.

Comumente é adotado um mínimo de 20 pontos de controle (GCPs) para cada fotografia. Como o local de estudo está situado em uma unidade de conservação e não há a disponibilidade de estruturas fixas no local, tornou-se necessária a utilização de pontos de controle naturais (comuns em todas as imagens). Tanto para o registro da imagem de 2015, quanto para as demais, foram empregados 20 GCPs (Figura 03).

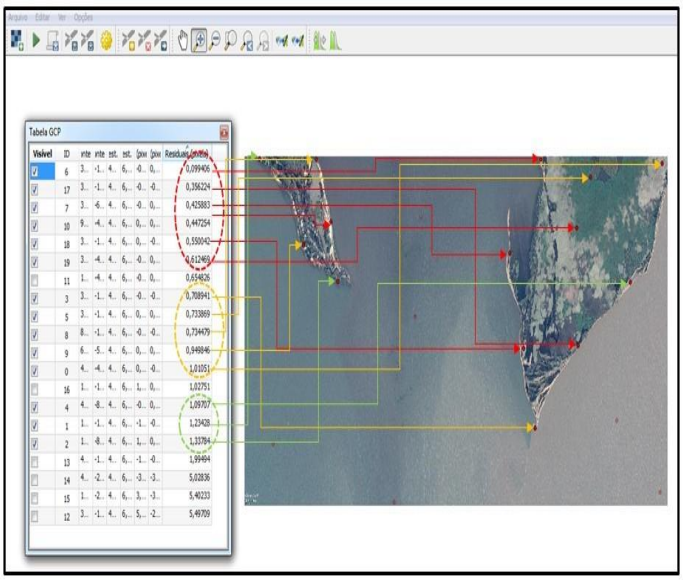


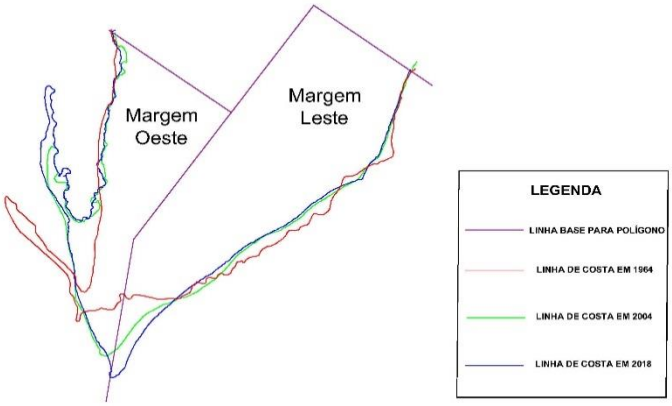
Figura 03: Pontos de controle (PCs) utilizados no processo de georreferenciamento da imagem de satélite de 2015 no *software* livre QGIS.

Vetorização das imagens

Após o registro, as imagens foram transferidas para o *software* AutoCad ® para serem vetorizadas. A vetorização se dá a partir da criação inicial de uma linha base comum, que abrange todo o pontal, e com a utilização de uma camada ("*layers*") para cada imagem. Dessa forma foi possível fazer a vetorização, geração dos polígonos e sobreposição de todas as imagens, possibilitando a observação da variação morfológica sofrida na área de estudo.

O pontal foi dividido em dois segmentos (margem oeste e margem leste), cujas vetorizações de cada data formaram polígonos, limitados por uma linha de base comum **(Figura 04)**. Através de um comparativo entre as vetorizações de diferentes datas foi possível determinar a variação sofrida pela área de estudo nos períodos selecionados.

Figura 04: Procedimento de vetorização e criação de polígonos no *software* AutoCad ®.



Cálculo das Taxas de Variação da Linha de Costa

Através da vetorização da linha de costa para cada uma das imagens e, com a base em comum em todas elas, foi possível quantificar a área de cada polígono no software AutoCad®. A quantificação das variações de área nos diferentes períodos estudados foi realizada através da subtração entre as áreas de vetorizações de anos diferentes. Os cálculos foram realizados de acordo com a **Equação 1**.

Equação 1:

$$\text{Erosão ou Acresção Total}(m^2)_{2004\text{-}2005} = A_{2005} - A_{2004}$$

Onde: A_{2005} e A_{2004} são as áreas do polígono de mudança nos respectivos anos.

Dessa forma, as diferenças de áreas foram analisadas e permitiram a quantificação do ganho ou perda de área em cada setor por ano (**Equação 2**) ou mesmo valores aproximados por metro linear (**Equação 3**). Com isso, foi possível estimar a variação morfológica em cada período e determinar se a área encontra-se estável, em processo de erosão e acresção de sedimentos. Contudo, foi possível estabelecer uma análise do padrão evolutivo do pontal.

Equação 2:

$$\text{E ou A}(m^2/\text{ano})_{2004\text{-}2005} = \frac{\text{Erosão ou Acresção Total } (m^2)_{2004\text{-}2005}}{\Delta t_{2004\text{-}2005}}$$

Onde: $\Delta t_{2004\text{-}2005}$ é a diferença de tempo entre a captura das imagens 2005 e 2004.

Equação 3:

$$\text{E ou A}(m^2/m)_{2004\text{-}2005} = \frac{\text{Erosão ou Acresção Total } (m^2)_{2004\text{-}2005}}{L_{costa}}$$

Onde: L_{costa} é o comprimento aproximado da linha de costa.

Cabe salientar que foram analisados dados de nível da Lagoa dos Patos, provenientes do sistema Hidroweb da ANA (Agência Nacional de Águas) e também dados de direção e intensidade do vento, provenientes do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Inmet), a fim de refinar os resultados obtidos com as vetorizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados obtidos através do método do polígono de mudança, é possível observar que as margens oeste e leste apresentam comportamentos distintos. A margem oeste, na qual é possível observar uma barra arenosa em formação, apresenta perfil nitidamente acrescivo, enquanto a margem leste apresenta um perfil estável (**Figura 04)**.

Além das áreas de cada polígono, as datas de cada imagem de satélite e da fotografia aérea de 1964 também foram consideradas. A fim de se estimar valor total de erosão/ acresção e a taxa por ano, bem como a taxa de m²/m (utilizando o comprimento da linha base). Essas informações são evidenciadas para a margem oeste **(Quadro I)**, e para a margem leste **(Quadro II).**

MARGEM OESTE				
ANO	EROSÃO/ACRESÇÃO TOTAL (m²)	EROSÃO/ACRESÇÃO (m²/m)	TEMPO (anos)	E/A Por ano (m²/m)
1964 a 2004	47.947,662	14,47819554	39,925	0,362635866
2004 a 2005	3.217,592	0,971578656	1,253	0,775563061
2005 a 2013	30.583,844	9,235046141	7,630	1,210374401
2013 a 2015	-7.876,720	-2,378441287	2,257	-1,053983492
2015 a 2016	22.563,636	6,813277579	1,189	5,732261966
2016 a 2018	-1.135,432	-0,342853022	1,333	-0,257139767
Somatório 2004 a 2018	24.217,484	7,313	13,850	6,407
Somatório 1964 a 2018	72.165,145	21,791	53,775	6,770

Quadro I: Representação das taxas de variação (erosão/acresção) obtidas pela análise de imagens de satélite e fotografia aérea, Margem Oeste. Valores negativos são relacionados à erosão, e valores positivos são relacionados à acresção.

MARGEM LESTE				
ANO	EROSÃO/ACRESÇÃO TOTAL (m²)	EROSÃO/ACRESÇÃO (m²/m)	TEMPO (anos)	E/A Por ano (m²/m)
1964 a 2004	-1.767,952	-0,797416472	39,925	-0,019972918
2004 a 2005	-1.420,405	0,640658982	1,253	-0,511406295
2005 a 2013	14.972,487	6,753185896	7,630	0,885093935
2013 a 2015	-6.932,027	-3,126619199	2,257	-1,385531373
2015 a 2016	4.803,373	2,166511765	1,189	1,822766333
2016 a 2018	3.118,461	1,406549674	1,333	1,054912255
Somatório 2004 a 2018	4.739,230	2,138	13,850	1,866
Somatório 1964 a 2018	2.971,278	1,340	53,775	1,846

Quadro II: Representação das taxas de variação (erosão/acresção) obtidas pela análise de imagens de satélite e fotografia aérea, Margem Leste. Valores negativos são relacionados à erosão, e valores positivos são relacionados à acresção.

LEMKE (2015) realizou um amplo estudo na enseada de São Lourenço do Sul, encontrando uma predominância de ondas vindas dos quadrantes leste e sudeste, e o diâmetro dos sedimentos (D50) de 0,564mm. Estando a área de estudo a menos de 10 km dessa enseada, são grandes as chances do Pontal do Quilombo, ser formado por sedimentos de granulometria semelhante. O pontal fica localizado em região adjacente ao delta do Rio Camaquã (Figura 05), portanto é esperado um alto aporte sedimentar ao local.



Figura 05: Delta do Rio Camaquã.

Até o momento, os dados referentes ao nível da lagoa e vento estão sendo considerados de maneira qualitativa, porém em algumas amostras de imagens, com pequenos intervalos de tempo, já é possível tecer análises quantitativas. De acordo com as análises das vetorizações, se tem que entre 2004 e 2005 houve um processo de acresção, na margem oeste do pontal, de 3.217,592m² (0,3217592 ha) e de erosão, de 1.420,405m² (0,1420405ha), na margem leste.

Já entre 2005 e 2013 ambas as margens apresentaram acresção, com 30.583,844m² (3,0583844 ha) na margem oeste e 14.972,487m² (1,4972487 ha) na margem leste. Entretanto, nesse período há uma diferença de nível de 45 cm, o que pode ter intensificado esses valores de acresção, visto que o nível na segunda imagem está mais baixo, o que poderia ter deixado mais área exposta na segunda imagem. Cabe observar que essa diferença, levando em conta a resolução das imagens e o tipo de sedimento que caracteriza as margens, acarretaria em erros pequenos, que seriam diluídos no processo de vetorização. É evidente que diferenças de nível superiores, acima de 1 metro, por exemplo, podem e devem ser considerados.

No período entre 2013 e 2015, ambas as margens apresentaram erosão, a oeste 6.440,760m² (0,644076 ha) e a leste 18.863,340m² (1,886334 ha). De 2015 a 2016 a margem oeste mostrou uma erosão de 2.007,760m² (0,200776 há), enquanto na margem leste houve uma acresção de 6.932,027m² (0,6932027 ha). Entre 2016 e 2018, a margem oeste apresentou uma erosão de 1.135,432m² (0,1135432 ha), enquanto a margem leste uma acresção de 3.118,461m² (0,3118461 ha).

A comparação entre áreas mais independente da variação de nível foi feita entre as vetorizações dos anos de 2013 e 2016, com diferença de nível de apenas três centímetros, na qual a margem oeste teve uma erosão de 8.448,520m² (0,844852 ha), enquanto a margem leste apresentou uma erosão de 11.931,313m² (1,1931313 ha). Essa erosão, no entanto, não se confirma em todo o período analisado, de 2004 a 2018, no qual a margem oeste apresentou acresção de 24.217,484m² (2,4217484 ha), enquanto a margem leste mostrou acresção de apenas 4.739,230m² (0,473923 ha).

Cabe observar que as altas taxas de acresção observadas na margem oeste podem estar relacionadas ao desenvolvimento de uma barra arenosa emersa **(Figura 06 - A),** aparentemente formada apenas por sedimentos arenosos, que ganhou cerca de trezentos metros em extensão, entre 2004 e 2018. Acredita-se que a principal fonte de sedimentos para a formação e para a manutenção da barra arenosa e do banco arenoso intermitentemente emerso/submerso **(Figura 06 - B)** seja o Delta do Rio Camaquã.

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que a formação e o desenvolvimento do Parque Estadual do Camaquã obedecem a padrões semelhantes aos propostos por ZENKOVICH (1967) e SERIZAWA (2012), no qual se considera que uma grande lagoa possui a tendência a formar esporões, que acabam se fechando e formando pequenas lagoas.

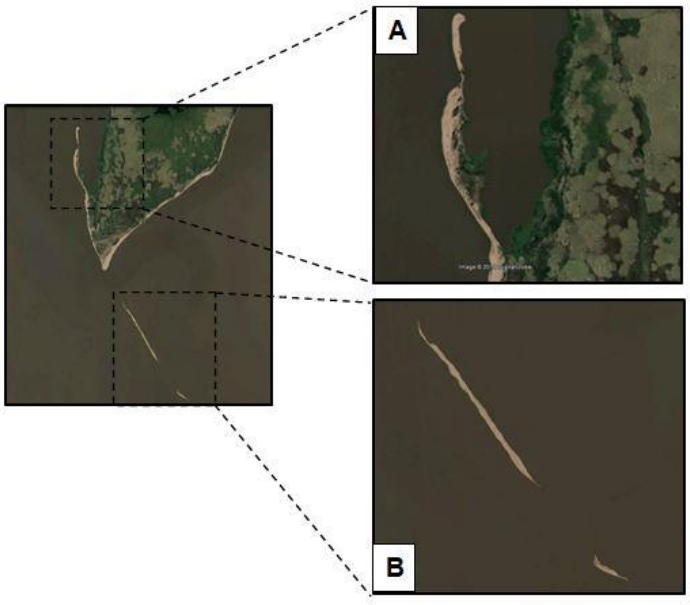


Figura 06: Banco intermitentemente emerso/submerso no Pontal do Quilombo.

CONCLUSÕES

A aplicação do método do polígono de mudança se mostrou eficaz para estimar a evolução de uma porção de costa lagunar. Entretanto, seria interessante a complementação e corroboração dos dados obtidos através de um levantamento de campo, o qual não foi passível de realização devido às dificuldades de acesso ao local, ausência de estradas, além da presença de banhados adjacentes. A presença desses empecilhos reforça a importância, aplicabilidade e facilidade do emprego de geotecnologias para levantamento e controle de modificações morfológicas na linha de costa.

Ademais, o refinamento dos resultados, a partir de dados de nível da Lagoa dos Patos, deve ser considerado, a fim de gerar taxas de erosão e acresção mais fiéis à realidade, principalmente em praias de sedimentos finos e pendente suave. Para resultados mais acurados é recomendável uma série temporal de imagens mais longa, para averiguar se as variações da linha de costa medidas não são influenciadas pela dinâmica do nível da lagoa.

O Pontal do Quilombo, durante o período analisado, se mostrou relativamente estável, e as maiores diferenças entre erosão e acresção podem ser atribuídas à barra arenosa formada na margem oeste. Devido à proximidade do Delta do Camaquã e ao regime de micro maré da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, é esperado que as margens do Pontal do Quilombo sejam formadas por sedimentos arenosos grosseiros (LEMKE, 2015), que não são facilmente carregados pela hidrodinâmica local. É esperado que o Pontal do Quilombo continue a crescer, porém alterações significativas deverão ser observadas em uma escala temporal mais extensa.

Para a continuidade deste estudo está prevista a análise de uma gama maior de imagens, além da contemplação de toda a linha de costa do Parque Estadual,

visando aumentar a aplicação das análises para o gerenciamento ambiental.

Vale ressaltar que a aplicação do Método do Polígono de Mudança em imagens de satélites mais antigas pode ser de grande dificuldade, visto que a resolução das imagens não é tão boa, o que complica o processo de identificação das feições entre áreas emersas e submersas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGÁFICAS

ALBURQUERQUE, M.; ESPINOZA, J.; TEIXEIRA, P.; DE OLIVEIRA; A.; CORRÊA, I. &; CALLIARI, L. 2013. Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches. Journal of Coastal Research 65(sp2):1710-1714. (doi:10.2112/SI65-289.1).

ALBURQUERQUE, M.; ESPINOZA, J. &; ALVES, D. C. L. 2018. Uso de geotecnologias no gerenciamento de riscos associados à ação de eventos meteorológicos de grande intensidade no extremo sul do Brasil. In: Mares e litorais: Perspectivas transdisciplinares. 187p., FGEL-UERJ, Brasil. il. - (Rede BRASPOR ; tomo VII). (e-ISBN 978-85-87245-02-1)

ALVES, A. R. 2006. Modelagem numérica aplicada ao estudo da origem e evolução morfológica dos esporões da Lagoa de Araruama-RJ. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. 99 p.

BRASIL. Decreto Estadual n° 23.798, de 12 de março de 1975. Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Diário Oficial, Porto Alegre, RS, 14 de março de 1975.

HANSEN, M. A. F. 2007. Unidades de Conservação Ambiental: Delta do Camaquã e Matas e Banhados da Pacheca, RS (estudo de caso). 256p., Editora Unisinos, Brasil. (ISBN: 8574313114, 9788574313115).

LEMKE, N. 2015. Morfodinâmica da embocadura do arroio Carahá. Lagoa dos Patos, São Lourenço do Sul - RS. Tese (Doutorado em Oceanografia Física, Química e Geológica). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. 346 p.

LOPES, Â. L. de O. 2016. Zoneamento Ambiental do Parque Estadual do Camaquã: Subsídios ao Plano de Manejo**.** Relatório de Qualificação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geografia). Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil, 119p.

LOPES, Â. L. O. ; SIMON, A. L. H. 2017. Progradação deltaica e alterações na linha de costa lagunar no Parque Estadual do Camaquã, RS. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas, SP. (doi: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1985)

MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L. &; FERREIRA, E. R. 2004. Linha de costa: problemas e estudos. Gravel. Porto Alegre, RS. 1(2): 40-56. (ISSN: 1678-5975)

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. R. 2009. Variações Temporais da Linha de Costa em Praias Arenosas Dominadas Por ondas do Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). Pesquisas em Geociências 36(1): 117-135. (doi:10.22456/1807-9806.17880)

SERIZAWA, M.; UDA, T. &; MIYAHARA, S. 2012. Development of Sand Spits and Cuspate Forelands with Rhythmic Shapes and Their Deformation by Effects of Construction of Coastal Structures. Computational and Numerical Simulations, 19:419-450. (doi:10.5772/57043)

SEMA-RS (s/d). Parque Estadual do Camaquã. Secretaria do Meio Ambiente e Agricultura – online, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-camaqua. (acesso: 2019).

SILVA, M. J. B. &; SERPA, C. G. 2015. Estudo da evolução morfodinâmica do campo de dunas da praia do Cassino (Brasil) a partir de geotecnologias. Scientia Plena 11(2):1-13.

SMITH, M.J.; CROMLEY, R.G. 2012. Measuring historical coastal change using GIS and the change

polygon approach. Transactions in GIS, 16(1):3-15. (doi:10.1111/j.1467-9671.2011.01292.x)

SOUTO, L. R. 2013. Breve análise das unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul e a disponibilidade dos planos de manejo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Federal do Pampa, São Garbriel, RS, Brasil. 51 p.

STOCKDON, H.F.; SALLENGER, A.H.; LIST, J.H.; HOLMAN, R.A. 2002. Estimation of Shoreline Position and Change Using Airborne Topographic Lidar Data. Journal of Coastal Research, 18(3):502-513. (ISSN:0749-0208)

THIELER, E.R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L. & ERGUL, A. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. (doi:10.3133 / ofr20081278)

ZENKOVITCH, V. P. 1959. On the genesis of cuspate spits along lagoon shores. Journal of Geology. 67(3):269-277. (doi:10.1086/626583)

ZENKOVICH, V.P. 1967. Processes of Coastal Development. 738p., Interscience Publishers New York, EUA. (ISBN:0050017284, 978-0050017289)

Capítulo 16

Variabilidade topográfica do sistema praia-duna em balneários da costa central e sul do Rio Grande do Sul utilizando RTK-GPS

VARIABILIDADE TOPOGRÁFICA DO SISTEMA PRAIA-DUNA EM BALNEÁRIOS DA COSTA CENTRAL E SUL DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO RTK-GPS

Guilherme da Silva Rodrigues[1], Ulisses Rocha de Oliveira[2], Miguel da Guia Albuquerque[3] & José Antônio de Antiqueira[4].

[1] Mestrando em Geografia - Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros. Endereço: Av. Itália km 8 Bairro Carreiros, CEP: 96.203-900, Rio Grande (RS), Brasil, e-mail: guilherme.gsr8@gmail.com
[2] Doutor em Geografia, professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros. Endereço: Av. Itália km 8 Bairro Carreiros, CEP: 96.203-900, Rio Grande (RS), Brasil, e-mail: ulisseslicke@yahoo.com.br
[3] Doutor em Geociências - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Rio Grande. Endereço: Rua Eng. Alfredo Huch, 475 Bairro Centro, CEP: 96.201-460, Rio Grande (RS), Brasil, e-mail: migueldaguia@gmail.com
[4] Mestre em Oceanografia Física, Química e Geológica, professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros. Endereço: Av. Itália km 8 Bairro Carreiros, CEP: 96.203-900, Rio Grande (RS), Brasil, e-mail: jose_antiqueira@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a morfologia do sistema praia-duna através de perfis topográficos transversais ao litoral na orla defrontante aos principais balneários (localidades costeiras urbanizadas) da costa central e sul do Rio Grande do Sul, utilizando RTK-GPS. A partir dos dados obtidos, foram extraídas superfícies bidimensionais e alguns parâmetros morfométricos. Os resultados mostram que na orla dos balneários do Cassino e do Mar Grosso, adjacências do estuário da Lagoa dos Patos, o sistema praia-duna se apresenta mais largo e com menores cotas de entre os analisados. Na porção defrontante ao balneário Cassino há praias e dunas bem desenvolvidas, o melhor desenvolvido de entre as orlas urbanas analisadas. No balneário Mar Grosso identificou-se cristas e cavas dunares relativamente paralelas à costa. Por sua vez, nos balneários Mostardense e Barra do Chuí, a erosão costeira e a transgressão dunar eólica podem contribuir para as cotas mais altas nas dunas, sendo o sistema praia-duna um pouco mais estreito e irregular nesses locais, se comparado ao Cassino e Mar Grosso. Na Barra do Chuí foram aqui encontradas as maiores cotas altimétricas, quando as dunas se formam sobre os depósitos pleistocênicos, como também as maiores diferenças altimétricas entre o topo da duna frontal e o limite superior de praia. Os resultados mostram variações topográficas significativas do sistema praia-duna em segmentos de sistema praia-duna defrontante as principais localidades costeiras urbanizadas do litoral médio e sul do Estado do Rio Grande do Sul.

Palavras Chaves: Orla Oceânica; Sistema Praia-Duna; RTK-GPS; Parâmetros Morfométricos.

TOPOGRAPHIC VARIABILITY OF THE DUNA-BEACH SYSTEM RESORTS OF THE CENTRAL AND SOUTH COAST OF RIO GRANDE DO SUL USING RTK-GPS

ABSTRACT

This work aims to characterize the morphology of the dune-beach system through topographic profiles on the coast facing the main resorts (urbanized coastal locations) of the central and southern coast of Rio Grande do Sul, by using RTK-GPS. From the obtained

data, two-dimensional surfaces and some morphometric parameters were extracted. The results show that on the edge of the seaside resorts of the Cassino and the Mar Grosso, adjacent to the estuary of the Patos Lagoa, the dune-beach system is larger and with less elevation among the analyzed ones. In the portion facing the beach resort Casino there are well-developed beaches and dunes, the best developed among the urban edges analyzed. In the seaside resort of Mar Grosso, dunes were identified with crests that were relatively parallel to the coast. On the other hand, in the beaches of Mostardense and Barra do Chuí, coastal erosion and aeolian dune migration inland can contribute to the higher dimensions measured in the dunes, being the beach-dune system a little more narrow and irregular in these places, when compared to the Casino and Sea Thick. In Barra do Chuí, the highest altimetry levels were found when the dunes overlay Pleistocene deposits, as well as the greatest altimetric differences between the top of the frontal dune and the upper limit of the beach. The results show significant topographic variations of the dune beach-system in segments of the beach-dune system facing the main urbanized coastal locations of the middle and southern coast of the State of Rio Grande do Sul.

Key-Words: Ocean edge; Dune-Beach System; RTK-GPS; Morphometric Parameters.

INTRODUÇÃO

Segundo Short (1999), as praias arenosas oceânicas são corpos de sedimentos arenosos não coesivos e inconsolidados na zona costeira. Constituem um dos ambientes mais ativos da zona costeira, sendo consideradas como sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente se ajustam a flutuações dos níveis de energia locais e que sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos (HOEFEL, 1997).

As dunas frontais, por sua vez, são cordões paralelos à costa, convexos, simétricos ou assimétricos, situadas na retaguarda da linha de maré alta na porção superior do pós-praia, formados por deposição eólica na presença de vegetação (HESP, 2002). Para Nordstrom (2010), as dunas frontais fornecem barreiras naturais contra extravasamento da água do mar, inundação, estresse do vento, transporte de sedimento e *spray* marinho durante tempestades, o que ajuda a manter a integridade geral dos *habitats* da parte interior da praia. Praias e dunas frontais tem diversas interações no âmbito do transporte sedimentar, tendo também função ambiental de proteção costeira e de berçário de vida no ecossistema costeiro.

A topografia apresenta-se como uma importante ferramenta para se observar e estudar a morfologia das praias e dunas, sendo assim de suma importância nos estudos costeiros. Diversos estudos que usaram técnicas de topografia na costa oceânica do Rio Grande do Sul, localizada no sul do Brasil, como por exemplo: Calliari & Klein (1993), Tozzi (1995), Barletta (2000), Absalonsen (2006), Teixeira (2011), Albuquerque (2013), entre outros.

Estes estudos, em geral, que apresentam dados pontuais de monitoramento de perfis, tendo como foco a variação temporal. O objetivo deste trabalho é caracterizar a morfologia do sistema praia-duna na orla dos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí, localizados na porção central e sul da costa oceânica do Rio Grande do Sul. Serão apresentados uma sequência de perfis com espaçamento mais regular no espaço, tendo como foco a comparação da morfologia entre as localidades, e não a sua variação temporal.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no Estado do Rio Grande do Sul, estendendo-se pelo litoral médio e sul do mesmo, contemplando os Balneários Mostardense, município de Mostardas; Mar Grosso, município de São José do Norte; balneário Cassino, município de Rio Grande e o balneário da Barra do Chuí, em Santa

Vitória do Palmar (Figura 1). Foi escolhia para este estudo apenas a extensão da orla com urbanização na retaguarda com presença de um sistema praia-duna defrontante.

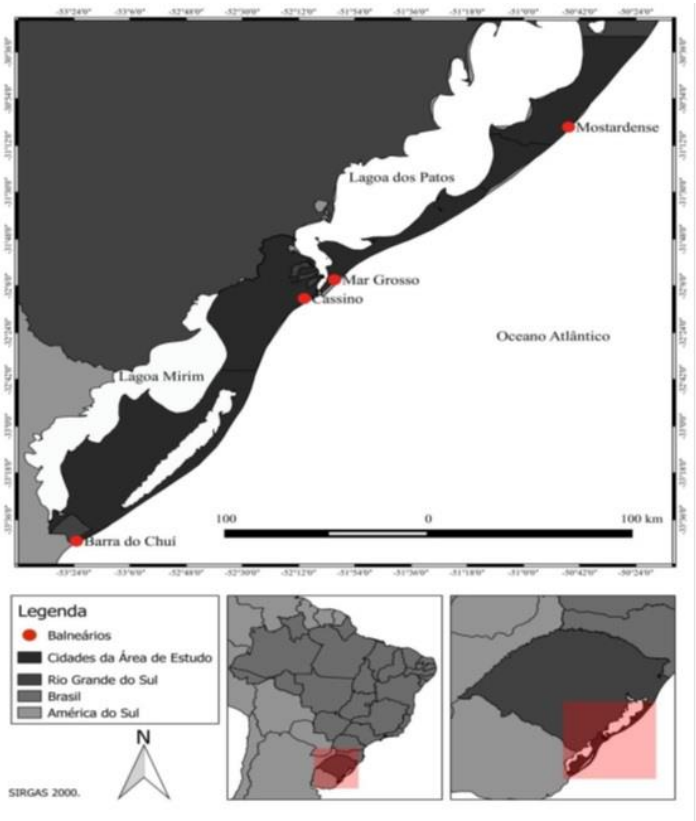


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Elaboração: Karine Bastos Leal.

Todos os balneários analisados estão situados na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS). Segundo Tomazelli, (2009) a PCRS estende-se por cerca de 620 km, desde a foz do Rio Mampituba, divisa do estado do Rio Grande do Sul com Santa Catarina, até a foz do Arroio Chuí, divisa do estado com o Uruguai. Segundo Dillenburg et al. (2003), o litoral do Rio Grande do Sul possui duas áreas de projeções da costa, onde há campos de dunas transgressivas, e duas áreas de embaiamento, onde predominam cordões litorâneos. Também há variações sedimentológicas associadas à herança geológica e a proximidade de desembocaduras lagunares e fluviais.

A dinâmica costeira é também um reflexo da complexa batimetria que antecede a zona de arrebentação das ondas, ocasionando concentração de energia em determinados pontos e dispersão em outros. O sistema praia duna acompanha estas variações, possuindo heterogeneidades. Assentados sobre essa dinâmica e heterogeneidade do sistema praia-duna estão situados vários sítios urbanos, cada qual apresentando peculiaridades.

As ondas oceânicas são a principal fonte de energia para esta zona costeira, onde as ondas gravitacionais, as mais comuns na área de estudo, tem relação com o vento regional sobre o Atlântico Sul. Romeu et al. (2010), identificou em seu estudo que a predominância de vagas do quadrante leste e ondulações do quadrante sul. Onde as ondulações de sul e sudeste são mais dominantes no outono e inverno, ondulações de leste predominam durante a primavera e as vagas, também de leste, durante o verão. Os referidos autores indicam também que as ondas do quadrante sul têm períodos relativamente longos, acima de 10 s, enquanto as do quadrante leste tendem a ter períodos mais curtos, abaixo de 10 s.

Segundo Villwock & Tomazelli (1995) o regime de maré astronômica tem pouca influência na dinâmica praial do Rio Grande do Sul, especialmente quando comparado ao das marés de tempestade, as quais são responsáveis principais pelas oscilações do nível do mar na região. Observa-se que a maré astronômica se situa em torno de 0,5 m, podendo afirmar então que esta costa sofre ação de micro maré astronômica (VILLWOCK et al., 1996). A área de estudo tem grande influência das marés de tempestade, causadas pela ação do vento sobre a superfície oceânica, que elevam o nível do mar e perturbam a face praial. A maior sobre-elevação no nível do mar está associada aos ventos de SW e ondas de S-SE (CALLIARI & KLEIN, 1993).

O clima no Rio Grande do Sul é subtropical, sendo esta região destacada pela sazonalidade bem definida. O vento dominante na PCRS, proveniente das bordas do Anticiclone do Atlântico Sul, incide de nordeste e torna-se mais ativo nos meses de primavera e verão (setembro a fevereiro), influenciando a dinâmica das dunas. O vento secundário, associado à atividade do Anticiclone Móvel Polar, incide de oeste-sudoeste e torna-se mais intenso nos meses de outono e inverno (abril a agosto) (TOMAZELLI, 1993). Estes por sua vez são mais eficazes na geração de ondas de alta energia e elevação da maré, que podem erodir a costa.

MATERIAIS E METODOS

Primeiramente foi feito um planejamento dos locais de medição dos perfis topográficos utilizando o *software* Google Earth Pro®. Foi instituído assim que os espaçamentos dos perfis topográficos transversais ao litoral teriam uma distância média um do outro de aproximadamente 250 m (espaçamento lateral entre os perfis) em cada uma das localidades costeiras (balneários) analisadas.

Foi realizado então o levantamento de perfis transversais à linha de costa entre a face da praia e o início das edificações, abrangendo o sistema praia-duna. Este foi constituído de 10 perfis no balneário Mostardense, 9 no balneário do Mar Grosso, 17 no balneário do Cassino e 8 no balneário da Barra do Chuí. Exceto no balneário Cassino, os perfis foram realizados na mesma data em cada localidade.

Para isto foi utilizado o método de posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real de levantamento de dados pelo Sistema de Posicionamento por Satélites (RTK-GPS). Este método consiste em posicionar um receptor GPS em um ponto fixo de coordenadas conhecidas e outro receptor móvel no ponto no qual se deseja determinar as suas coordenadas (CORSEUIL & ROBAINA, 2003), possibilitando o levantamento topográfico por coordenadas geodésicas com alta precisão, obtendo pontos com coordenadas x, y (posição) e z (altura elipsoidal). Neste caso os pontos conhecidos para serem realizados os levantamentos, foram marcos topográficos do IBGE ou os instalados pela Universidade Federal do Rio Grande, utilizando o mesmo método de instalação do IBGE.

Todos os levantamentos foram efetuados com receptores Geodésicos da marca Leica Viva® GS15 GNSS, recebe as frequências L1 e L2 e L2C, com 12 canais, operando com uma tolerância na precisão em 3D (X, Y, Z) de 0,05 m. O equipamento possui um rádio Pacific Crest ADL acoplado que lhe dá um alcance operacional de 12 km, podendo receber sinal dos sistemas GPS L2, GPS L5, Glonas, Galileo e BeiDou. Todos os pontos coletados foram registrados no modo stop-and-go. A projeção utilizada na obtenção dos dados foi a Sirgas 2000, zona 22 Sul, projetadas em UTM (Universal Transversa de Mercator).

Para cada levantamento, a antena de estação base permaneceu fixa em um ponto de apoio altimétrico. As coordenadas destes pontos altimétricos de cada balneário foram respectivamente: Balneário Barra do Chuí – Transferência de nível do Marco localizado na Ponte na divisa Brasil - Uruguai para um marco situado dentro da base da marinha onde fica o farol da Barra do Chuí (Norte: 6263996,064; Leste: 280199,687; Cota: 23,431); Balneário Cassino - Marco localizado dentro de uma instalação da Companhia de água CORSAN (Norte: 6438107,010; Leste: 390914,090; Cota: 12,540); Balneário Mar Grosso - Marco situado no canteiro central da Av. Principal (Norte: 6453070,939; Leste: 406088,442; Cota: 11,793); Balneário Mostardense – Transferência de nível a partir do centro da cidade para um marco provisório situado em frente

a um templo evangélico na Av. Principal (Norte: 6553843,444; Leste: 517617,947; Cota: 13,539).

A base de dados topográficos consistiu de 1931 pontos coletados ao longo de 44 perfis, dispostos transversalmente à linha de costa. Os dados coletados foram organizados em uma tabela Excel com cada ponto adquirido e as suas respectivas coordenadas X, Y e coordenadas de altitude Z.

Porém, a altitude obtida pelo receptor não está relacionada ao nível médio do mar ou no caso do formato de geoide de nosso Planeta, mas sim a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Assim, torna-se necessário conhecer a diferença entre as superfícies do geoide e do elipsoide, isto é, a altura geoidal, para que se possa obter a altitude ortogométrica. Para facilitar tal conversão foi concebido e produzido conjuntamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Coordenação de Geodésia (CGED), e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, o sistema MAPGEO, que está atualmente na versão MAPGEO15 para calcular a ondulação geoidal.

Deste modo para calcular a ondulação geoidal, é feita uma subtração do valor de Z obtido no RTK-GPS pelo valor obtido para a área do sistema MAPGEO15, buscando um valor mais realístico, porem vale ressaltar que o mesmo acarreta em um erro de alguns centímetros entre as diferentes áreas. Cada local de estudo apresentou sua altura geoidal, no balneário Mostardense o valor foi de 5,4 m, no Mar Grosso e no Cassino de 9,8 m, e na Barra do Chuí de 11,24 m. Apenas no Cassino o valor não foi extraído do MAPGEO, visto que este sofreu uma correção, a qual pode ser obtida em Teixeira (2011). Os valores podem ainda apresentam alguma variação em relação a elevação. Mas, para isto, um trabalho mais específico deve ser realizado, visando o aprimoramento da rede na faixa costeira.

A declividade da praia foi obtida através da medição dos pontos limite superior e limite inferior da mesma (x,y,z) em cada perfil. O cálculo foi efetuado com base no Teorema de Pitágoras, com inclinação dada em graus pela fórmula (o) = Â = arctg DV/DH. O valor foi estabelecido mediante o valor da tangente. Este cálculo usou a distância entre o limite superior e o inferior da praia bem como a variação das elevações entre estes dois pontos (definindo o cateto oposto) para cada perfil realizado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Balneário Mostardense

O Balneário Mostardense, o mais ao norte da área de estudo, encontra-se no município de Mostardas – RS (Figura 1). Em relação ao marco topográfico, nesta área foi feita a transposição da base fixa de coordenadas conhecidas desde o centro da cidade de Mostardas, estando o marco do IBGE situado a aproximadamente 14 km deste balneário. Essa transposição de coordenadas acarretou em um erro de cerca de um centímetro no âmbito horizontal (x, y) e de até 3 cm no âmbito vertical ou de elevação (z), margem de erro pequena e aceitável para os objetivos deste estudo. No sistema praia duna defrontante ao balneário Mostardense foram coletados 307 pontos em 10 perfis transversais a linha de costa (Figura 2).

A largura do perfil variou de 241,2 m no P2 a 110,1 m no P7. Os perfis 1 e 2, mais a norte da área, são mais largos, pois neste segmento as edificações estão mais recuadas em relação à praia (Figura 2), possibilitando desenvolvimento ou preservação de um campo dunar. A figura 3 mostra a morfologia do sistema praia duna com base nos perfis medidos nesse local.

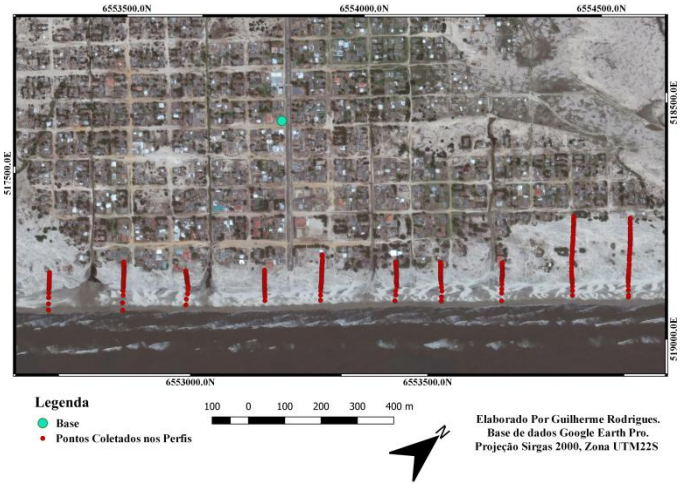


Figura 2. Localização do balneário Mostardense e dos 10 perfis medidos, estando o perfil 1 localizado mais a NNE e o perfil 10 mais a SSW da área.

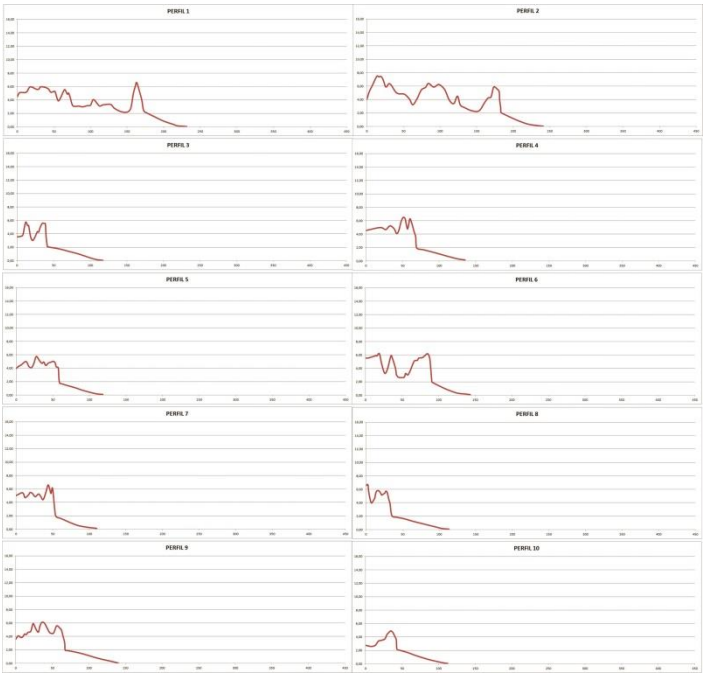


Figura 3: Topografia dos 10 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Mostardense.

A largura do campo de dunas foi de 184,6 m no P2. A partir do perfil 3 o cordão de dunas em sua maioria passa a ser constituído apenas pela duna frontal, pois a área urbana do balneário está mais próxima da linha de costa. No perfil 8 a largura foi de apenas 42,2 m. A altura máxima das dunas oscilou entre 7,5 m (duna situada na retaguarda) no P2 a 4,9 m no P10 (duna frontal), apresentando em sua maioria cristas de duna entre 5 m e 6 m de altura. A altura mínima dentro do campo de dunas dos perfis variou entre 4,4 m no P7 a apenas 2,2 m no P1, provavelmente por conta de uma zona de depressão interdunar ou corredor de deflação. Nesta localidade, observou-se que as dunas se apresentam bem tridimensionais, isto é, não foram identificadas cristas e cavas paralelas à linha de costa neste local. Segundo Absalonsen (2006), esta área possui dunas frontais bem desenvolvidas e que podem ser erodidas pelo mar em épocas de grandes e intensas tempestades. Simões (2015) e Leal (2016) identificaram processos erosivos recentes no local. Anteriormente a realização do trabalho de campo que gerou os dados levantados, ocorreu um evento de alta energia de onda, o que influenciou na morfologia escarpada da duna frontal, vale ressaltar que esses eventos de alta energia são comuns entre os meses de junho, julho e agosto.

Em relação à largura da praia subaérea, não se observou uma variação substancial, dado o pequeno segmento analisado, com largura variando de 74,5 m no P3 a 52,4 m no P6 no dia medido. Barletta (2000) indicou valor médio de largura de praia entre 75 m e 95 m em um monitoramento de uma série de perfis realizado em áreas próximas. A declividade da praia variou de 2,3° no P1 a 1,5º no P9, mostrando uma praia de baixa declividade, porém com variações influenciadas por bermas e cúspides praiais, que podem alterar a declividade. Barletta (2000), em seu monitoramento, encontrou valores em torno de 2 graus de declividade média da face da praia, valores também próximos aos obtidos no presente trabalho.

Balneário Praia do Mar Grosso

O Balneário Praia do Mar Grosso está situado no município de São José do Norte – RS, a aproximadamente 10 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1). Em relação ao marco

topográfico, existe um no local, especificamente na avenida principal do balneário, no centro e um canteiro em frente ao principal restaurante da localidade. Este foi instalado pela Universidade Federal do Rio Grande, utilizando o mesmo método de instalação do IBGE. Para caracterização do sistema praia duna defrontante ao balneário Praia do Mar Grosso foram coletados 407 pontos dispostos através de 9 perfis.

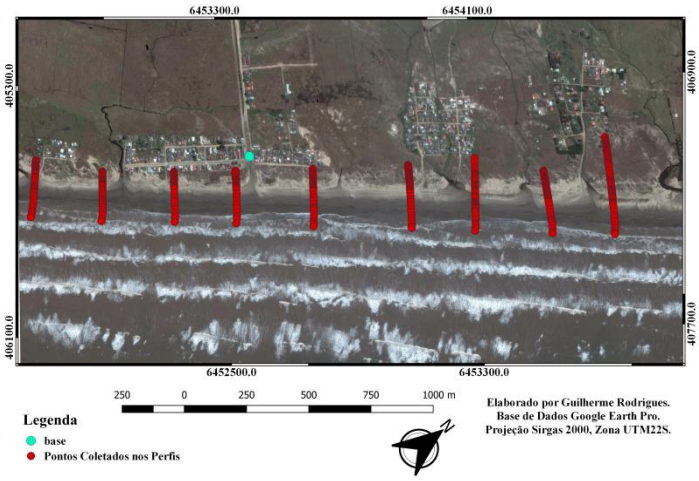


Figura 4. Localização do balneário Praia do Mar Grosso com localização dos 9 perfis medidos, estando o perfil 1 o situado mais a NNE e o perfil 9 mais a SSW da área.

A largura dos perfis variou de 394,2 m no P1 a 199,7 m no P8, apresentando-se mais largo no segmento norte, onde as edificações estão mais retraídas em relação à praia. Nos quatro primeiros perfis, mais ao norte, onde as edificações estão mais retraídas, o acesso para realização dos perfis foi limitado devido a cercas e demarcações de propriedades. Assim, apenas o perfil 1 mediu o segundo cordão de dunas, pois foi possível o acesso ao mesmo. Nos perfis 2, 3 e 4, o difícil acesso impediu que fosse feita medição de toda a extensão das dunas. A partir do perfil 5 o cordão de dunas passa a ser constituído apenas da porção da duna frontal pois a área urbana do balneário nesse local está localizada mais próximo da praia. A figura 5 mostra a morfologia do sistema praia duna com base nos perfis medidos nesse local.

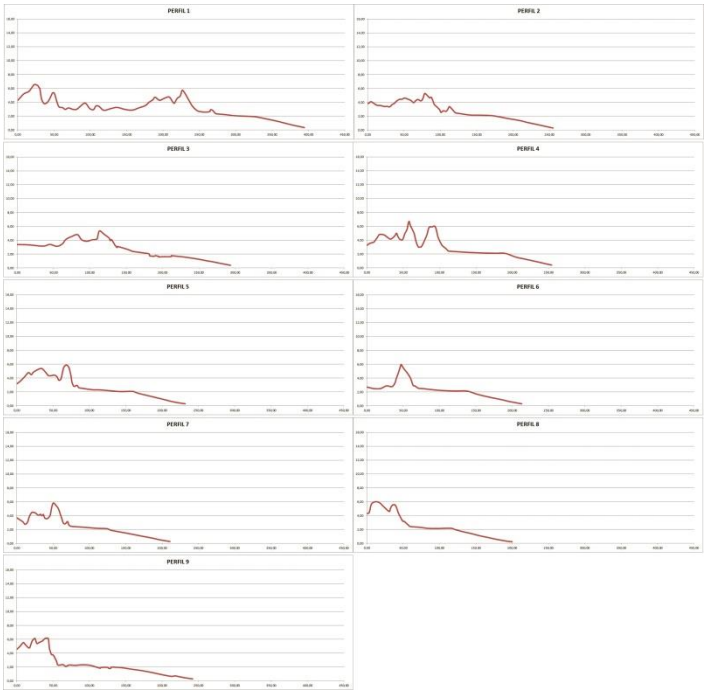


Figura 5. Topografia dos 9 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Praia do Mar Grosso.

Através dos perfis (figura 5), somadas a observações de campo e análise de imagens aéreas, pode-se inferir que a orla do balneário possui dunas relativamente paralelas à costa, com cristas e cavas. O perfil que melhor representou isso foi o P1, pois mediu tanto as dunas frontais quanto as da retaguarda. Os demais mediram apenas a duna (crista) frontal. Com relação à largura do campo de dunas, esta variou de 271 m no P1 a 56,7 m no P9, sendo mais largas no perfil 1 devido a própria medição realizada, visto que estas apresentam-se paralelas a costa. A altura máxima destas oscilou entre 6,7 m no P4 a 5,3 m no P8, tendo cristas em geral acima dos 5 m. A altura mínima dentro do campo de dunas variou entre 4,7 m no P9 e 2,5 m no P2. O segmento onde se localiza o perfil 7 passou por um plano de revitalização dunar, descrito em Cunha (2013).

A largura da praia subaérea não teve uma variação substancial, variando de 145,3 m no P5 a 123,2 m no P1. Silva & Calliari (2001) encontraram valores de 92 m em seu monitoramento realizado. Os maiores valores deste trabalho podem, em parte, estar associados em parte a baixa maré no dia da medição que possibilitou adquirir mais pontos em direção à praia submersa. A declividade da praia variou de 1,2° no P1 a 0,6° no P9, mostrando uma praia com baixa declividade. Dados de Silva & Calliari (2001) para a face da praia indicam valores de 2 graus para o segmento junto a linha d'água. Os perfis indicam que a orla do balneário apresenta uma faixa de praia com pouca declividade e significativamente larga, se comparado ao balneário Mostardense. Pequenas variações topográficas nos perfis na porção da praia podem estar associadas a cúspides praiais ou bermas.

Balneário Cassino

O Balneário Cassino está situado no município do Rio Grande – RS, cerca de 5km ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1). Em relação ao marco topográfico no local, este situa-se próximo a um dos perfis realizados na estação da CORSAN, localizado junto a orla. Esta base para topografia foi instalada pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG, utilizando o mesmo método de instalação do IBGE. No sistema praia duna defrontante ao balneário foram coletados 992 pontos dispostos por meio de 17 perfis transversais a linha de costa. Pelo tamanho da área (largura da orla urbana), foi obtido um maior número de superfícies bidimensionais (Figura 6).

A largura do perfil variou de 246,3 m no P1 a 407,5 m no P17 apresentando-se mais largo no segmento sul dessa área. A figura 7 mostra a morfologia do sistema praia-duna com base nos perfis medidos nesse local.

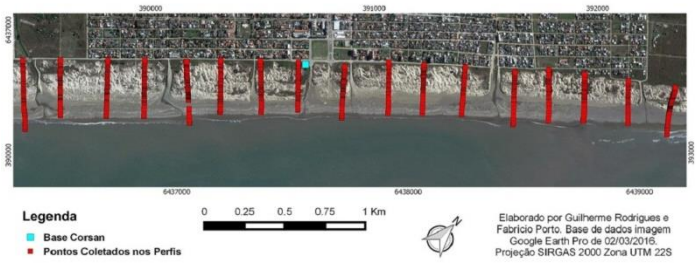


Figura 6. Localização do balneário do Cassino com localização dos perfis 17 perfis medidos, estando o perfil 1 situado mais a NE e o 17 mais a SW da área.

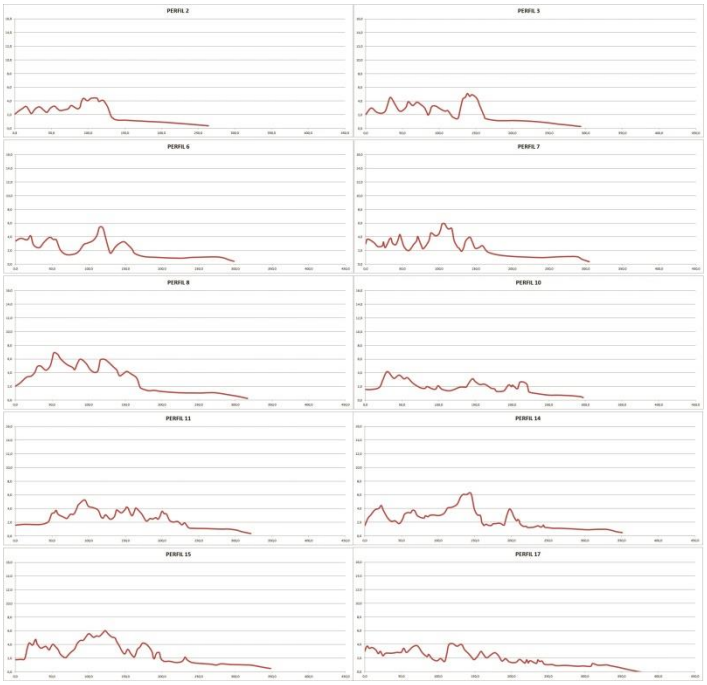


Figura 7. Topografia de 10 dos 17 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Cassino.

As superfícies bidimensionais obtidas permitem inferir que, assim como no Mar Grosso, o sistema praia-duna não apresenta uma topografia muito elevada. No entanto, o sistema dunar é o mais largo dentre as orlas urbanas analisadas. Observam-se dunas largas, com duas ou mais cristas, além de dunas embrionárias no sistema (Figura 7). Com relação à largura do campo de dunas, esta variou de 135,2 m no P1 a 266,2 m no P14, também se apresentando mais larga no segmento sul. Este fato remete a relação entre

o traçado urbano e a geometria da linha de costa, que não é exatamente paralela. A altura máxima destas oscilou entre 4,1 m no P17 a 6,9 m no P8. Quanto à altura mínima dentro do campo de dunas variou entre 3,6 m no P8 e apenas 1,3 m nos perfis 5, 10 e 16. As dunas frontais são atualmente bem desenvolvidas e preservadas, dado o alto aporte sedimentar e ações de manejo realizadas, as quais podem ser analisadas em Costa (2014). Os perfis mais a norte apresentaram dunas frontais mais desenvolvidas.

O sistema praial é também o mais largo e plano entre os analisados. A largura da praia subaérea variou substancialmente para um pequeno segmento, de 68,3 m no P12 a 147,9 m no P5, sendo mais larga entre os perfis 2 e 9. Tozzi (1995) já havia encontrado uma praia larga, em torno de 126 m, em seu monitoramento realizado, junto a Rua Bahia, bem onde se situou o P8, que na data deste estudo teve 145,2 m de largura de praia. No entanto, a significativa variação na largura de praia medida neste trabalho tem relação com recentes deposições de lama fluida na praia. Nos últimos anos a praia do Cassino vem apresentando valores acrescidos na linha de costa (LEAL, 2016), sobretudo na porção defrontante ao balneário (PORTO, 2016). A declividade da praia variou de 0,4° no P14 a 1,1° no P1, mostrando uma praia mais plana em relação às demais analisadas. Este segmento ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos possui a granulometria mais fina de toda a costa do Rio Grande do Sul (Lélis, 2003), composta de areias finas e muito bem selecionadas, com eventuais depósitos de lama. Essa sedimentação favorece a baixa declividade da praia.

Balneário Barra do Chuí

O Balneário da Barra do Chuí, o mais ao sul da área de estudo (Figura 1), está localizado no município de Santa Vitória do Palmar – RS. Nesse balneário, assim como no Cassino, há presença dos molhes que no caso fixaram a desembocadura do Arroio Chuí. Ressalta-se que neste balneário foi feita a transposição da base fixa de coordenadas conhecidas que se localiza na ponte de divisa entre o Brasil e o Uruguai na Barra do Chuí. Essa transposição acarretou em um erro de um centímetro no eixo horizontal (x, y) e de até três centímetros no eixo vertical (z), margem de erro sem relevância para o resultado do estudo. A base fixa foi fixada com uma base de concreto dentro da área militar pertencente à Marinha do Brasil onde está situado o farol da Barra do Chuí. Para caracterizar o sistema praia duna defrontante ao referido balneário, foram coletados 288 pontos dispostos através de 8 perfis.

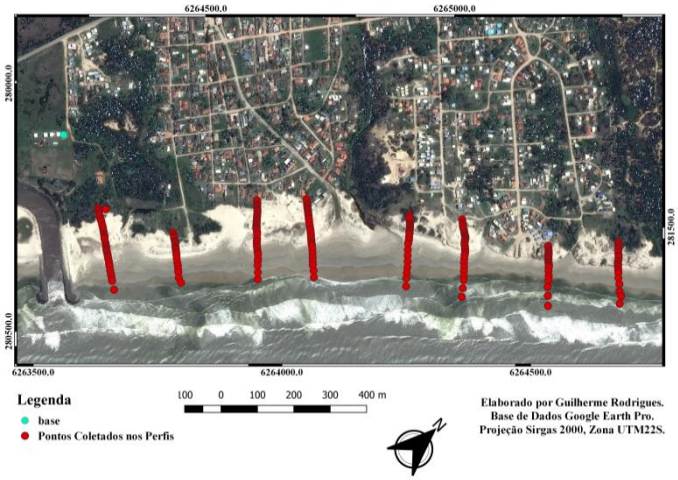


Figura 8. Localização do balneário da Barra do Chuí com localização dos 8 perfis medidos, estando o perfil 1 mais a NNE e o perfil 8 situado mais a SSW da área.

Neste segmento de costa, há uma pequena barreira Holocênica com tendência a retrogradante, composta pelo sistema praial e por dunas que avançam sobre os depósitos Pleistocênicos da Barreira III (CARON, 2007). A escarpa da barreira pleistocênica não é paralela a linha de costa atual, sendo mais próxima da praia a nordeste do recorte espacial analisado e mais distante próxima aos molhes da Barra. Isto é decorrência do antigo traçado da desembocadura do Arroio Chuí, sob influência da deriva litorânea. Sua área urbana encontra-se sobre a barreira pleistocênica,

denominada Barreira III. Para Sfredo (2017), após a sua fixação em 1978, não foram encontradas evidências de modificações na morfologia da porção terminal do Arroio Chuí. As dunas frontais ocorrem em toda área, sendo fragmentadas por redes de drenagens e em alguns pontos acopladas a Barreira Pleistocênica. A figura 3 mostra a morfologia do sistema praia duna com base nos perfis medidos nesse local.

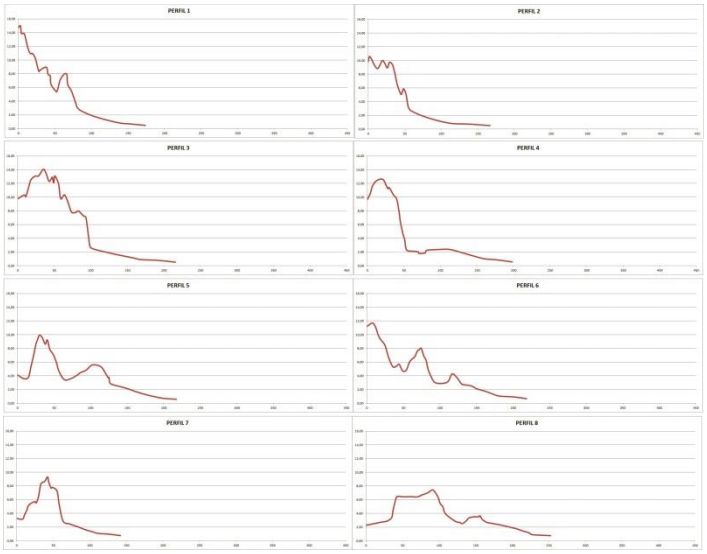


Figura 9. Topografia dos 8 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário da Barra do Chuí.

A largura do perfil variou de 252,4 m no P1 a 141,8 m no P7 apresentando-se mais larga no segmento sul, onde a escarpa da barreira é mais afastada. Relata-se que alguns perfis não se estenderam até a escarpa da barreira pelo difícil acesso. Os perfis 1, 3, 4 e 6 se iniciam sobre depósitos pleistocênicos. A morfologia das dunas é distinta, tendo mais a sul da área, maior influência da antiga desembocadura do Arroio Chuí, pois neste segmento a barreira pleistocênica é mais afastada da costa. Com relação à largura do campo de dunas, esta variou de 171,9 m no P8 a 54,8 m no P1, também se apresentando mais largas no segmento sul. A altura máxima destas oscilou entre 15 m no P1 a 7,4 m no P8. Neste balneário foram encontrados valores altimétricos superiores a 11m em alguns pontos, os maiores valores dentre os analisados, tendo influência dos depósitos pleistocênicos. As dunas tiveram elevações de até 15m quando sobre a barreira pleistocênica, visto que as dunas estão transgredindo sobre a barreira. Quanto à altura mínima dentro do campo de dunas variou entre 9,6 m no P4 e 2,5 m no P8.

A largura da praia subaérea variou substancialmente para um pequeno segmento, de 78,4 m no P7 a 143,4 m no P4, sendo mais larga entre os perfis 2 e 4 que sofrem influência significativa uma rede de drenagem. Dados de monitoramento de um perfil medido por Calliari & Klein (1993) indicam valor médio de 147 m para 5 campanhas de amostragem, mas elevados que os medidos atualmente. A declividade da praia variou de 1,7° no P1 a 0,9º no P4, mostrando uma praia de baixa declividade. Segundo Calliari & Klein (1993) usando dados de monitoramento, a declividade média da face da praia apresentou-se maior que o analisado neste estudo, sendo naquele período de 2,4°, também valores substancialmente maiores, o que provavelmente indica um perfil mais plano e erosivo medido pelo presente trabalho.

Variabilidade do sistema praia-duna entre as orlas urbanas

Os resultados mostram que, além das variações espaço-temporais ocorridas em cada área de estudo, visto que o sistema praia-duna é um ambiente dinâmico do ponto de vista sedimentar, foram encontradas diferenças na morfologia do sistema praia-duna entre os balneários analisados, objetivo principal deste trabalho. A tabela 1 demonstra valores médios de alguns parâmetros morfométricos para cada segmento.

Perfil	Número de perfis	Largura do sistema praia duna	Largura do campo de dunas	Largura da praia subaérea	Altura máxima das dunas	Altura Mínima de Dunas	Declividade da Praia
Mostardense	10	146,3	83,6	62,7	6,3	3,3	1,8
Mar Grosso	9	254,8	112,4	142,4	6	3,3	0,9
Cassino	17	317,4	192,9	111,6	5,3	1,8	0,6
Barra do Chuí	8	198	99,9	98,1	11,3	4,9	1,4

Tabela 1: Valores médios para os parâmetros morfométricos obtidos das áreas analisadas.

Nos balneários do Cassino e do Mar Grosso, localizado nas adjacências da desembocadura da Lagoa dos Patos, há características em comum. O balneário que apresentou a maior largura de praia foi o balneário do Mar Grosso, com valores que passaram os 140 m de largura. Já o balneário apresenta o sistema praia-duna com maior extensão é o balneário do Cassino, passando dos 300 m de largura na porção defrontante a área urbana. Esta orla apresenta dunas com quase 200 m de largura em média. Em relação à declividade da praia, Mar Grosso e Cassino tem menor declividade. No entanto, as cotas máximas e mínimas obtidas no Mar Grosso foram maiores que no Cassino, mas semelhantes ao Mostardense. Isso pode ter algum reflexo no valor altimétrico inserido aos marcos topográficos, visto que no Cassino houve uma correção do valor para baixo.

O balneário Mostardense, localizado num ambiente mais exposto, ao norte da área de estudo, apresentou os menores valores de extensão do sistema praia-duna, visto que as dunas estão em parte sendo suprimidas entre a praia e as edificações. Nesta localidade, a declividade da praia é um pouco maior, com quase 2° de inclinação.

A Barra do Chuí, localizada no extremo sul da área de estudo, apresenta características distintas por conta da sua localização, junto à desembocadura e barrancas do Arroio Chuí. No quesito altura das dunas, observa-se que no balneário da Barra do Chuí, os valores foram quase o dobro da altura que nos demais, passando dos 11 m. Neste local, a altura mínima de dunas foi de 4,9 m em média, muito próxima da altura máxima de dunas, em média, encontradas na orla do balneário Cassino, que foram de 5,3 m. Aqui se estende o comentário feito acima, acerca do valor altimétrico inserido aos marcos topográficos, visto que neste local não houve uma calibração dos dados.

A figura 10 traz superfícies bidimensionais que representam o sistema praia duna defrontante a cada balneário analisado. Foram escolhidos o perfil 2 no balneário Mostardense, pois neste local foi um dos perfis mais extensos, dada a retração das edificações; o perfil 1 no balneário do Mar Grosso pelo mesmo motivo; o perfil 14 no balneário do Cassino, trecho onde há um bom desenvolvimento dunar no segmento e o perfil 6 no balneário da Barra do Chuí, perfil que mediu tanto a duna frontal quanto a escarpa da barreira pleistocênica.

A figura 10 identifica que o sistema praia-duna defrontante aos locais analisados (as quatro orlas urbanas dos balneários), mesmo que estando em uma costa relativamente homogênea, apresenta particularidades no que tange a morfologia dos perfis.

No Cassino e Mar Grosso, mediu-se a presença de dunas embrionárias, pequenas morfologias ocasionadas pelo vento e presença de vegetação na base das dunas. A presença de morfologia acima da cota de 5 m é menor em Cassino e Mar Grosso, que estão sob influência da desembocadura da Lagoa dos Patos e dos molhes da Barra de Rio Grande. Nestes locais o aporte de sedimentos para a costa vem sendo maior, sobretudo de partículas mais finas que das adjacências. No Cassino o aporte sedimentar parece ser maior e por isso o sistema praia-duna é também mais largo. Este aporte sedimentar oriundo da desembocadura da lagoa dos minimiza processos erosivos. Já no balneário Mostardense a erosão costeira e transgressão de dunas eólica sobre edificações é

atualmente maior. Isso influencia a característica do sistema praia duna, mais estreito.

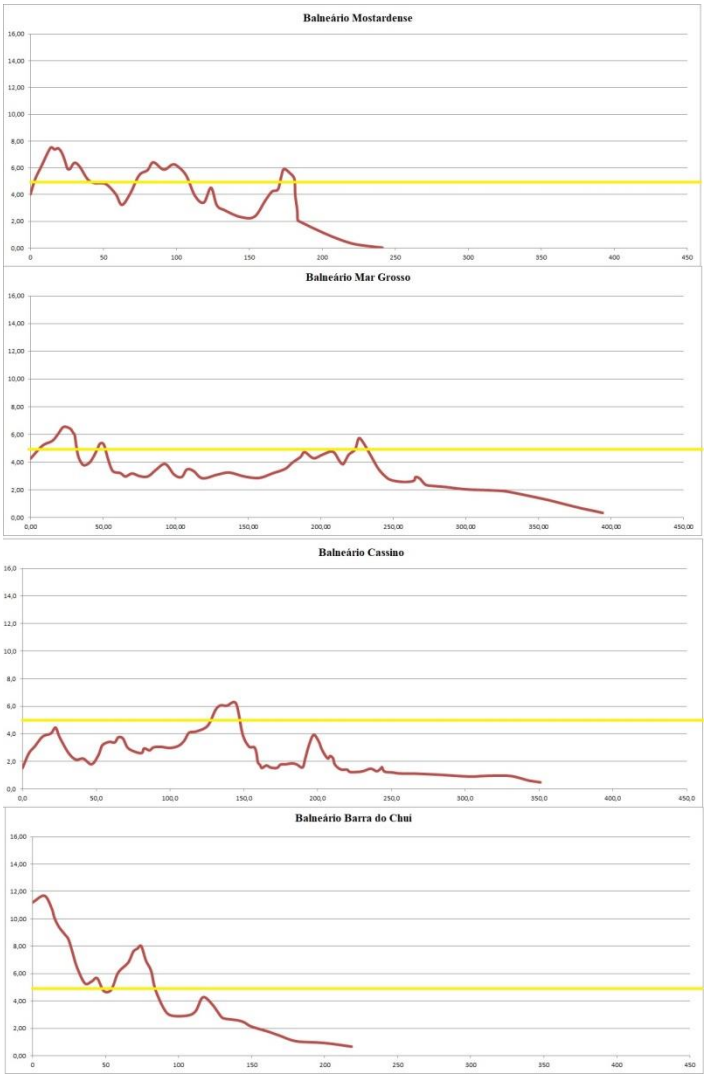


Figura 10. Perfis topográficos do sistema duna praia extraídos de cada balneário, destacando a cota de 5 metros, visando compará-los.

Nos balneários Mostardense e Barra do Chuí, observou-se que as dunas frontais são mais vulneráveis, mas ao mesmo tempo, onde as cotas acima de 5 m são mais comumente encontradas na orla. No caso do Mostardense, identifica-se no perfil escolhido a presença de uma grande escarpa, deixando a duna frontal mais estreita. Já no perfil escolhido na Barra do Chuí, identifica uma duna frontal baixa, pouco desenvolvida. Nestes locais, provavelmente ocorre o transporte para a formação das dunas na retaguarda.

O balneário da Barra do Chuí, por ser o único onde as barreiras holocênicas e pleistocênicas estão em contado, é onde ocorrem as maiores cotas altimétricas encontradas. Seu cordão de dunas é bem desenvolvido e em alguns locais estão em movimento em direção à área urbana edificada. Na figura acima se identifica a elevação na porção mais interior do perfil. Já o balneário Mostardense recentemente foram registrados soterramento de moradias pelas dunas e a faixa de praia e processos significativos de erosão das dunas frontais. A figura 5 mostra um significativo perfil ao norte do balneário, onde houve mais preservação do campo dunar. Isso mostra a importância em se recuar ou manter recuada a urbanização junto à costa, sendo importante a presença do sistema praia duna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todos os quatro locais analisados, a orla é constituída por uma praia oceânica dominada por ondas, com praia subaérea relativamente plana, havendo presença de dunas frontais, estando à urbanização no reverso do sistema praia duna. Ressalta-se que a largura da praia subaérea é muito variável de acordo com a dinâmica a qual está imposta.

De modo que analisar balneário da orla oceânica do Estado do Rio Grande do Sul que tradicionalmente é dita como homogênea, mas que quando analisamos *in loco* observamos diferenças morfológicas que precisam ser levadas em conta, principalmente quando há intenção de aplicar planejamentos e gerenciamentos nesses balneários costeiros. Assim neste trabalho, variações métricas, por vezes significativas, foram encontradas dentro de cada orla, mas principalmente ao comparar as diferentes orlas analisadas, que foi o objetivo principal.

Para dar alguns exemplos, nos balneários Cassino e Mar Grosso há algumas características semelhantes, como uma praia levemente mais plana e

dunas frontais mais largas, porem com menores cotas altimétricas, provavelmente reflexo de alguma influência da desembocadura da Lagoa dos Patos. O balneário Barra do Chuí, por ser o único onde as barreiras holocênicas e pleistocênicas estão em contado, é o que apresenta as maiores cotas altimétricas. Já o balneário Mostardense é o que apresentou menor largura das dunas em boa parte da orla urbana do balneário, provavelmente fruto da própria ocupação e da erosão costeira no local. Dessa forma, as orlas das principais localidades do litoral médio e sul do Estado do Rio Grande do Sul devem ser abordadas individualmente no que tange a planos de ação, pelo menos que sejam identificadas tais individualidades.

O método de coleta de dados utilizado para o estudo demonstrou-se eficiente com fácil, rápida e precisa obtenção de dados, para caracterizar a topografia e a morfologia do sistema praia-duna na costa central e sul do Rio Grande do Sul, com boa precisão em X,Y. Porém vale ressaltar que são necessários estudos adicionais em cada levantamento para ajustar o eixo vertical (Z), pois não há uma rede de informação gravimétrica adequada na costa central e sul do Estado, exceto no balneário Cassino. Outra limitação foi a acessibilidade durante os trabalhos de campo para a coleta das informações. Essa base de perfis com RTK-GPS pode ser reocupada, inferindo-se assim na variação temporal em cada perfil.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Ao IFRS Campus Rio Grande e a Escola de Engenharia FURG por disponibilizar para este estudo os equipamentos RTK-GPS.

REFERENCIAS

ABSALONSEN, L. 2006. A influência da inflexão costeira na praia de Mostardas – RS sobre as variações da linha de praia. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre, UFRGS.

ALBUQUERQUE, M.G. 2013. Análise espaço-temporal das causas da variabilidade da linha de costa e erosão na praia do Hermenegildo, RS. 112f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BARLETTA, R.C.; CALLIARI, L.J., 2000. Detalhamento dos aspectos atmosféricos e ondulatórios que determinam as características morfodinâmicas das praias do Litoral Central do Rio Grande do Sul. In: Anais o Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão. Vale do Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, p. 168-170.

BRASIL, 2004. Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira, estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Disponível em: http:// www.planalto.gov.br. Acesso em: 03 de maio de 2016.

CALLIARI, L.J.; KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. Pesquisas 20 (2), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 48-56.

CARON, F., 2007. Depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (PCRS) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre. UFRGS.

CORSEUIL, C.W. & ROBAINA, A.D., 2003. Determinação altimétrica através de sistema de posicionamento global. Ciência Rural, 33(5): 673-678.

COSTA, D. C. 2014. Considerações sobre a evolução morfológica das dunas frontais ao balneário Cassino – RS a partir da implantação de ações de manejo. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

CUNHA, J.A.V. 2013. Descrição de ações de manejo ocorridas entre 2005 e 2011 e seus reflexos no crescimento de dunas frontais no Balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

DILLENBURG, S. R., TOMAZALLI, L. J.; CLEROT, L. C. P. 2003. Gradients of wave energy as the main factor controlling the evolution of the coast of Rio Grande do Sul in southern Brazil during the Late Holocene. In: Proceedings of the 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Process (New York: American Society of Civil Engineers), v.1, CD.

HOEFEL, F. G., 1997. Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas. Uma revisão bibliográfica. Rio de Janeiro.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Geociências, sistema MAPGEO15. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias. Acesso em: 20 maios 2016.

IBGE. Padronização de Marcos Geodésicos 2008. Rede Planimétrica do IBGE. Disponível em: http://www.inde.gov.br/images/inde/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf. Acesso em: 10 março 2017.

LEAL, K.B. 2016. Análise da Variação da Linha de Costa nos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS a partir de geotecnologias. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

LELIS, R. J. F. 2003. Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul. Monografia (Graduação em Oceanologia) – Instituto de Oceanologia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

PORTO, F.S. 2016. Variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino – RS no período de 2006 a 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

SFREDO, G.A. 2017. Variabilidade temporal da desembocadura do Arroio Chuí pela fixação através de molhes. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHORT, A. D. B., 1999. Handbook of beach and shoreface morphodynamics. Chichester, p. 1-20.

SILVA, A. R. P. E CALLIARI, L. J. 2001. Erosão versos progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Mariluz, Imbé-RS.

SIMÕES, R.S. 2015 Análise da distância média entre as ocupações a beira-mar e o limite superior da praia nos balneários São Simão, Mostardense, Praia do Farol e Mar Grosso, RS. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

TEIXEIRA, D.L. 2011. Elaboração da carta de ondulações geoidais da metade sudoeste do Balneário Cassino, Rio Grande/RS, com uso do sistema GNSS/Nivelamento. 78p. Monografia de conclusão de curso. Curso de Geoprocessamento. Instituto Federal – Campus Rio Grande.

TOLDO, JR. E. E. et al. 1993. Parâmetros morfodinâmicos e deriva litorânea da Praia de Tramandaí – RS. GEOSUL, Florianópolis, n. 15, v. 8.

TOMAZELLI, L.J. 1993. O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisa 20(1), 18-26.

TOMAZELLI, L.J., DILLENBURG, S.R., VILLWOCK, J.A., BARBOZA, G.E., BACHI, A.F., DEHNHARDT, A.B., ROSA, C.C.L.M. 2007. Sistemas Deposicionais e Evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Uma Síntese. 50 Anos de Geologia. Editora Comunicação e Identidade, Porto Alegre, pp. 327-339.

TOMAZELLI, L.J. DILLENBURG, S.R. VILLWOCK, J.A. 2009, Sistemas Deposicionais e Evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Uma Síntese. UFRGS. P. 328-339. TOZZI, H. A. M. 1995. Morfodinâmica da praia do Cassino, R.S. Monografia (Graduação em Oceanologia) – Instituto de Oceanologia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

VILLVOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas (CECO/IG/UFRGS), Porto Alegre, n. 8, p. 1-45.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1996. A Transgressão Marinha Atual na Costa do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39. Salvador. Anais do 39 Congresso Brasileiro de Geologia, v. 5, p. 296-299.

PARTE 3

Serviços Ecossistêmicos em Áreas Costeiras e Marinhas

Capítulo 17

Proteção à linha de costa por recifes de coral: Potencial vs. Vulnerabilidade

Capítulo 18

Avaliação da geomorfometria de sangradouros no Balneário Cassino (RS), com uso de sistema GNSS e Aeronave Remotamente Pilotada (ARP)

Capítulo 19

Potencialidades da implementação de biorremediação na reabilitação de rios: dados iniciais e considerações

Capítulo 20

Reinventando os espaços escolares como estratégia para promoção da cultura da sustentabilidade no contexto do ecossistema babitonga

Capítulo 21

Percepção socioambiental e econômica em uma Amostra de ribeirinhos da comunidade Boca da Barra e Visitantes do Museu Natural do Mangue - Sabiaguaba: Parque Estadual do Cocó

Capítulo 17

Proteção à linha de costa por recifes de coral: Potencial vs. Vulnerabilidade

PROTEÇÃO À LINHA DE COSTA POR RECIFES DE CORAL: POTENCIAL VS. VULNERABILIDADE

Carla I. Elliff[1] & Gerson Fernandino[2]

[1] Red Iberoamericana PROPLAYAS, Nodo Paranoá, Grupo de Pesquisa Paranoá/IFBaiano/CNPq, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBaiano, Rua Rouxinol, 115, CEP 41720-052, Salvador, Bahia, Brasil. E-mail: carlaelliff@gmail.com.

[2] Departamento Interdisciplinar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Km 92, RS-030, 11700, 95590-000, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: gerson.fernandino@yahoo.com.br.

RESUMO

Apesar de recifes de coral serem considerados um dos ecossistemas mais vulneráveis às mudanças climáticas, estes podem ser ambientes estratégicos para mitigar alguns efeitos deste fenômeno. O serviço ecossistêmico de proteção à linha de costa, por exemplo, fornecido por recifes de coral do mundo todo pode ajudar a enfrentar problemas como a erosão costeira, inundações e outros processos intensificados pelas mudanças climáticas, além também das variações do nível médio do mar. No entanto, estudos sobre a aplicação deste serviço dentro de estratégias de gestão ainda são escassos, principalmente por falta de informações no tema. Ademais, a sinergia entre os diferentes impactos das mudanças climáticas sobre os recifes de coral, como o aumento da temperatura do mar, a acidificação dos oceanos e as variações do nível do mar, ainda é pouco compreendida. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi fazer uma reflexão destacando as principais contribuições e potencialidades dos recifes de coral como agentes protetores da costa e discutir como as sinergias entre efeitos das mudanças climáticas podem afetar a provisão deste serviço ecossistêmico. Considerando os fatores físicos envolvidos nos processos para obter este benefício, observa-se que diversos atributos dos recifes têm participação na atenuação de energia das ondas. No entanto, dada a variabilidade que estes atributos podem apresentar, o fornecimento ou não do serviço torna-se específico para cada caso. Da mesma forma, a intensidade de ocorrência de efeitos das mudanças climáticas pode ser variável, o que afetará a complexa avaliação de sua sinergia. De maneira geral, a conservação da estrutura física do recife, especialmente sua rugosidade, é essencial para a manutenção do serviço de proteção à linha de costa.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos, mudanças climáticas, gestão com base ecossistêmica, sinergia

SHORELINE PROTECTION BY CORAL REEFS: POTENTIAL VS. VULNERABILITY

ABSTRACT

Although coral reefs are considered one of the most vulnerable ecosystems to climate change, they can in fact be strategic environments to mitigate some of the effects of this phenomenon. The ecosystem services of shoreline protection, for example, delivered by coral reefs all around the world can help tackle problems such as coastal erosion, flooding and other processes intensified by climate change, as well as mean sea-level variations. However, studies on the applicability of this service within management scenarios are still scarce, especially due to the lack of information on this subject. Moreover, synergies among different impacts of climate change on coral reefs, such as increased ocean temperature, acidification and sea-level variations, are still poorly understood. Thus, the objective of the present study was to bring a reflection highlighting the main contributions and potentialities of coral reefs as protecting agents for the shoreline and

discuss how the synergy of climate change effects can affect the supply of this ecosystem service. Considering the physical factors involved in the processes to obtain this benefit, several reef attributes are shown to influence wave energy attenuation. However, given the variability that these attributes may present, the delivery or not of this service becomes highly case specific. Similarly, the intensity in which climate change effects occur can be variable, which will affect the complex evaluation of synergy. The conservation of the physical structure of the reef, especially its rugosity, is essential for the maintenance of the service of shoreline protection.

Keywords: ecosystem services, climate change, ecosystem-based management, synergy

INTRODUÇÃO

Recifes de coral são ecossistemas relativamente raros. No entanto, ocupando menos de 1% do ambiente bentônico global, são considerados os ecossistemas mais diversos e produtivos dos oceanos (MARTÍNEZ et al., 2007). Construídos pelo acúmulo de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) por intermédio de diversos organismos (por exemplo, colônias de corais, algas calcárias incrustantes, moluscos e esponjas) sobre um substrato estável, essa complexa estrutura tridimensional pode ser considerada um sistema biofísico altamente dinâmico.

Estes habitats ocorrem nas águas quentes, claras, rasas e oligotróficas das zonas tropicais e subtropicais do globo. O Brasil está entre as principais regiões de ocorrência de recifes de corais nas Américas, junto ao Caribe e o leste do Pacífico (CORTÉS, 2003). Além de sua importância para o equilíbrio do meio ambiente, os recifes de coral também possuem alta relevância socioeconômica, sendo a fonte de renda e sustento para milhões de pessoas (PRINCIPE et al., 2012), através da pesca e coleta de organismos, como peixes, polvos, lagostas, etc., além da exploração do turismo, entre outras atividades.

Porém, recifes de coral são frequentemente rotulados como o ecossistema mais vulnerável às mudanças climáticas. O aumento da temperatura dos oceanos, a acidificação, as variações do nível médio do mar, entre outros fatores, têm claros impactos negativos sobre esses habitats. Há décadas já se levanta a preocupação com relação ao declínio dos recifes de coral ao redor do mundo devido a alterações climáticas, às dificuldades em frear este processo e à recuperação destes habitats (KNOWLTON, 2001).

No entanto, apesar da vulnerabilidade destes ambientes, eles também possuem características que os tornam potenciais agentes mitigadores dos efeitos danosos de mudanças climáticas sobre a costa (SPALDING et al., 2014; ELLIFF & SILVA, 2017). Recifes de coral constituem um obstáculo físico na zona costeira para possíveis efeitos deletérios da subida do nível do mar e chegada de tempestades tropicais, cuja frequência e intensidade têm aumentado (WALSH & RYAN, 2000; GRABEMANN & WEISSE, 2008; MANN et al., 2017). A proteção à linha de costa por recifes de coral tem ganhado destaque como um importante serviço ecossistêmico a ser explorado em estratégias com base ecossistêmica. Porém, este tipo de estratégia aplicada à gestão costeira integrada ainda apresenta importantes desafios a serem superados com relação ao aproveitamento de ecossistemas naturais, e os serviços que estes provêm, dentro de cenários de mudanças climáticas (FERNANDINO et al., 2018a).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi fazer uma reflexão destacando as principais contribuições e potencialidades dos recifes de coral como agentes protetores da costa e discutir como as sinergias ainda pouco entendidas entre efeitos das mudanças climáticas podem afetar o fornecimento deste serviço ecossistêmico.

PROTEÇÃO À LINHA DE COSTA COMO UM SERVIÇO ECOSSISTÊMICO

Serviços ecossistêmicos são os benefícios promovidos por ecossistemas que garantem o bem-estar humano. Uma das classificações mais comumente adotadas é aquela proposta pelo Millennium Ecosystem Assessment, onde são reconhecidos serviços de provisão, de regulação, de suporte, e culturais (MEA, 2005). Como descrito por ELLIFF & KIKUCHI (2015), cada categoria diz respeito a um grande grupo de benefícios que, de uma maneira ou outra, estão interligados. Por exemplo, o serviço de regulação do clima está diretamente relacionado ao serviço de suporte de ciclagem de nitrogênio, enquanto a provisão de alimento pode afetar serviços culturais de turismo caso ocorram no mesmo espaço. Assim, não é incomum a utilização de outros sistemas de classificação com abordagens diferentes a depender dos objetivos do estudo. Por exemplo, BOYD & BANZHAF (2007) e FISHER et al. (2009) utilizam uma classificação que separa serviços intermediários (como o processo de purificação da água) dos serviços considerados finais (como a água limpa), permitindo avaliações distintas.

O benefício de proteção à linha de costa é justamente um exemplo de serviço ecossistêmico que poderia ser classificado de múltiplas formas. Essa diversidade se torna clara quando pensamos "proteção contra o quê?". As zonas costeiras são áreas altamente dinâmicas, sujeitas à ação de agentes oceano-meteorológicos. Esta instabilidade inerente promove diversos riscos, sendo o risco entendido aqui como a combinação da probabilidade de um evento ocorrer e suas consequências negativas (UNISDR, 2009). Dessa forma, a proteção à linha de costa pode se referir à regulação da erosão costeira, a processos de atenuação de energia de ondas e seu *run-up*, ao controle de inundações, à mitigação da subida do nível médio do mar, ou a um conjunto de quaisquer destes fenômenos.

Não é comum observar na literatura uma descrição clara do que está sendo considerado numa dada investigação como formas de proteção à linha de costa. No entanto, no estudo de LIQUETE et al. (2013), por exemplo, foi definido que o serviço de proteção se referia à defesa física de qualquer bem presente na zona costeira, como propriedades, pessoas ou infraestrutura, uma definição bastante ampla. Por outro lado, alguns estudos avaliam o potencial de proteção costeira de maneira indireta, considerando como os ecossistemas influenciam na vulnerabilidade costeira da área avaliada (p.ex. ARKEMA et al., 2013; ELLIFF & KIKUCHI, 2017). Vulnerabilidade pode ser entendida no presente estudo como as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que a torna suscetível aos efeitos danosos de fenômenos, substâncias, atividades ou condições humanas perigosos, que são capazes de causar mortes, lesões ou impactos à saúde de maneira geral, danos a propriedades, perdas de meios de sustento e serviços, perturbações socioeconômicas, ou danos ao meio ambiente (UNISDR, 2009).

Entende-se que independentemente de qual risco costeiro esteja sendo considerado, a proteção à linha de costa apenas se concretiza como um serviço ecossistêmico uma vez que traga benefícios à população humana. Além disso, por se tratar de um serviço ecossistêmico, este benefício deverá ser promovido por habitats naturais, como manguezais, dunas, gramíneas marinhas, recifes de coral, entre outros. A construção de estruturas artificiais para a promoção de proteção ou outros benefícios, além de ter um alto custo, nunca poderá substituir toda a gama complexa de serviços ecossistêmicos fornecidos por um ecossistema natural (UNEP-WCMC, 2006).

A proteção à linha de costa por recifes de coral é um serviço ecossistêmico com alto retorno financeiro. Estima-se que, na ausência de recifes de coral, os danos anuais causados por inundações dobrariam, enquanto os custos associados a tempestades frequentes triplicariam em todo o mundo (BECK et al., 2018). No entanto, ainda há importantes lacunas no entendimento da transição entre os processos de atenuação de energia de ondas e o benefício de fato de proteção à linha de costa (PRINCIPE et al., 2012). Por exemplo, a presença de um recife de coral adjacente à costa não é garantia da ausência de erosão costeira. Essa situação pode parecer um paradoxo, porém alguns estudos já associam esse achado a questões ligadas à conservação dos recifes e até às suas características naturais (p.ex. COSTA et al., 2016; REGUERO et al., 2018; FERNANDINO et al., 2018b).

OS PROCESSOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NA PROTEÇÃO À LINHA DE COSTA POR RECIFES DE CORAL

Tomando a definição de proteção à linha de costa de LIQUETE et al. (2013), mencionada anteriormente, entende-se que para um recife de coral fornecer este serviço, ele deve ser capaz de reduzir a energia de ondas incidentes e servir de obstáculo para agentes hidrodinâmicos, de modo a beneficiar uma determinada população humana. Dessa forma, é necessário entender como se dá a dinâmica costeira na presença de um recife de coral.

As transformações sofridas por uma onda incluem empolamento, refração, difração, reflexão e rebentação (GARRISON, 2006), que são responsáveis por alterações em seus parâmetros, como altura, período e direção, e pela transferência de sua energia para a costa que a recebe. Quando as ondas encontram um obstáculo ou alguma forma de descontinuidade no fundo marinho (p.ex. um recife de coral), estas podem sofrer mudanças em sua altura e direção devido aos processos de refração, difração ou reflexão. Além disso, ao chegar a áreas com menor profundidade, ocorre também um aumento na altura e diminuição no comprimento da onda, caracterizando o processo de empolamento. Essa chegada a áreas mais rasas pode ocorrer de maneira gradual ou mais repentina dependendo das características e influência do recife. A rebentação da onda se dá a partir da instabilidade causada pelo processo de empolamento, a partir do qual a energia da onda começa a ser dissipada.

ELLIFF & SILVA (2017) apresentam uma revisão sobre os principais atributos relevantes de recifes de coral para a promoção dos processos físicos necessários para a proteção à linha de costa. Estes são a declividade da frente recifal, a rugosidade, as dimensões e o tipo morfológico do recife. Cada um desses atributos, sozinhos ou conjuntamente, tem uma contribuição distinta no fornecimento de proteção à linha de costa e, com sua ocorrência sendo altamente variável em cada recife, tornam cada caso único.

A influência da declividade da frente recifal foi avaliada em simulações por QUATAERT et al. (2015). Estes autores encontraram que quanto mais íngreme a frente recifal, maior o empolamento da onda antes de sua rebentação e, consequentemente, maior o seu *run-up*. O *run-up* é caracterizado como uma flutuação temporária no nível do mar devido à rebentação de ondas (GARRISON, 2006), ou seja, representa o alcance de uma onda, após sua rebentação, em direção ao continente. Frentes recifais com declividades mais suaves tendem a promover menor *run-up* e, consequentemente, menor ocorrência de inundações costeiras.

Já a rugosidade determina o nível de fricção entre a onda após sua rebentação e o obstáculo (recife) que promoveu esta rebentação. Quanto maior a rugosidade de um recife, maior a fricção e maior a atenuação de

energia promovida. O que torna um recife mais ou menos rugoso é principalmente sua composição biológica. Um recife com alta cobertura de corais vivos e outros organismos, tende a ser um ambiente com arquitetura mais complexa (ALVAREZ-FILIP et al., 2009). No entanto, avaliações sobre o papel da rugosidade ainda são limitados, com a expectativa do desenvolvimento de novas ferramentas dentro da próxima década que consigam incluir de maneira robusta este atributo em modelagens computacionais (HEARN, 2011).

No entanto, já é entendido que a fricção promovida pela rugosidade é particularmente relevante sobre o topo recifal. Considerando que mais da metade da atenuação de energia pela fricção ocorre nos primeiros 150 m desta porção do recife (FERRARIO et al., 2014), topos recifais mais extensos do que isso não necessariamente serão mais eficientes para este processo.

Dessa forma, fica evidente também a contribuição das dimensões do recife para as transformações de ondas relevantes para o serviço de proteção à linha de costa. Além da extensão do topo recifal e a declividade da frente, é importante observar a largura do recife, sua profundidade, e a presença de canais. Um recife de coral cortado por canais pode na realidade favorecer a concentração de energia de ondas, ocorrência de correntes de retorno e permitir a fuga de sedimentos, aumentando a erosão costeira (FERNANDINO et al., 2018b).

Por fim, ainda relacionado à questão das dimensões do recife, há a morfologia recifal. A depender da história evolutiva da costa e do recife, este ecossistema pode apresentar formas bastante distintas. Algumas das morfologias mais comuns são os recifes em barreira, em franja, bancos recifais, e atóis. Nem todos estes tipos morfológicos já foram avaliados em detalhe com relação à sua contribuição para a proteção à linha de costa (ELLIFF & SILVA, 2017). No entanto, as características inerentes a elas dizem respeito a alguns atributos já mencionados, como a declividade da frente recifal, dimensões, e presença de descontinuidades, como canais. Além desses aspectos, é importante enfatizar também a distância do recife até a linha de costa. Como observado por FERNANDINO et al. (2018b), devido às características hidrodinâmicas e praiais locais em Porto Seguro, Brasil, a distância do recife até a costa tornou-se um fator importante na piora da erosão costeira observada, permitindo o reagrupamento de raios de ondas após a difração promovida por um banco recifal.

SINERGIA DOS IMPACTOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Como mencionado anteriormente, aumentos na temperatura dos oceanos, acidificação, e variações do nível médio do mar são efeitos das mudanças climáticas reconhecidamente deletérios aos recifes de coral (Figura 1). É necessário que se entenda com qual intensidade cada um destes processos afeta uma dada região para então poder avaliar seus impactos cumulativos. No entanto, compreender a sinergia destes efeitos permanece um desafio (HERNÁNDEZ-DELGADO, 2015).

O trabalho clássico de HOEGH-GULDBERG (1999) completou 20 anos de sua publicação. Nele, o autor descreve a resposta negativa de recifes de coral quanto ao aumento da temperatura nos oceanos. Este talvez seja o efeito mais bem investigado dentre os impactos das mudanças climáticas. O processo de aquecimento dos oceanos se dá pelo aumento das emissões de gás carbônico (CO_2) atmosférico, exacerbando o efeito estufa do planeta. Esse aquecimento ocorre de maneira gradual, porém também são observados períodos de anomalias térmicas positivas, além da intensificação deste

aumento gradual com a ocorrência do fenômeno cíclico El Niño. Calcula-se que o planeta já tenha sofrido um aumento de 0,85 °C entre 1880 e 2012, considerando uma média global das superfícies terrestres e dos oceanos (IPCC, 2014).

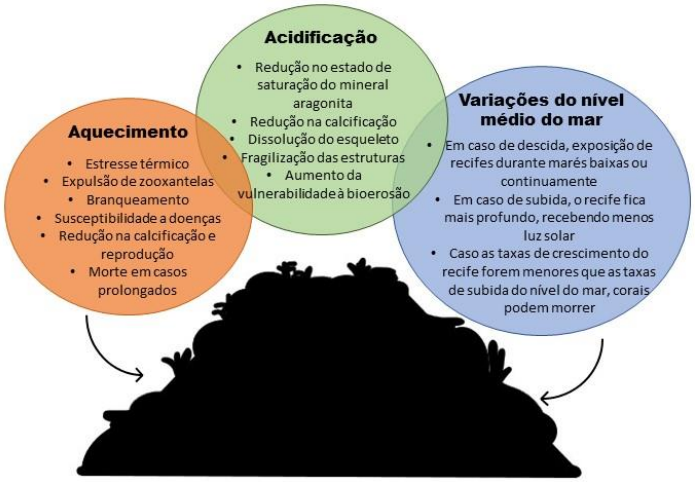


Figura 25: Impactos negativos sobre recifes de coral por efeitos das mudanças climáticas (como o aquecimento dos oceanos, a acidificação e as variações no nível médio do mar, aqui esquematizados) podem ter relações sinergéticas entre si e agravar seu potencial de causar danos.

Por se tratar de organismos sésseis, os corais não conseguem se deslocar em busca de águas dentro do seu estreito limite de tolerância térmica. Dessa forma, corais têm experimentado condições estressantes cada vez mais frequentes e intensas. O estresse do aumento da temperatura causa a expulsão das zooxantelas, microalgas simbióticas que vivem no tecido dos corais e que fornecem parte da energia necessária para sua vida. Uma vez expulsas, os corais passam por um processo chamado branqueamento (PANDOLFI et al., 2011). Apesar deste ser um processo reversível, os corais se tornam neste momento mais suscetíveis a doenças, sua calcificação e reprodução são reduzidas para economizar energia, e caso a situação se mantenha por longos períodos pode causar a morte dos corais (SPALDING & BROWN, 2015).

Conhecida como o "outro problema do CO_2", a acidificação dos oceanos também é desencadeada pelo mesmo aumento de emissões para a atmosfera. Neste caso, a diminuição do pH nos oceanos leva a uma redução no estado de saturação do mineral aragonita, o qual é necessário para a formação da estrutura carbonática dos recifes (PANDOLFI et al., 2011). Corais são mais sensíveis à acidificação que crustáceos e peixes (IPCC, 2014), o que aumenta a preocupação sobre a vitalidade dos recifes dentro de cenários futuros. Além de prejudicar a calcificação dos corais, a acidificação promove a dissolução de estruturas já formadas, tornando-as mais frágeis e propensas à quebra e vulneráveis à bioerosão (ELLIFF & SILVA, 2017).

Por fim, variações no nível médio do mar trazem algumas possibilidades de piora (ou até de melhora) nas condições do recife. É esperado que algumas regiões do planeta passem por uma diminuição em seu nível do mar, devido a processos de soerguimento continental em função de processos tectônicos, por exemplo, ou como consequência da isostasia promovida pela perda de massa de gelo por derretimento, o que causa um efeito "elástico" pelo alívio de pressão (KHAN, 2019). Nestes casos, a diminuição no nível do mar pode expor os recifes durante alguns períodos de maré ou continuamente. Como discutido por SAUNDERS et al. (2015), variações tanto negativas quanto positivas também irão alterar processos hidrodinâmicos locais e a disponibilidade de luz para o ecossistema. No caso de uma subida do nível do mar, pode-se considerar ainda hoje a classificação proposta por NEUMANN & MACINTYRE (1985). Estes autores descreveram três evoluções para um recife: um recife do tipo "*keep up*", do tipo "*catch-up*" ou do tipo "*give-up*". Um recife "*keep up*", ou seja, "que acompanha", tem uma taxa de crescimento igual à taxa de subida do nível do mar. Já

o tipo "*catch-up*", ou seja, "que alcança", tem uma taxa de crescimento inicialmente abaixo da taxa de subida, porém eventualmente alcança o nível médio do mar. Finalmente, um recife do tipo "*give-up*", ou seja, "que desiste", não consegue acompanhar a subida do nível do mar e sua acreção eventualmente cessa, tornando-se um recife relíquia.

Uma possibilidade positiva com um aumento do nível do mar é o incremento de áreas para colonização (SAUNDERS et al., 2015). No entanto, a sinergia dos outros efeitos pode ser um empecilho para essa expansão recifal. Caso o recife esteja fragilizado por branqueamento ou com uma estrutura em processo de dissolução, como é possível que os corais possam se reproduzir de maneira eficiente e ser pioneiros em um novo ambiente? Como evitar que recifes se tornem do tipo "que desiste" se suas taxas de crescimento estão intimamente ligadas com seu bem-estar, tão afetado pelo aquecimento e acidificação? Ocorrências de branqueamento em massa poderão se tornar mais letais devido à subida do nível do mar? Além disso, como fica a sinergia entre estes efeitos das mudanças climáticas e os impactos negativos locais causados pelo homem (como a sobrepesca, poluição e eutrofização)? Todas essas questões são essenciais para desenvolver estratégias de recuperação, adaptação e mitigação. No entanto, como explicado anteriormente, espera-se que cada região tenha níveis de intensidade diferentes para cada impacto. Assim, é necessário reconhecer quais as prioridades de ação em cada caso.

APROVEITANDO O POTENCIAL DE PROTEÇÃO COSTEIRA POR RECIFES DE CORAL

Apesar do cenário pouco animador para os recifes de coral frente às mudanças climáticas, é cedo demais para considerar que este ecossistema está terminantemente condenado (SPALDING & BROWN, 2015). O maior agravante das mudanças climáticas talvez seja a velocidade em que essas alterações estejam ocorrendo (ELLIFF & SILVA, 2017). Recifes de coral estão presentes no registro fóssil em épocas passadas com níveis de CO_2 acima daqueles observados hoje (PANDOLFI et al., 2011). Porém, esse incremento ocorreu ao longo de um período mais longo, permitindo a aclimatação dos organismos que compõem o recife às novas condições.

É importante observar que nem toda espécie de coral que compõe um recife tem o mesmo nível de sensibilidade e, dessa forma, o nível de vulnerabilidade de recifes frente às mudanças climáticas é variável. A fauna coralínea brasileira, por exemplo, cujas características destoam em muitos aspectos daquelas no Caribe e no Indo-Pacífico, ainda não apresentou casos de mortalidade em massa devido a eventos de branqueamento, considerando casos registrados até 2010 (LEÃO et al., 2016). Este achado pode ser um indicativo de que a comunidade de corais encontrada no Brasil, por exemplo, pode conter pistas do que faz um recife ser mais resistente contra esse fator estressante. Como descrito por CAMP et al. (2018), há uma crescente utilização do termo "supercoral" na literatura recente para buscar descrever corais com taxas superiores de sobrevivência. No entanto, estes autores enfatizam a necessidade de padronização do uso deste termo para evitar generalizações que podem ser danosos para ações de gestão.

A capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos está diretamente relacionada ao nível de resiliência de um ecossistema (ELLIFF & KIKUCHI, 2015). Resiliência é um termo utilizado frequentemente em estudos ambientais. Como discutido por LEVIN & LUBCHENCO (2008), resiliência pode ser considerada equivalente a robustez e, assim, se refere à manutenção das funções ambientais de um ecossistema que está diante de

fatores perturbadores. A função ambiental de interesse no presente estudo é a proteção à linha de costa promovida por recifes de coral, enquanto os fatores perturbadores são as mudanças climáticas e suas sinergias.

Em muitas áreas, a ameaça dos efeitos das mudanças climáticas está em segundo plano, sendo os impactos locais, como a poluição e a sobrepesca, os mais preocupantes para manter a resiliência deste ecossistema (SPALDING & BROWN, 2015). Porém, ao abordar uma solução para um dado fator estressante, é provável que outros fatores também sejam amenizados. Por exemplo, no estudo de SHAVER et al. (2018), foi demonstrado que ações de gestão costeira locais permitiram não só uma melhora destes problemas, mas também uma maior resiliência de corais frente ao branqueamento desencadeado por aquecimento.

Estratégias de recuperação de recifes de coral, como a recolonização de recifes a partir do transplante de colônias de coral, ainda apresentam importantes incertezas com relação ao aumento da rugosidade de um recife na prática e à compatibilidade entre a área que essa estratégia consegue cobrir e a área *in situ* que está degradada (HOEGH-GULDBERG et al., 2007). Somado a isso, há diversas questões sobre como incluir os ditos "supercorais" em estratégias para enfrentar alterações ambientais rápidas (CAMP et al., 2018). No entanto, estima-se que o custo para investir em estratégias para aumentar a resiliência dos recifes de coral seja vantajoso considerando a gama de serviços recebidos, particularmente considerando os benefícios de proteção contra riscos costeiros (FERRARIO et al., 2014).

Dessa forma, sugere-se que os aspectos que devem ser priorizados para garantir esse serviço devem ser aqueles relacionados à manutenção da complexidade da estrutura física do recife. Um recife pequeno, não contínuo, e pouco rugoso é menos capaz de atenuar a energia de ondas incidentes e, assim, proteger propriedades e vidas humanas, ao passo que um recife com características opostas é considerado como um bom potencial fornecedor do serviço de proteção à linha de costa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O recurso mais necessário para garantir o serviço de proteção costeira por recifes de coral é o tempo. Tempo para permitir a aclimatação dos recifes de coral, tempo para desenvolver e aplicar técnicas para sua recuperação, ou até tempo para estabilizar o nosso clima. Investir recursos em manter o serviço de proteção costeira por recifes de coral não traz apenas este benefício. As soluções necessárias para manter este benefício são, na realidade, as mesmas que precisam ser aplicadas para garantir outros serviços como provisão de alimento, por exemplo. Dessa forma, a integração de estratégias de gestão e principalmente a aplicação de estratégias com base ecossistêmica se mostram como um caminho promissor. A manutenção da complexidade deste ecossistema é essencial, especialmente de aspectos como a rugosidade do topo recifal (diretamente relacionado à cobertura de corais vivos) e a integridade da estrutura física.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nº do processo 40817/2014-0, através das bolsas de doutorado de C.I. Elliff e G. Fernandino, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-FILIP, L.; DULVY, N.K.; GILL, J.A.; CÔTÉ, I.M. & WATKINSON, A.R. 2009. Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. Proceedings of the Royal Society, 276: 3019–3025. (doi:10.1098/rspb.2009.0339)

ARKEMA, K.K.; GUANEL, G.; VERUTES, G.; WOOD, S.A.; GUERRY, A.; RUCKELSHAUS, M.; KAREIVA, P.; LACAYO, M. & SILVER, J.M. 2013. Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. Nature Climate Change, 3: 913-918. (doi:10.1038/nclimate1944)

BECK, M.W.; LOSADA, I.J.; MENÉNDEZ, P.; REGUERO, B.G.; DIÁZ-SIMAL, P. & FERNÁNDEZ, F. 2018. The global flood protection savings provided by coral reefs. Nature Communications, 9(2018):2186. (doi: 10.1038/s41467-018-04568-z)

BOYD, J. & BANZHAF, S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics, 63(2007): 616–626. (doi:10.1016/j.ecolecon.2007.01.002)

CAMP, E.F.; SCHOEPF, V. & SUGGETT, D.J. 2018. How can “Super Corals” facilitate global coral reef survival under rapid environmental and climatic change? Global Change Biology, 24(2018):2755–2757. (doi:10.1111/gcb.14153)

CORTÉS, J. 2003. Latin American Coral Reefs. 509 p., Elsevier, Amsterdã, Holanda. (ISBN 9780444513885)

COSTA, M.B.S.F.; ARAÚJO, M.; ARAÚJO, T.C.M. & SIEGLE, E. 2016. Influence of reef geometry on wave attenuation on a Brazilian coral reef. Geomorphology, 253:318-327. (doi:10.1016/j.geomorph.2015.11.001)

ELLIFF, C.I. & KIKUCHI, R.K.P. 2015. The ecosystem service approach and its application as a tool for integrated coastal management. Natureza & Conservação, 13:105-111. (doi:10.1016/j.ncon.2015.10.001)

ELLIFF, C.I. & KIKUCHI, R.K.P. 2017. Ecosystem services provided by coral reefs in a Southwestern Atlantic Archipelago. Ocean & Coastal Management, 136(2017):49-55. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2016.11.021)

ELLIFF, C.I. & SILVA, I.R. 2017. Coral reefs as the first line of defense: shoreline protection in face of climate change. Marine Environmental Research, 127:148-154. (doi:10.1016/j.marenvres.2017.03.007)

FERNANDINO, G.; ELLIFF, C.I. & SILVA, I.R. 2018a. Ecosystem-based management of coastal zones in face of climate change impacts: Challenges and inequalities. Journal of Environmental Management, 215:32-39. (doi:10.1016/j.jenvman.2018.03.034)

FERNANDINO, G.; GONZÁLEZ, M.; CÁNOVAS, V.; TANAJURA, C.A.S. & SILVA, I.R. 2018b. Erosional patterns induced by coral reefs in the eastern coast of Brazil. Pesquisas em Geociências, 45(3):e0750. (doi:10.22456/1807-9806.91391)

FERRARIO, F.; BECK, M.W.; STORLAZZI, C.D.; MICHELI, F.; SHEPARD, C.C. & AIROLDI, L. 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. Nature Communications, 5:3794. (doi:10.1038/ncomms4794)

FISHER, B.; TURNER, R.K. & MORLING, P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics, 68:643–653. (doi:10.1016/j.ecolecon.2008.09.014)

GARRISON, T. 2006. Essentials of Oceanography. 4a. ed. 384p., Thomson Higher Education, Belmont, EUA. (ISBN: 0-495-01175-4)

GRABEMANN, I & WEISSE, R. 2008. Climate change impact on extreme wave conditions in the North Sea: an ensemble study. Ocean Dynamics, 58:199-2012. (doi:10.1007/s10236-008-0141-x)

HEARN, C.J. 2011. Perspectives in coral reef hydrodynamics. Coral Reefs, 30:1-9. (doi:10.1007/s00338-011-0752-4)

HERNÁNDEZ-DELGADO, E.A. 2015. The emerging threats of climate change on tropical coastal ecosystem

services, public health, local economies and livelihood sustainability of small islands: cumulative impacts and synergies. Marine Pollution Bulletin, 101(1):5-28. (doi:10.1016/j.marpolbul.2015.09.018)

HOEGH-GULDBERG, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Marine and Freshwater Research, 50(8):839-866. (doi:10.1071/MF99078)

HOEGH-GULDBERG, O.; MUMBY, P.J.; HOOTEN, A.J.; STENECK, R.S.; GREENFIELD, P.; GOMEZ, E.; HARVELL, C.D.; SALE, P.F.; EDWARDS, A.J.; CALDEIRA, K.; KNOWLTON, N.; EAKIN, C.M.; IGLESIAS-PRIETO, R.; MUTHIGA, N.; BRADBURY, R.H.; DUBI, A. & HATZIOLOS, M.E. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. Science, 318:1737-1742. (doi:10.1126/science.1152509)

IPCC. 2014. 151 p. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça.

KHAN, A.A. 2019. Why would sea-level rise for global warming and polar ice-melt? Geoscience Frontiers, 10(2):481-494. (doi:10.1016/j.gsf.2018.01.008)

KNOWLTON, N. 2001. The future of coral reefs. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 98(10):5419-5425. (doi:10.1073/pnas.091092998)

LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P.; FERREIRA, B.P.; NEVES, E.G.; SOVIERZOSKI, H.H.; OLIVEIRA, M.D.M.; MAIDA, M.; CORREIA, M.D. & JOHNSSON, R. 2016. Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. Brazilian Journal of Oceanography, 64(sp2):97-116. (doi:10.1590/S1679-875920160916064sp2)

LEVIN, S.A. & LUBCHENCO, J. 2008. Resilience, robustness, and marine ecosystem-based management. BioScience, 58(1):27-32. (doi:10.1641/B580107)

LIQUETE, C.; ZULIAN, G.; DELGADO, I.; STIPS, A. & MAES, J. 2013. Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. Ecological Indicators, 30(2013):205–217. (doi:10.1016/j.ecolind.2013.02.013)

MANN, M.E.; RAHMSTORF, S.; KORNHUBER, K.; STEINMAN, B.A.; MILLER, S.K. & COUMOU, D. 2017. Influence of anthropogenic climate change on planetary wave resonance and extreme weather events. Scientific Reports, 7(45242):1-10. (doi:10.1038/srep45242)

MARTÍNEZ, M.L.; INTRALAWAN, A.; VÁZQUEZ, G.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SUTTON, P. & LANDGRAVE, R. 2007. The coasts of our world: ecological, economic and social importance. Ecological Economics, 63(2007):254-272. (doi:10.1016/j.ecolecon.2006.10.022)

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. 155 p. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, EUA. (ISBN: 1-59726-040-1)

NEUMANN, A.C. & MACINTYRE, I. 1985. Reef response to sea level rise: keep-up, catch up or give-up. In: Fifth International Coral Reef Congress. Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, 3:105-110.

PANDOLFI, J.M.; CONNOLLY, S.R.; MARSHALL, D.J. & COHEN, A.L. 2011. Projecting coral reef futures under global warming and ocean acidification. Science, 333(6041):418-422. (doi:10.1126/science.1204794)

PRINCIPE, P.; BRADLEY, P.; YEE, S.; FISHER, W.; JOHNSON, E.; ALLEN, P. & CAMPBELL, D. 2012. Quantifying coral reef ecosystem services. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. EPA/600/R-11/206. Disponível em: http://www.epa.gov/ged/quantify.pdf.

QUATAERT, E.; STORLAZZI, C.; VAN ROOIJEN, A.; CHERITON, O. & VAN DONGEREN, A. 2015. The influence of coral reefs and climate change on

wave-driven flooding of tropical coastlines. Geophysical Research Letters, 42:6407-6415. (doi:10.1002/2015GL064861)

REGUERO, B.G.; BECK, M.W.; AGOSTINI, V.N.; KRAMER, P. & HANCOCK, B. 2018. Coral reefs for coastal protection: A new methodological approach an engineering case study in Grenada. Journal of Environmental Management, 210(2018):146-161. (doi:10.1016/j.jenvman.2018.01.024)

SAUNDERS, M.I.; ALBERT, S.; ROELFSEMA, C.M.; LEON, J.X.; WOODROFFE, C.D.; PHINN, S.R. & MUMBY, P.J. 2015. Tectonic subsidence provides insight into possible coral reef futures under rapid sea-level rise. Coral Reefs, 35(1):155-167. (doi:10.1007/s00338-015-1365-0)

SHAVER, E.C.; BURKEPILE, D.E. & SILLIMAN, B.R. 2018. Local management actions can increase coral resilience to thermally-induced bleaching. Nature Ecology and Evolution, 2:1075–1079. (doi:10.1038/s41559-018-0589-0)

SPALDING, M.D. & BROWN, B.E. 2015. Warm-water coral reefs and climate change. Science, 350(6262):769-771. (doi:10.1126/science.aad0349)

SPALDING, M.D.; RUFFO, S.; LACAMBRA, C.; MELIANE, I.; HALE, L.Z.; SHEPARD, C.C. & BECK, M.W. 2014. The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. Ocean & Coastal Management, 90:50-57. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007)

UNEP-WCMC (United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre). 2006. 33 p. In the Front Line: Shoreline Protection and Other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs. UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido.

UNISDR (United Nations International Strategy for Risk Reductions). 2009. 35 p. Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations, Genebra, Suíça.

WALSH, K.J.E. & RYAN, B.Y. 2000. Tropical cyclone intensity increase near Australia as a result of climate change. Journal of Climate, 13:3029–3036 (doi: 10.1175/1520-0442(2000)013<3029:TCIINA>2.0.CO;2)

Capítulo 18

Avaliação da geomorfometria de sangradouros no Balneário Cassino (RS), com uso de sistema GNSS e Aeronave Remotamente Pilotada (ARP)

AVALIAÇÃO DA GEOMORFOMETRIA DE SANGRADOUROS NO BALNEÁRIO CASSINO (RS), COM USO DE SISTEMA GNSS E AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

Julia Carballo Dominguez de Almeida[1], Miguel da Guia Albuquerque[2], Deivid Cristian Leal Alves[3] & Jean Marcel de Almeida Espinoza[4].

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - campus Rio Grande. Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475 | Bairro Centro | CEP: 96201-460 | Rio Grande/RS. E-mail: cdalmeida.j@gmail.com, miguel.albuquerque@riogrande.ifrs.edu.br, dclealalves@gmail.com, jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br.

RESUMO

Sangradouros são canais naturais que drenam o excedente hídrico pluvial da planície costeira em direção ao sistema praial. O aumento populacional e as irregularidades na utilização da infraestrutura urbana exigem desses canais mais que o suficiente comportado no escoamento do acúmulo das águas pluviais, ampliando a suscetibilidade a alagamentos e inundações na localidade. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de técnicas de Geoprocessamento na construção de Modelos Digitais de Superfície para dois sangradouros localizados na Praia do Cassino, município do Rio Grande - RS. Com o uso das geotecnologias, como a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e o receptor GNSS, foram realizados voos em três datas, dois no verão e um na primavera, sobre a porção praial dos dois sangradouros defrontantes ao Balneário Cassino. Esses mapeamentos aéreos foram realizados com a aeronave do modelo *Phantom Pro 4* dentro dos padrões estabelecidos no plano de voo elaborado previamente através do software *Drone Deploy*®, e foram processados no software *Agisoft PhotoScan*®. Foi gerado um conjunto de ortoimagens da localidade imageada, com erros variando entre os modelos de 0,015 m a 0,048 m, sendo o valor estabelecido como limite igual a 0,05 m. Por fim, pode-se concluir que a metodologia aplicada apresentou excelentes respostas para os resultados já trabalhados, comprovando a eficiência dos equipamentos selecionados, além de apresentar extrema relevância para a Gestão Costeira por servir como uma ferramenta ao poder público na análise de problemas relacionados a eventos extremos, como a suscetibilidade a inundações e alagamentos, através de programas e ações públicas no Balneário Cassino.

Palavras-chave: zonas costeiras, drenagem, alagamentos, geotecnologias.

EVALUATION OF BLOOD GEOMORPHOMETRY IN THE CASINO BALNEARY (RS), USING THE GNSS SYSTEM AND REMOTELY PILOT AIRCRAFT (ARP)

ABSTRACT

Washouts are natural channels that drain the rainwater surplus from the coastal plain towards the praial system. The increase in population and irregularities in the use of urban infrastructure require more than sufficient channels for the drainage of rainwater accumulation, increasing the susceptibility to flooding in the locality. In this context, this work aims to evaluate the application of Geoprocessing techniques in the construction of Digital Surface Models for two washouts located in Cassino beach, Rio Grande - RS. With the use of geotechnologies, such as the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and the GNSS

receiver, flights were carried out on three dates, two in the summer and one in the spring, on the beach portion above of the two washouts in Cassino beach. These aerial mappings were performed with the Phantom Pro 4 aircraft within the standards established in the flight plan previously developed using the Drone Deploy® software and were processed in the Agisoft PhotoScan® software. A set of orthoimages of the imaged locality was generated, with errors varying between the models of 0.015 m to 0.048 m, and the value established as a limit equal to 0.05 m. Finally, it can be concluded that the applied methodology presented excellent answers to the results already worked, proving the efficiency of the selected equipment, besides being extremely relevant to Coastal Management for serving as a tool to the public power in the analysis of problems related to extreme events, such as the susceptibility to floods, through programs and public actions in the Balneário Cassino.

Key-words: coastal zones, drainage, flooding, geotechnology.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras, no que diz respeito à geomorfologia fluvial, têm influência direta no funcionamento de canais de drenagem das paisagens litorâneas, já que seu funcionamento é um dos fatores que definem o tipo de morfologia dos canais. Essas zonas são delimitadas pelos espaços onde a porção terrestre e marítima são constantemente afetadas pela proximidade (RODRÍGUEZ & WINDEVOXHEL, 1998).

No litoral do Rio Grande do Sul, um dos agentes de transformação da paisagem praial são os canais de drenagem natural, denominados de sangradouros. Para SERPA (2008), os sangradouros são responsáveis pela drenagem das águas pluviais retidas em regiões adjacentes à costa. Esses direcionam o fluxo hídrico para o ponto de menor altitude, no caso deste estudo, para a Praia do Cassino – Rio Grande, RS.

A dificuldade da gestão pública na administração desses recursos, em decorrência do aumento considerável no número de construções irregulares e inadequações no gerenciamento dos recursos hídricos da localidade, têm causado prejuízos à população local. O reflexo dessa ineficiência é evidenciado, principalmente, durante o período de chuvas fortes ou de longa duração, quando a demanda de escoamento dos canais é superior ao comportado por estes.

Os efeitos dessa urbanização são notados, principalmente, quando o escoamento das águas pluviais é prejudicado por barreiras e o solo impermeabilizado impede que sejam infiltradas. A interferência humana no ciclo natural dos canais de drenagem acarreta em alterações no ambiente praial, contribuindo para o desequilíbrio do ecossistema local (FIGUEIREDO & CALLIARI, 2005).

Portanto, no Balneário Cassino, os sangradouros cumprem a função natural de realizar o escoamento das águas pluviais em direção à praia. Porém, o efeito do progresso das áreas urbanas e suas intervenções no sistema naturais exigem uma capacidade superior ao comportado para tal função, ampliando a suscetibilidade a alagamentos e inundações na localidade (Figura 1).



Figura 1: Alagamento no Balneário Cassino, RS. Fonte: Jornal GauchaZH, 2013.

A geomorfometria, segundo PIKE (2000), é a área do conhecimento oriunda dos estudos da geografia, geomorfologia, geofísica e exploração do fundo do mar, que permite a composição numérica das formas do relevo e de paisagens contínuas. Logo, torna-se indispensável que estudos relativos à geomorfometria de regiões tenham como produto final um modelo digital de elevações, possibilitando a visualização dos registros encontrados.

A inserção das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) tem apresentado vasto potencial em aplicações geomorfométricas, podendo realizar voos com baixos custos, além da elaboração de modelos digitais dentro dos parâmetros topográficos (SILVA *et al.*, 2017). As imagens registradas pelo equipamento concomitantes ao uso de equipamentos de receptores GNSS permitem, a partir de processos fotogramétricos, que modelos de elevações sejam obtidos de maneira precisa e o mais próximas da realidade.

Nesse contexto, este estudo propõe-se a validar como se comportam as técnicas de Geoprocessamento na elaboração de modelos geomorfométricos das porções praiais de sangradouros na Praia do Cassino (RS).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Balneário Cassino localiza-se no município do Rio Grande, sul do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 2). Cerca de 22 km de distância do centro da cidade, o balneário é um dos maiores atrativos turísticos da região no período do verão. De acordo com a Prefeitura Municipal do Rio Grande, em média, a localidade chega a receber aproximadamente 150 mil turistas de todo o Rio Grande do Sul e países vizinhos como Uruguai e Argentina.

De acordo com REBOITA et al. (2006), o clima na região é influenciado fortemente pelos sistemas atmosféricos de pequena escala temporal, com ação diária ou mesmo semanal, conforme a atuação de frentes vindas do quadrante sul, por exemplo. Já os fatores interanuais, como o fenômeno *El Niño* e *Lã Niña*, possuem forte influência no regime pluviométrico.

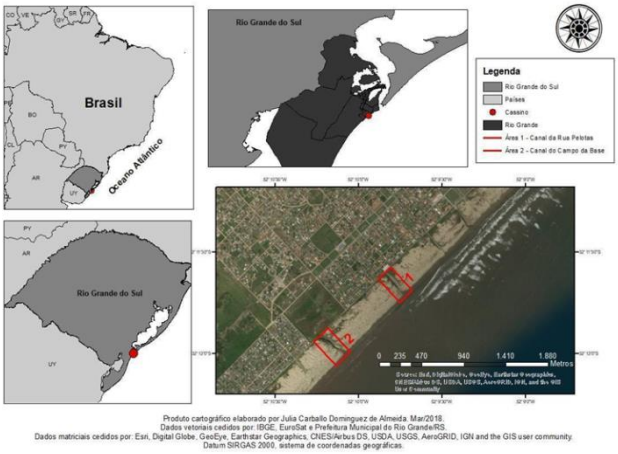


Figura 2: Localização da área de estudos. Fonte: Elaborado pela autora.

A localidade apresenta alta umidade e um regime de chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com volumes máximos registrados principalmente no período de inverno.

Na Figura 2, a delimitação das áreas um e dois é referente à porção final dos canais de drenagem avaliados neste estudo. A denominação dos canais foi definida pela autora, para facilitar o processo de identificação das feições de cada um. Estes receberam nomes conforme as vias urbanas ou localidades conhecidas que permitem acesso a eles. O primeiro recebe o nome de Canal 1, situado nas proximidades da Rua Pelotas, e o segundo é chamado de Canal 2, situado próximo ao Campo da Base.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os equipamentos listados para a realização das coletas em campo foram um receptor GNSS da marca

Leica Geosystems no modelo GS15, uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) da marca DJI no modelo *Phantom Pro 4* e corpos de prova alocados ao longo dos canais.

O equipamento GNSS funciona com duas antenas receptoras em posições diferentes, a primeira fica fixa sobre o marco topográfico de referência mais próximo da área de estudos, instalado na CORSAN (Estação de Bombeamento da Companhia Riograndense de Saneamento). Enquanto a antena do receptor móvel, juntamente com a controladora portátil, configurada no sistema de coordenadas UTM zona 22S e datum SIRGAS 2000, são responsáveis por realizar a coleta das coordenadas a partir do método *stop and go* (ou semicinemático) sobre os corpos de prova - feitos de concreto e tingidos de vermelho na parte superior, para que fossem facilmente identificados nas cenas aéreas.

A aeronave utilizada no mapeamento aéreo apresenta sistema de posicionamento por satélites internos, facilitando o processo de alinhamento das imagens nos passos metodológicos. O equipamento é de pequeno porte, tornando simples o transporte e manuseio, além de necessitar menos cargas de bateria. Contudo, o veículo é suscetível à desestabilidade durante o voo, por conta da influência dos ventos. Logo, anteriormente aos voos foi crucial verificar a velocidade dos ventos na Praia do Cassino.

Além dos equipamentos em campo, os softwares que realizaram os procedimentos laboratoriais foram: o *Drone Deploy*, que é o responsável pela elaboração do plano de voo de forma compatível a ser executado pelo *Phantom Pro 4*.

O *software Agisoft PhotoScan* realizou o processamento das imagens obtidas pelo VANT; a inclusão de um interpolador e do método SFM (*Structure From Motion*), que permitiu a construção tridimensional a partir da combinação de cenas (fotografias digitais), garantindo que os processos realizados de forma automatizada fossem válidos e mais próximo da realidade do terreno.

Por fim, o *ArcGis*, em sua interface *ArcMap*, permitiu a elaboração dos mapas com os modelos digitais de elevação e as ortoimagens resultantes da aplicação da metodologia.

A metodologia desta pesquisa se dividiu em três etapas: planejamento, aquisição e tratamento dos dados. Cada uma das etapas foi crucial para o desenvolvimento e validação dos produtos finais, já que o avanço forçado de etapas e/ou o descuido na produção poderiam gerar erros graves, levando em consideração a escala em que os dados foram obtidos.

A etapa de planejamento foi feita em laboratório, com a construção do plano de voo, onde foram tomadas as decisões específicas a serem seguidas pelo ARP durante o período de sobrevoo, como por exemplo, a área de imageamento, a cobertura de sobreposição, as linhas de voo e outros padrões que são determinados a partir da observação da área de estudo. Como a pesquisa abordou dois canais de drenagem, foram construídos dois planos de voo para que as especificidades de cada sangradouro fossem contempladas.

O manual da aeronave indica que voos realizados com registro de ventos acima de 10 m/s podem representar risco a sua estrutura. Os parâmetros definidos para os levantamentos realizados nos dias 17/03/2018, 19/03/2018 e 05/09/2018, para os dois canais (levando em consideração as informações climáticas locais).

O trabalho em campo foi iniciado com a instalação de um somatório de 69 pontos de controle ao longo dos dois sangradouros, sendo seis deles usados efetivamente no processamento das imagens. Os demais pontos serviram para que o modelo pudesse expressar maior acurácia.

A aquisição dos dados de coordenadas (X,Y e Z) foi executada através do receptor GNSS no modo stop and go que, posteriormente, deram suporte para o ajuste do modelo gerado no processamento das imagens.

Com os pontos de controle organizados e suas coordenadas obtidas pelo receptor GNSS, os voos com o *Phantom Pro 4* foram realizados seguindo o planejado no software *Drone Deploy*, sem apresentar dificuldades, por causa das condicionantes atmosféricas adversas, por exemplo.

A última etapa da metodologia foi aplicada para o tratamento dos dados de altitude nos registros do receptor GNSS a partir da conversão de elipsoidal para geoidal a partir dos valores de ondulação do modelo MAPGEO 2015 do IBGE. Com os pontos corrigidos, o *software Agisoft PhotoScan* fez a geração de Modelos Digitais de Elevação e ortomosaico dos sangradouros.

O primeiro passo da metodologia, dentro do *Agisoft PhotoScan*, foi a utilização da ferramenta *tie points*, as quais identificaram pontos homólogos através das imagens sobrepostas, organizando virtualmente o mosaico de tal forma que uma versão tridimensional das feições obtidas na cena possa ser processada e, em seguida, georreferenciada.

Em seguida, foram adicionados os seis pontos de controle de cada canal para que o modelo fosse ajustado ao local que apresenta a demarcação dos marcos georreferenciados. Esses pontos ajudam a aumentar a precisão do modelo, ou seja, fazem que o modelo tridimensional atinja o menor erro possível.

O terceiro passo foi a construção da *dense cloud*, de modo que os pontos antes em formato raster passem a ser vetoriais. Essa nuvem de pontos faz que cada ponto represente um valor altimétrico registrado pelo ARP, auxilia o processo de interpolação dos dados para a geração dos modelos digitais de elevação.

O quarto passo consistiu na interpolação da nuvem de pontos pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), dentro do próprio *Agisoft PhotoScan*, assim gerando os primeiros resultados dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), classificados como Modelos Digitais de Superfície, por contarem com elementos na cena além de somente o solo.

O último processamento das imagens foi a geração da ortoimagem da área de estudos. Nessa etapa, cada pixel foi orientado para a posição geométrica hipotética, que apresentariam se fossem imageados na vertical unicamente. A etapa de ortorretificação teve como foco gerar uma imagem sem distorções.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação dos métodos desenvolvidos para o estudo da porção praial dos canais de drenagem sobre os dados altimétricos do ARP e do receptor geodésico para os três dias de voo foram obtidos duas classes de resultados: Modelos Digitais de Superfície, dos dois canais de drenagem, e ortomosaicos dos dias 17/03/2018, 19/04/2018 e 05/09/2018.

Os resultados caracterizam os modelos digitais de elevação a partir de uma paleta de cores em escala, onde as tonalidades mais próximas do vermelho indicam regiões mais elevadas e as cores próximas do azul, indicam regiões com menor elevação.

Para o dia 17 de Março de 2018 (Figura 3), foi possível identificar pela tonalidade assimilada as feições das porções praiais dos sangradouros e áreas adjacentes, que as regiões de maior profundidade são os próprios canais e a zona próxima ao mar, onde o valor mínimo registrado foi 0,86 m para o canal 1 (Rua Pelotas) e 0,32 m no canal 2 (Campo da Base); enquanto as regiões de maior elevação são dunas imageadas pela Aeronave Remotamente Pilotada,

admitindo valores máximos de 9,04 m para o canal 1 e 6,44 m no canal 2.

O Canal da Rua Pelotas teve sua resolução espacial horizontal no valor igual a 5,15 cm/pix e o Canal do Campo da Base registrou resolução igual a 5,13 cm/pix. Ou seja, neste modelo tridimensional o detalhamento foi altíssimo, pois em cada pixel a informação apresentada foi referente à cerca de cinco centímetros do plano horizontal.

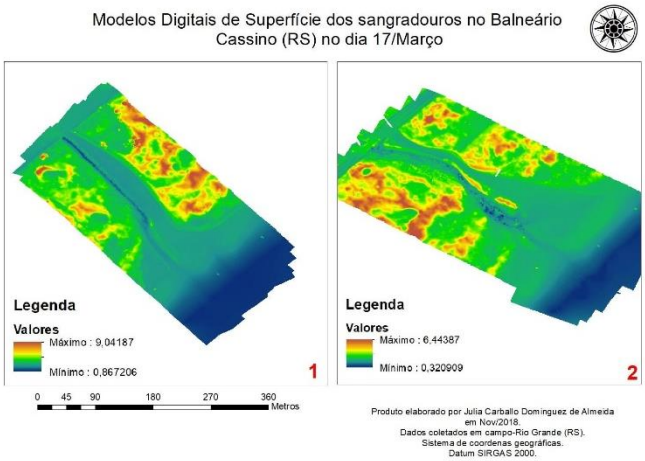


Figura 3: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 17 de Março. Fonte: Elaborada pela autora.

O Modelo Digital (Figura 4) do canal 1 no dia 19 de Abril de 2018 apresentou uma resolução espacial igual a 5,51cm/pix e para o canal 2 o valor atribuído para a resolução espacial que é de 5,26cm/pix.

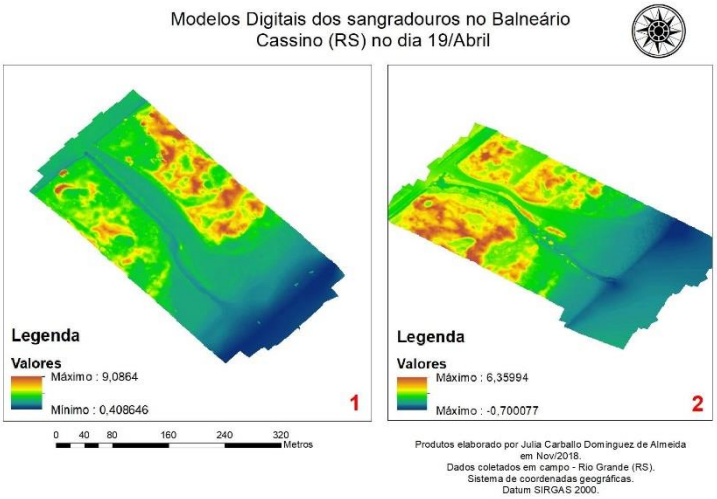


Figura 4: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 19 de Abril. Fonte: Elaborado pela autora.

O segundo dia de voo apresentou poucas diferenças na escala da altitude em comparação com o primeiro dia de voo. O Canal 1, próximo a Rua Pelotas, ilustra a cota máxima de 9,08 m e mínima de 0,40 m. O Canal 2, situado nas proximidades do Campo da Base, teve como valor máximo de altitude 6,3 5m e mínimo igual a -0,70 m.

Em paralelo com o primeiro modelo, a modelagem do Canal do Campo da Base apresentou uma pequena formação de duna próxima ao sangradouro com altitude considerável. Essa modificação na forma pode ter ocorrido devido a eventos pluviais na localidade.

No dia 05 de Setembro de 2018 (Figura 5), os modelos compreenderam valores de resolução espacial iguais a 5,2 cm/pixel para o Canal 1 e 5,05 cm/pixel no segundo canal. Em comparação com os demais modelos, este é o que apresentou de forma mais nítida as feições da porção praial dos canais de drenagem.

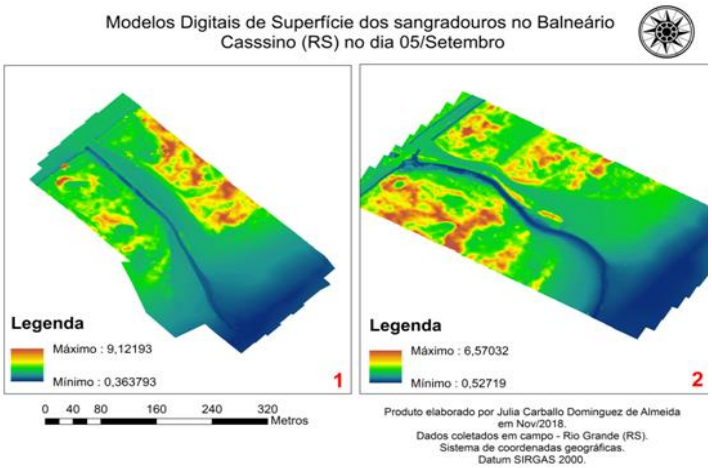


Figura 5: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 05 de Setembro. Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 6: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 17 de Março. Fonte: Elaborado pela autora.

As maiores altitudes continuaram sendo registradas no cordão de dunas imageadas pelo veículo aéreo em que os valores chegaram a 9,21 m no primeiro canal e 6,57 m no segundo canal. Os valores de altitude mais baixos estão localizados justamente nos canais e na linha de costa, onde atingem 0,36 metros no Canal da Rua Pelotas e 0,52 metros no Canal do Campo da Base.

Além da representação da superfície tridimensional pelos Modelos Digitais de Superfície, o outro resultado obtido a partir da execução dos primeiros passos da metodologia foi a geração de um conjunto de ortoimagens.

O primeiro resultado dos ortomosaicos foi do dia 17 de Março de 2018 (Figura 6) e cada um apresentou a visada azimutal da área imageada pelo Phantom Pro 4 no dia da coleta. A partir desses modelos foi possível identificar o comportamento do meandro do canal entre as datas estudadas. O segmento do canal que quase não atinge a costa indicou que o fluxo de água não foi intenso.

A resolução espacial do Canal da Rua Pelotas foi igual a 1,29 cm/ pixel e o valor para o Canal do Campo da Base é de 1,28 cm/ pixel. O erro associado para estes canais, em metros, no primeiro dia de coleta foi de 0,015m para o Canal 1 e 0,022m para o Canal 2. O erro por pixel atingiu valores iguais a 0,324 no Canal da Rua Pelotas e 0,286 para o Canal do Campo da Base. Os erros máximos estipulados para esta pesquisa eram 0,05 metros e 0,5 pixel, o que caracteriza os modelos como satisfatórios dentro do padrão.

O conjunto de ortoimagens do dia 19 de Abril (Figura 7) apresentou comportamento do canal é mais claro, em comparação ao primeiro dia de voo. Foi possível observar que o parcela praial do canal segue o mesmo curso que o anteriormente observado, porém é provável que tenha ocorrido algum fenômeno metereológico na região, já que os canais apresentaram maior conteúdo em seu interior.

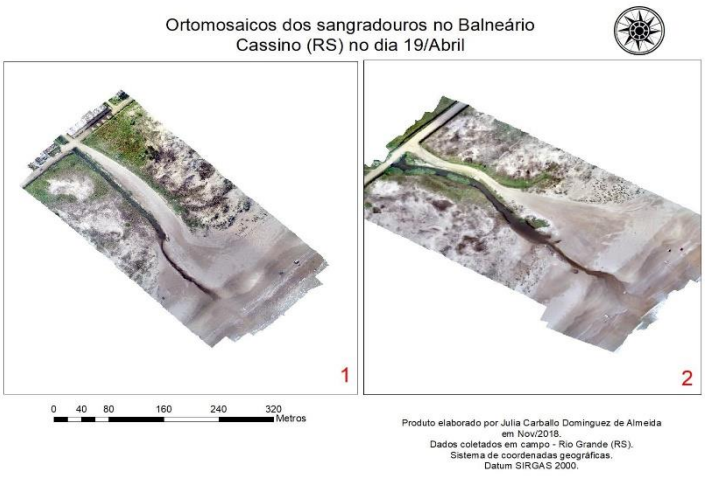


Figura 7: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 19 de Abril. Fonte: Elaborado pela autora.

A resolução espacial foi de 1,38 cm/ pixel no primeiro canal e de 1,31 cm/ pixel para o segundo canal. Para esse dia de voo, os erros foram de 0,019 metros no Canal da Rua Pelotas e 0,048 metros no Canal do Campo da Base; enquanto o erro em pixels foram de 0,397 para o canal 1 e 0,374 no canal 2. Caracterizando, também, o produto como dentro dos parâmetros impostos aos modelos.

A resolução espacial expressa pelos ortomosaicos para o dia 05 de Setembro de 2018 (Figura 8) foi de 1,3 cm/ pixel no primeiro canal e 1,26 cm/ pixel no segundo canal. Além disso, os erros associados aos modelos foram de 0,025 metros e 0,020 metros para os canais 1 e 2, respectivamente. Os erros por pixel registrados atingiram o total de 0,278 para o Canal da Rua Pelotas e 0,400 para o Canal do Campo da Base.

O terceiro dia de voo indicou um comportamento diferenciado para os canais de drenagem da Praia do Cassino. O primeiro canal mostrou um movimento retilinizado e tendendo para a direção esquerda no fluxo de escoamento do excedente hídrico do continente. O segundo canal apresentou um comportamento mais nítido e voltado para a esquerda e, ainda, com uma largura menor que as registradas anteriormente nesta pesquisa.

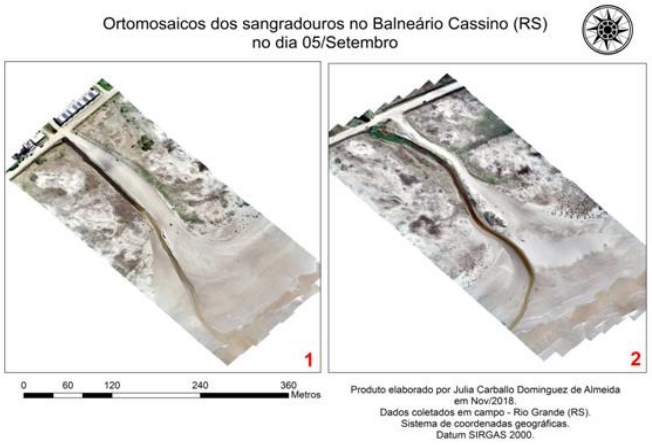


Figura 8: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 05 de Setembro. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, em uma análise generalizada sobre os resultados obtidos revela que as variações, que podem ser tanto antrópicas quanto climatológicas, alteram o comportamento do campo de dunas, assim como o das feições dos canais que apresentam variação na delimitação das feições nos diferentes produtos.

CONCLUSÃO

Com base nos modelos obtidos, foi possível considerar que a metodologia aplicada foi satisfatória para a elaboração da pesquisa. O padrão de precisão dos modelos, assim como o baixo erro metros/pixel foram provas de que a aplicação de geotecnologias tem grande potencial na construção de produtos geomorfométricos.

Contudo, para que os modelos passem a apresentar uma precisão maior do que a estabelecida seria essencial que em trabalhos futuros houvesse a coleta de dados batimétricos dos sangradouros. Ao relacionarem-se com os modelos digitais gerados possibilitam o complemento da resposta quantitativa esperada para a pesquisa.

As limitações impostas por outros métodos de aquisição de dados planialtimétricos, como estações totais ou receptores GNSS, tornam tais levantamentos dispendiosos em tempo e custos de campo, além de resultar em produtos com menor detalhamento.

Portanto, futuramente, também seria de extrema relevância que fossem realizados outros aerolevantamentos com um ARP de outra marca e porte, possibilitando a comparação dos resultados e avaliação da qualidade dos produtos gerados por diferentes tipos de veículos aéreos.

Por fim, é possível concluir que essa pesquisa torna-se uma ferramenta para a Gestão Costeira por garantir ao poder público, a partir da análise da geomorfometria dos canais de drenagem, a possibilidade de avaliar problemas relacionados a eventos extremos, como as inundações e os alagamentos, no Balneário Cassino, por meio do manejo adequado dos sangradouros e do planejamento da ação pública efetiva.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao IFRS - *campus* Rio Grande e ao Fomento Interno pela concessão da bolsa de pesquisa. E aos orientadores Miguel Albuquerque e Deivid Alves.

REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, S.A. & CALLIARI, L.J. Sangradouros: Distribuição Espacial, Variação Sazonal, Padrões Morfológicos e Implicações no Gerenciamento Costeiro. **GRAVEL**, v.1, n.3, p. 47-57, 11/2005.

PIKE, R. J. **Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis**. Los Angeles: US Geological Survey, 2000.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; PICCOLI, H. C.. Climate variability in Rio Grande, RS, Brazil: a quantitative analysis of contributions due to atmospheric systems. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Brasil, p.256-270, ago. 2006.

RODRÍGUEZ, J. J. & WINDEVOXHEL, N. J. ***Análisis regional de la situación de la zona marina costera Centroamericana*.** Banco Inter-Americano de Desenvolvimento BID. Washington, D. C. No. ENV – 121. 1998.

SERPA, C. G. **Estudo da influência dos fatores climáticos e hidrológicos no ciclo morfodinâmico praial de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande Escola de Engenharia Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica. 2008.

SILVA, J. M. F.; OKA-FIORI, C.; SILVEIRA, C. T.. Geomorfometria: uma análise de conceitos, métodos e aplicações em geografia física. **Revista Brasileira de Geografia Física.** Pernambuco, v.10, n.2, 2017.

Capítulo 19

Potencialidades da implementação de biorremediação na reabilitação de rios: dados iniciais e considerações

POTENCIALIDADES DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIORREMEDIAÇÃO NA REABILITAÇÃO DE RIOS: DADOS INICIAIS E CONSIDERAÇÕES

Maria Cristina Crispim[1]; Ana Maria Antão-Geraldes[2], Flávia Martins Franco de Oliveira[3] Randolpho Savio Marinho[4] & Maria Manuela Morais[5]

[1]Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil. E-mail: ccrispim@hotmail.com
[2]Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. E-mail: geraldes@ipb.pt
[3]Instituto de Ciências da Terra (ICT) | Laboratório da Água da Universidade de Évora, Universidade de Évora, Portugal mmorais@uevora.pt

RESUMO

Por princípio, as tecnologias sustentáveis utilizam os processos naturais na resposta às questões que pretendem responder. Dessa forma, foi proposto o uso de cortinas de plástico, com o objetivo de aumentar o habitat disponível de colonização do biofilme, para a melhoria da qualidade ambiental em rios. O objetivo deste trabalho é potencializar a assimilação de nutrientes e contribuir para uma melhoria do estado ecológico, e consequentemente, para a reabilitação destes sistemas. Este processo visa aumentar a capacidade de autodepuração que os rios já apresentam. Pretende-se com o presente trabalho apresentar os resultados preliminares obtidos com esta tecnologia em dois rios eutrofizados, situados em regiões climáticas distintas: região tropical (rio urbano, Brasil); região mediterrânica (Rio Fervença, Bragança, Portugal). A dimensão espacial e temporal foi diferente nos dois experimentos. Discute-se ainda o potencial de utilização desta tecnologia como forma de mitigar situações de eutrofização em ambientes aquáticos em distintas localizações geográficas e sujeitos a diferentes climas (temperado e tropical). Os resultados apresentados mostraram redução de compostos nitrogenados e fosfatados e aumento de oxigênio nos dois rios analisados, o que demonstra o potencial de melhoria na qualidade de água com o uso de biofilme como biorremediador.

Palavras chave: Biofilme, restauração de rios, sustentabilidade, biotratamento.

POTENTIALITIES OF THE IMPLEMENTATION OF BIORREMEDIATION IN THE REHABILITATION OF RIVERS: INITIAL DATA AND CONSIDERATIONS

ABSTRACT

In principle, sustainable technologies use natural processes to respond to the questions they are intended to answer. Thus, it was proposed the use of plastic curtains, with the objective of increasing the available biofilm colonization habitat, to improve the environmental quality in rivers. The aim of this research is to enhance the assimilation of nutrients and contribute to an improvement in the ecological status and, consequently, to the rehabilitation of these systems. This process aims to increase the self-purification capacity that the rivers already present. The present work intends to present the preliminary results obtained with this technology in two eutrophic rivers located in distinct climatic regions: tropical region (urban river, Brazil); Mediterranean regions (Fervença River, Bragança, Portugal). The spatial and temporal dimensions were different in the two experiments. The potential of using this technology as a way to mitigate situations of eutrophication in aquatic environments in different geographical locations and subject to different climates (temperate and tropical) is discussed. The results showed a reduction of nitrogenous and phosphatic compounds and an

increase of oxygen in the two analyzed rivers, which demonstrates the potential of improvement in water quality with the use of biofilm as a bioremediator.

Key-words: Biofilm, river restoration, sustainability, biotreatment.

INTRODUÇÃO

Os sistemas aquáticos oferecem uma gama de serviços ambientais aos habitantes dos espaços rurais e urbanos. No entanto, o mau ordenamento territorial e as más práticas agrícolas têm causado a degradação acelerada destes ecossistemas, reduzindo de forma muito acentuada a sua capacidade de autodepuração. A Diretiva Quadro da Água (2000/60/CE), transposta para o direito interno português pela Lei n.º 58/2005, de 29/12, tem por objetivo assegurar a gestão integrada e sustentável dos sistemas aquáticos europeus de forma a que atinjam o bom estado ecológico a partir de 2015. O fósforo é um nutriente limitante, que influencia diretamente a produção primária. Assim, a redução/prevenção dos efeitos da eutrofização passa pela diminuição deste nutriente e também do nitrogénio (nutriente co-limitante da produção primária) nos ecossistemas aquáticos (WETZEL, 2001). Uma das metodologias de biorremediação que pode ser potencializada é o aumento do habitat para colonização do organismos bentónicos (biofilme), utilizando substratos artificiais submersos. Promove-se assim a biomassa desta comunidade, e consequentemente, a capacidade de autodepuração dos ecossistemas aquáticos.

De acordo com vários autores (VYMAZAL, 1988; CRISPIM et al., 2009; LU et al., 2014; WU et al., 2014; 2017; MA et al., 2018), a utilização de biofilme apresenta várias vantagens relativamente a outras tecnologias convencionais, pois: (a) é constituído por vários tipos de organismos (microalgas, fungos, bactérias, protozoários e também por pequenos animais), ou seja, como é uma comunidade completa ocorrem processos de produção, consumo e decomposição; (b) pode ser encontrado em qualquer zona bentônica do ecossistema aquático; (c) tem um papel importante no processo de reciclagem e transferência de nutrientes; (d) está fixo ao substrato, e (e) é facilmente incorporado em bioreactores. Todos estes aspetos, acrescidos de ser uma tecnologia natural e de baixo custo e "amiga do ambiente", contribuem para demonstrar que o biofilme possa vir a ser considerado com um processo sustentável viável, o qual pode promover a biorremediação de sistemas aquáticos eutrofizados.

Em alguns estudos pioneiros realizados em lagos eutrofizados na Alemanha e Polónia (e.g. JÖBGEN et al., 2004; SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, 2007), foram colocadas bandas de polietileno (plástico) e polipropileno, com o objetivo de aumentar o habitat disponível para colonização de biofilme. resultando em melhorias da qualidade ecológica destes ecossistemas. Crispim et al. (2009) testaram o uso de biofilme e macrófitas aquáticas em um mesocosmos cm água de um reservatório com piscicultura em tanques rede, e verificaram que o biofilme foi mais eficiente na remoção de fósforo e nitrogénio que a macrófita Eichornnia crassipes, propondo o uso desta comunidade como biorremediadora na diminuição da eutrofização em ambientes aquáticos.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é testar a eficácia desta tecnologia em dois rios urbanos eutrofizados, situados em duas regiões com distintas condições climáticas: uma em região tropical (Rio do Cabelo, Paraíba, Brasil); uma em região temperada de características mediterrânicas (Rio Fervença, Bragança, Portugal). Os dois experimentos são independentes, e usaram metodologias distintas, mas aplicando ambas a mesma inserção de substrato artificial para a fixação do biofilme, como remediador.

METODOLOGIA

Locais de estudo

Rio do Cabelo

O Rio do Cabelo está localizado no município de João Pessoa no Estado da Paraíba (Brasil), entre as coordenadas 7º 08'53'' e 7º 11'02''S e 34º47'26'' e 34º50'33''W a uma altitude de 31,15m. O Rio do Cabelo está limitado a sul com a Bacia do Rio Aratú, a norte pela Ponta do Seixas; a leste pelo Oceano Atlântico. Nasce no bairro de Mangabeira VII, passa pelo bairro Cidade Verde e Conjunto Mariz (Fig. 1) e apresenta uma área de drenagem de cerca de 9,78km^2 (SASSI, 1997). Estende-se na direção oeste-leste do bairro de Mangabeira até à sua foz na Praia da Penha.

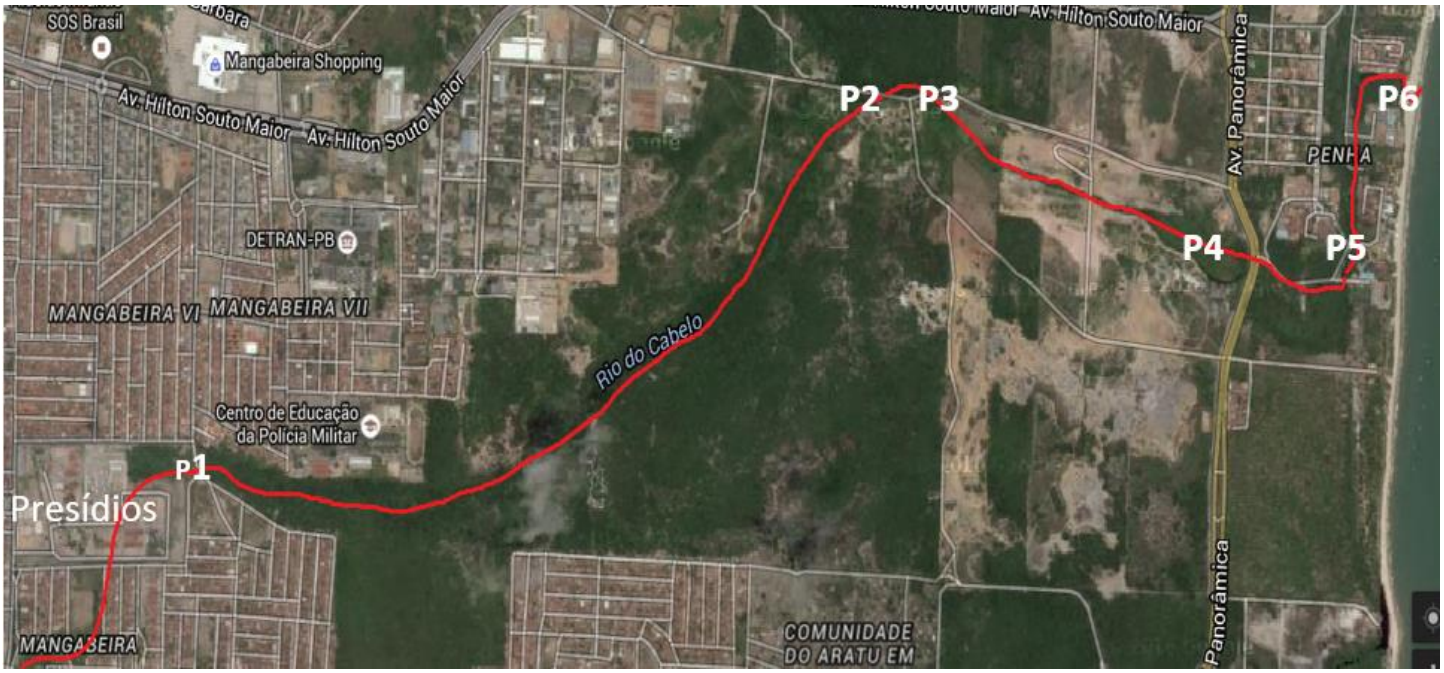


Figura 1 - Rio do Cabelo, João Pessoa, PB, Brasil, desde a sua nascente até à foz no Oceano Atlântico.

Fonte - Adaptado do Google Earth

P1 – (coordenadas -7º171246 e -34.831629) Caracteriza-se por grande quantidade de esgoto proveniente principalmente dos presídios de Mangabeira (Sílvio Porto e Centro Social Educativo Edson Mota), ficando localizado a cerca de 100m a jusante da lagoa que acumula o esgoto dos presídios. Apresenta cor (escura) e cheiro (mau cheiro), área bastante assoreada, cuja profundidade varia de 0,05cm a 0,40cm. O rio apresenta-se muito estreito, com cerca de 0,50 m de largura, com fundo lodoso (Fig. 2). Os únicos organismos vivos, visíveis a olho nu são grande quantidade de larvas de insetos.

P2 – (coordenadas -7.162924 e -34.811152) Entre o P1 e o P2, o rio corre entre Canions, com as margens apresentando elevada altitude (entre 20 e 30 m), com difícil acesso. Localizado na antiga estrada da Penha (Estrada dos Escoteiros), na ponte antes do rio entrar em área com fragmento de mata atlântica (Campo escola dos Escoteiros). Já não apresenta mau cheiro, e antes das obras recentes que modificaram a ponte, apresentava uma pequena acumulação de água,

antes de passar na ponte, com profundidade de até 0,80 m, com fundo arenoso. Aqui o rio apresenta-se de maior porte, com largura de mais de 1,00 m. Já se observam peixes (juvenis) no local. É importante dizer que após o P2, há uma barreira parcial, no qual a água que sai para o P3 é da parte mais superficial, melhorando ainda mais sua qualidade. É importante salientar também que este é um dos locais em que os carros-pipa coletam água para aguação de praças na cidade de João Pessoa (Fig. 3) (relato dos motoristas dos carros pipa).

P3 – (Coordenadas -7.162967 e -34.809945) Localizado na antiga estrada da Penha (Estrada dos Escoteiros), na ponte depois do rio sair da área com fragmento de mata atlântica (Campo escola dos Escoteiros) (Fig. 4). Apresenta menor turbidez, a coleta foi realizada em área de fluxo maior. Verifica-se a presença de peixes. Antes da recente obra da ponte apresentava cerca de 1,50 m de largura, mas era raso, com cerca de 0,20 m de profundidade, fundo arenoso.



Figura 2 - Vista do P1, evidenciando a poluição presente e a coloração da água do rio (A), grande quantidade de larvas (B). Foto - Flávia Oliveira (2017)



Figura 3 - Vista do P2 (Set/15), evidenciando a vegetação em volta e a modificação na coloração da água para turva (A), curso do rio quando sai do P2 sendo usada por caminhões da Prefeitura. Foto - Cristina Crispim (2017)

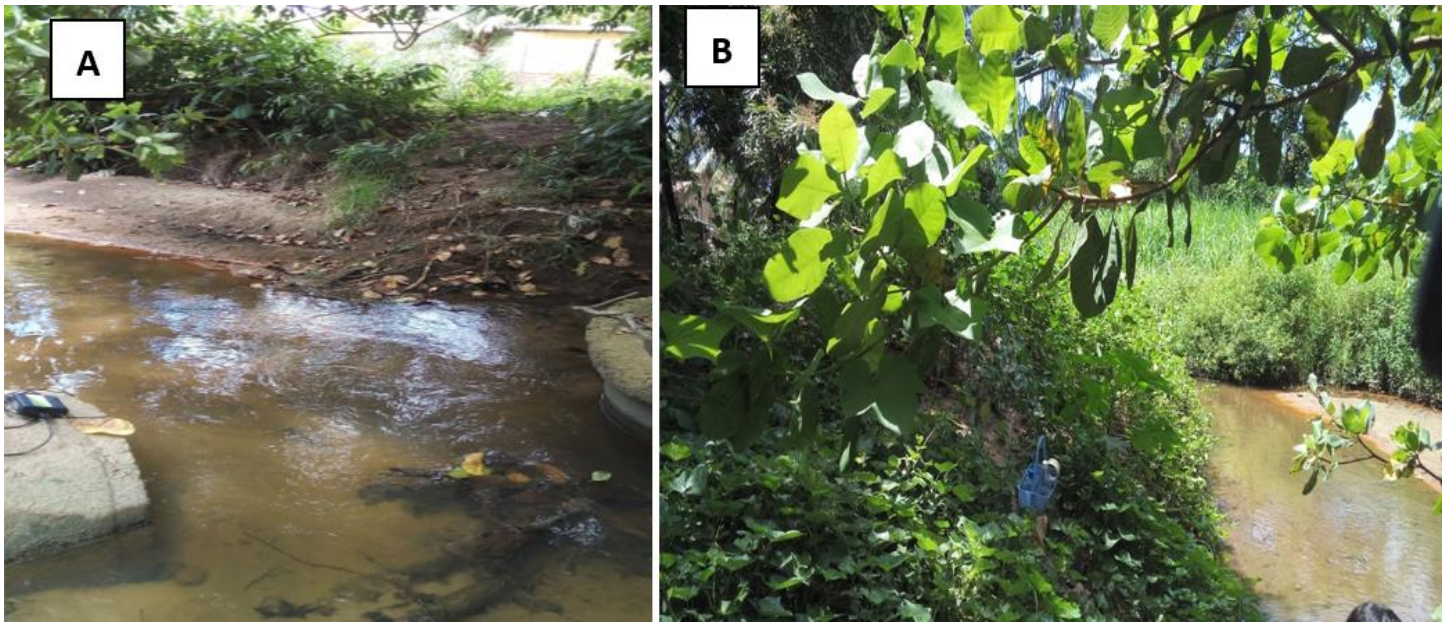


Figura 4 - Vista do curso do Rio do Cabelo no P3, evidenciando uma melhor qualidade da água e transparência total (A) e a vegetação marginal ao longo de seu curso (B). Foto - Cristina Crispim (2017)

P4 – (coordenadas -7.162967 e -34.809945). Em lagoa que se forma antes do rio cruzar a Rodovia 008. Presença de macrófitas flutuantes, em período não chuvoso podem ocupar toda a superfície da água. Presença de peixes. Profundidade que pode chegar a cerca de 1,00 m, com fundo lodoso. Este ponto situa-se próximo a uma ponte que deixa a água parcialmente represada, possuindo apenas tubulações que possibilitam a passagem parcial da água (Fig. 5). Apresenta vários tipos de macrófitas e água turva e com vegetação na área do entorno.

P5 – (coordenadas -7,1663º e -34,7970º) Localizado após a ponte depois da escadaria da Penha. Antes do local de coleta, o Rio do Cabelo apresenta-se alargado, com profundidade de cerca de 1,20 m. Na ponte forma uma cachoeira, que auxilia na oxigenação da água. O local forma também um alargamento, com profundidade de cerca de 1,00 m. Observam-se a olho nu peixes pequenos e pitus (camarões) (Fig. 6). É importante mencionar que, de acordo com relato de alguns moradores, por vezes há lançamento de carrapaticida neste ponto, com o intuito de "pescar" camarões, visto que depois eles flutuam mortos, ficando disponíveis para serem pescado e vendidos em feira. Isso é realizado por pessoas externas à comunidade

P6 – Localizado na foz, antes do rio juntar-se ao mar (Fig. 7). Todas as coletas de amostras realizadas neste ponto foram com a maré secando, com apenas água do rio. Área com margens íngremes, com profundidade chegando a cerca de 0,80 m.

Em geral, o Rio do Cabelo apresenta água escura com mau odor em vários troços. Na zona de cabeceira (próximo da nascente), o rio recebe efluentes directos de esgotos provenientes de presídios públicos na região das nascentes; no seu curso médio, passa por áreas protegidas, em bioma de Mata Atlântica, o que favorece a autodepuração da água contaminada, no entanto, nesta zona, o rio recebe um afluente de uma segunda nascente também contaminada com esgotos de condomínios fechados. No baixo curso do rio encontram-se grandes zonas de colonização de macrófitas aquáticas (e.g. *Eichornnia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia* sp., entre outras) (Fig. 8). É comum o mau odor na região mais urbanizada da nascente, perto do P1.



Figura 5 - Vista do curso do Rio do Cabelo no P4, evidenciando a presença de macrófitas**.**Foto - Cristina Crispim (2017)



Figura 6 - P5 no Rio do Cabelo – mostrando a área mais lêntica e a cachoeira após a ponte (A e B). Foto - Cristina Crispim (2017)



Figura 7 - P6 no Rio do Cabelo - Localizado no estuário, na praia da Penha. Foto - Cristina Crispim (2017)



Figura 8 - Troço do Baixo Rio do Cabelo (P5), João Pessoa, PB, Brasil, com banco de macrófitas flutuantes (dominância de *Pistia stratiotes*). Foto - Cristina Crispim (2017).

Rio Fervença

O Rio Fervença pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Douro (Portugal); nasce na Serra da Nogueira (aldeia de Fontes Barrosas- 41º48'N; 6º50'W), a 1300 m de altitude, percorre cerca de 25 km, atravessa a cidade de Bragança, sendo, por isso, classificado como um rio urbano e desagua no Rio Sabor, cerca de 7 Km a jusante de Bragança (Fig. 9). Esta região apresenta clima mediterrânico, com as fortes variações intra e interanuais de precipitação (IPMA, 2018). Consequentemente, o rio desenvolve um regime hidrológico torrencial, com grandes variações de caudal em consonância com o regime de precipitações.

Na sub-bacia hidrográfica do Rio Fervença existem fontes de contaminação difusa e pontuais (e.g. oriundas das práticas agrícolas) e principalmente presentes a montante da cidade de Bragança. Mas é no interior da cidade, que se registra um aumento da contaminação orgânica proveniente de fontes pontuais, sendo este fenómeno particularmente forte a jusante da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), onde as águas residuais da cidade após tratamento secundário são lançadas diretamente no rio.

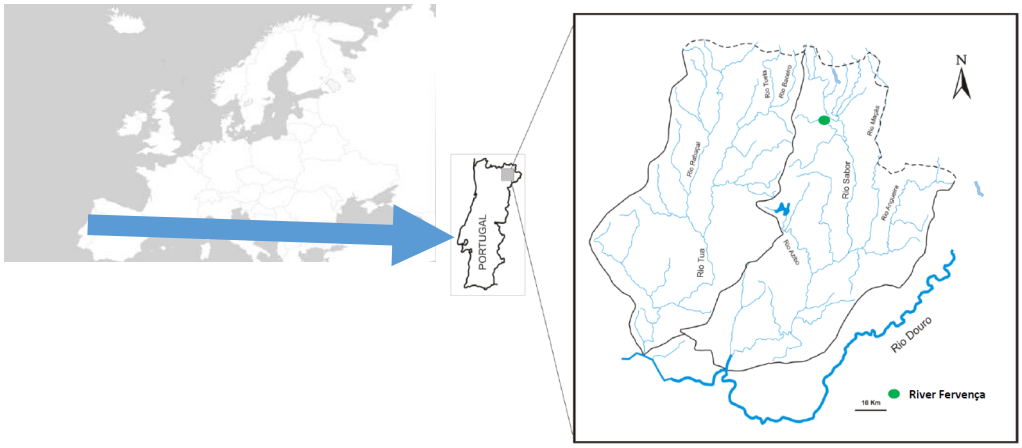


Figura 9 - Localização geográfica do Rio Fervença (lado esquerdo); limitação da sua bacia hidrográfica.

O troço do rio, onde foram colocados os substratos artificiais, localiza-se na zona mais contaminada, próxima da aldeia de Alfaião (41º46' N; 6º43'; altitude 513 m) a jusante da ETAR ($41^0$48'N e $06^0$44'W). De salientar, que neste troço, junto ao rio, existe uma exploração de suinicultura extensiva com cerca de 100 animais. A profundidade da água neste troço de rio varia entre 0,3 a 1,0 m. A vegetação ripícola é composta por amieiros (*Alnus glutinosa)*, choupos (*Populus* sp.) freixos (*Fraxinus angustifolius*) e salgueiros (*Salix* sp.). As zonas de menor profundidade são colonizadas por espécies de macrófitas aquáticas, destacando-se *Alisma lanceolatum*, *Potamogeton natans* e *Potamogeton nodosus*. De acordo com o Índice de Qualidade do Bosque Ribeirinho - QBR (MUNNE et al., 1998) a qualidade da vegetação ripícola é considerada aceitável, embora ocorram indícios de alterações importantes. Relativamente ao estado do canal, a aplicação do Índice do Grau de Qualidade do Canal - GQC (CORTES et al., 1999) indica a ocorrência de alterações importantes, sobretudo devido à acumulação

de sedimentos finos que provocam a colmatação do leito do rio, impedindo a normal instalação de biofilme. Neste troço de rio não têm sido detetadas espécies piscícolas.

Substratos artificiais para colonização de biofilme

Rio do Cabelo

Os substratos artificiais utilizados foram construídos por garrafas de pet, suspensas por fios de *nylon* em módulos de 1,5 por 1,5 m de largura (Fig. 10). Estes substratos foram colocados em 3 locais com profundidade superior a 0,6m: na lagoa que recebe o esgoto dos presídios foram colocados dois módulos (antes do P1) (Fig. 4A); numa zona que apresentava elevada densidade de macrófitas flutuantes (*Eichornnia crassipes*) foi colocado um módulo (P4) (Fig. 10B); e no troço entre a Associação Atlética do Banco do Brasil (AABB) e a Escadaria da Penha (P5) foram também colocados dois módulos (Fig. 4C).

Os módulos (1,5 x 1,5 m) continham 6 bandas de polietileno, com pesos na parte inferior, de forma a não flutuarem, e foram colocados em período chuvoso (no mês de Agosto) em situação sem macrófitas, porque estas foram arrastadas para jusante pelas chuvas, no entanto, a água apresentava uma tonalidade escura.



Figura. 10 - Instalação dos substratos artificiais na lagoa de esgoto do presídio (A), no P4 (B) e no P5 (C) para colonização de biofilme utilizados no Rio do Cabelo, João Pessoa, PB, Brasil, em Agosto de 2017. Fotos - Acervo dos autores.

Rio Fervença

À semelhança dos substratos utilizados no Rio do Cabelo, foram construídos 5 módulos em PVC com 1,5m X 1,5m. Nestas estruturas foram colocadas, na vertical, 6 bandas de polietileno com 1,0m X 0,5m com 200µm de espessura, perfazendo uma área total de 15 m^2. As bandas de polietileno foram mantidas na vertical com o auxílio de pequenos pesos que foram colocados nas extremidades inferiores das bandas. As estruturas de PVC que suportam as bandas de polietileno foram ancoradas ao leito do rio com o auxílio de pedras, aí existentes presas umas às outras e colocadas de modo a seccionar todo o canal na horizontal (Fig. 11).



Figura 11 - Substratos artificiais para colonização de biofilme, utilizados no Rio Fervença, Portugal. Foto - Acervo dos autores (2018).

Variáveis físicas e químicas

No Rio do Cabelo foi analisado o fósforo total, pelo método de digestão do persulfato, o azoto amoniacal pelo método do fenol, estas análises foram realizadas segundo os métodos descritos em APHA (CLESCERI et al., 1998). Foram realizadas amostragens antes e após a instalação dos substratos para biofilme e comparadas ao longo do tempo.

No Rio Fervença, previamente à instalação das estruturas, em Fevereiro, Maio e Junho de 2018, foram efetuadas medições *in situ* de temperatura da água, condutividade, sólidos dissolvidos totais (TDS), pH e oxigénio dissolvido (DO). Estes parâmetros foram determinados com uma sonda multiparamétrica HANNA HI9828. Para determinação das concentrações de nitratos, amónia, azoto total, fosfatos (SRP), fósforo total e clorofila *a*, foi recolhida uma amostra integrada da coluna de água. O ortofosfato é a fração dos compostos solúveis de fósforo da fase dissolvida. O método analítico utilizado na determinação do fósforo solúvel reactivo (ortofosfato) foi o de Murphy & Riley (1962). As concentrações de ortofosfato são determinadas pela medição das absorvâncias das amostras a 885 nm. Para a determinação do fósforo total foi utilizada a mesma metodologia analítica, mas a amostra foi previamente sujeita a uma digestão ácida em persulfato de potássio. Para a determinação da concentração dos nitratos nas amostras, foi utilizado o método de ácido cromotrópico. Para a determinação do azoto total foi realizada previamente uma digestão ácida com persulfato de potássio com o objetivo de converter as formas de azoto em nitrato. Após o processo foi aplicado o método de ácido cromotrópico para determinar as concentrações de azoto total (West & Ramachandran, 1966). Em laboratório, para cada variável foram realizadas análises em três réplicas.

Os valores obtidos para cada parâmetro, em Fevereiro, Maio e Junho de 2018, foram comparados com os valores registados nos mesmos locais no passado, especificamente em 2006 e 2013. Como pressuposições de normalidade e homocedasticidade

não se verificaram para estas amostras, as diferenças existentes foram avaliadas estatisticamente através da aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis consideradas significativas quando $p<0,05$. O programa utilizado foi IBM SPSS Statistics 20. Após a estabilização do biofilme nos substratos artificiais (em Julho de 2018) recolheram-se novamente amostras de água a montante e a jusante dos módulos para fixação de biofilme, para análise laboratorial desses parâmetros.

Coleta da ictiofauna

A assembléia íctica foi caracterizada a partir de coletas realizadas bimensalmente, através de diferentes artes de pesca (redes de malha 15, 25, 35 mm), além de tarrafas e redes de arrasto.

Após as coletas, os exemplares foram fixados com formol a 10%, acondicionados em recipientes de vidro, etiquetados e transportados para o Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA) do Departamento de Sistemática e Ecologia/Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Universidade Federal da Paraíba (DSE/CCEN/UFPB) para posterior triagem.

No LABEA foi feita a identificação taxonômica das espécies coletadas, segundo a literatura especializada (BRITISKI, *et al.*, 1984; PLOEG, 1991; GOMES-FILHO, 1999; MENEZES e FIGUEIREDO, 1980). Em seguida, alguns representantes de cada espécie foram conservados em álcool a 75%, encaminhados e registrados na Coleção Ictiológica da UFPB.

No Rio do Cabelo não foi realizada coleta no P1, em virtude de não haver peixes presentes. Estes organismos só foram observados a partir do P2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições ambientais antes e após a inserção dos substratos artificiais para o biofilme no Rio do Cabelo, Brasil

A zona de cabeceira no Rio do Cabelo (P1) é a que apresenta maior impacto ambiental devido ao lançamento direto de esgotos. Consequentemente, este local é o que apresenta maior concentração de nutrientes, diminuindo a partir daí, em consequência da capacidade de autodepuração que o rio apresenta. Em 2016, antes da instalação do biotratamento (colocação de substratos artificiais), as concentrações de fósforo total variaram de 2387,0 a 116,0 $\mu g.L^{-1}$. Em 2017, após a colocação dos substratos artificiais, a concentração de fósforo total diminui, sobretudo nos locais situados a jusante de P1, tendo variado entre 2700,0 e 30,0 $\mu g.L^{-1}$ (Fig. 12), com maior frequência de amostras com baixas concentrações de fósforo total.

As concentrações de nitrogénio amoniacal, também diminuíram variando de 5324,0 a 2256,0 $\mu g.L^{-1}$, antes da colocação dos substratos artificiais para 3200,0 a 280,0 $\mu g.L^{-1}$ após a sua colocação (Fig. 13). Contrariamente ao verificado para o fósforo total, mesmo no local P1, que recebe a descarga *in natura* de esgoto foi possível registar uma diminuição da concentração de nitrogénio amoniacal.

A melhoria da qualidade ecológica do rio resultou no aumento da riqueza específica de peixes presentes no Rio do Cabelo, após a colocação de substratos artificiais, principalmente registada no curso médio e na foz do Rio do Cabelo (aumento de 6 para 15 espécies). (Fig. 14).

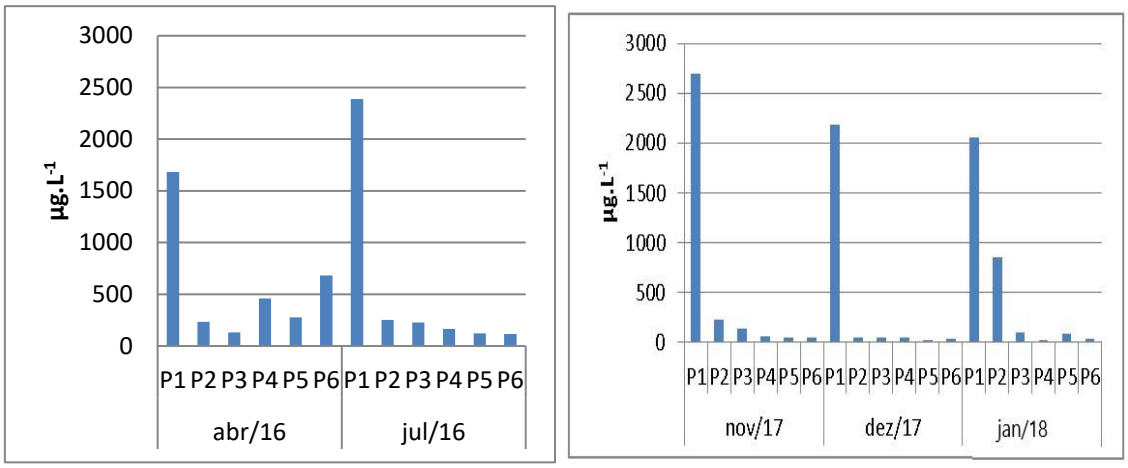


Figura 12 – Concentrações de fósforo total nos seis pontos amostrais do Rio do Cabelo, antes (2016) e após a biorremediação com biofilme (2017/18). Fonte - Marinho (2018).

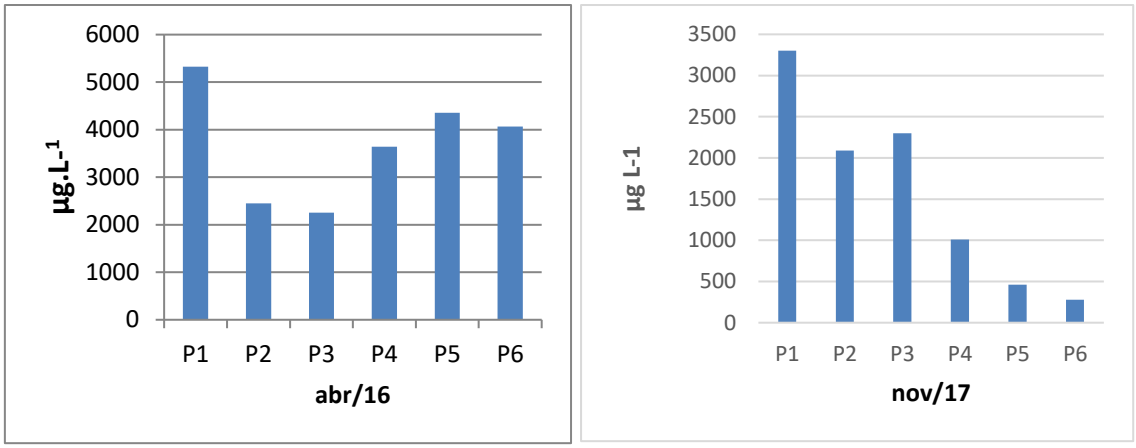


Figura 13 – Concentrações de nitrogénio amoniacal, antes (abr/16) e após (nov/17) a instalação dos substratos artificiais no Rio do Cabelo, João Pessoa, PB, Brasil. Fonte - Marinho (2018).

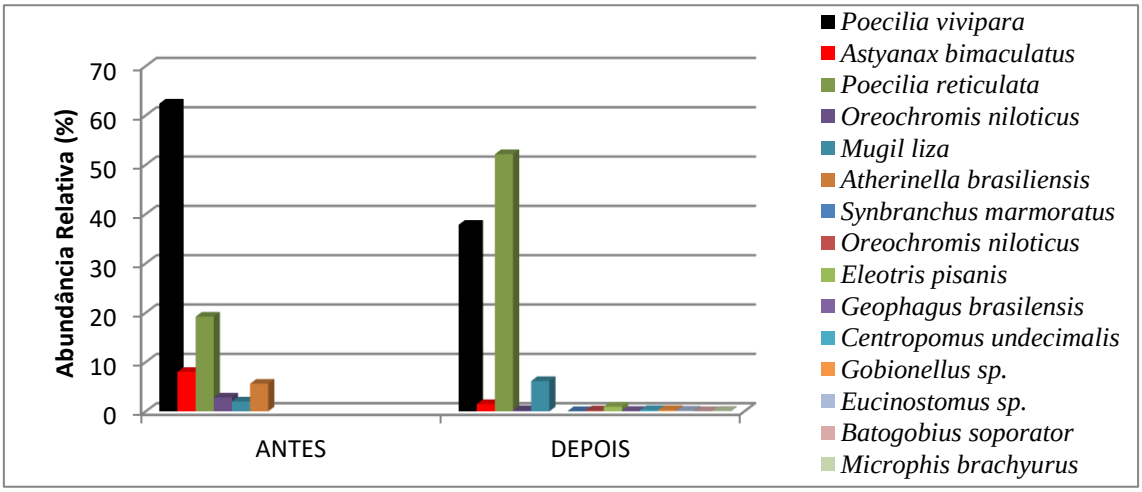


Figura 14 – Espécies de peixes encontradas no Rio do Cabelo antes e após a colocação de substratos artificiais para o biofilme. Fonte - Marinho (2018).

O aumento das espécies de peixes no Rio do Cabelo foi observado principalmente nos pontos P5 e P6, mais próximos da foz. O rio saindo para o mar com melhor qualidade ambiental favoreceu a entrada de espécies marinhas, para reprodução (visto que a maioria coletada, pelo tipo de apetrecho, era juvenil).

O reflexo da melhoria da qualidade ecológica do ecossistema fez-se sentir também na restauração do mangue, que após um ano, começou a brotar na foz do Rio do Cabelo (Fig. 15).



Figura 15 – Brotamento de espécies de mangue, na foz do Rio do Cabelo, 12 meses após a instalação dos substratos artificiais (A); mangue mais crescido 40 dias depois (B).

Condições ambientais antes e após a inserção dos substratos artificiais para o biofilme no Rio Fervença, em Bragança, Portugal

Situação antes da instalação dos substratos artificiais

Na tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos em 2006 (colheitas realizadas bimensalmente entre Fevereiro de 2006 e Janeiro de 2007- Plano Verde Bragança, 2008) em 2013 (colheitas realizadas sazonalmente – Rodrigues 2013) e as realizadas no âmbito do presente trabalho, antes da instalação dos substratos artificiais para o biofilme. Comparando os resultados, verifica-se que as características físicas e químicas da água neste troço têm sido sempre idênticas, isto é, sem diferenças significativas ao longo do tempo. De salientar as concentrações sempre elevadas das diferentes formas de fósforo (de acordo com Wetzel (2001) as concentrações de fósforo total em águas não poluídas variam entre 10 e 50 µg l^{-1}). De realçar também os valores muito baixos de oxigénio dissolvido observados em grande parte das amostragens. Por outro lado, os valores registados para a condutividade foram também mais elevados do que seriam de esperar na categoria de cursos de água de baixa ordem nesta região de Portugal.

Parâmetros	2006-2007 (n= 6)	2013 (n=4)	2018 (n=3)	Significância
Condutividade (µS cm^{-1})	275-636 (443±166)	200-480 (325±82,8)	290-311 (301±14,8)	NS
TDS (mg/l)	138-318 (16,3±3,8)	100-240 (163±41,4)	145-155 (150±7,1)	NS
Oxigénio Dissolvido (mg /l)	3,7-9,0 (5,4±2,5)	4,0-8,5 (6,0±1,1)	10-6 (8,0±2,8)	NS
Temperatura (°C)	10,4-18,8 (15,6±3,6)	8,5-20 (12±4,2)	6,7-16,2 (11,5±6,8)	NS
pH	6,8-7,4	7,0-7,9	7,6-8,0	NS
Nitratos (µg.L^{-1})	0,00-4,250,0 (2960±2510)	-	1400-3800 (2600±1700)	NS
Azoto total (µg.L^{-1})	-	3,0-4,0 (3,5±0,5)	1,9-5,0 (3,5±2,2)	NS
Fosfato (µg.L^{-1})	0,32-2,53 (1,49/1,26)	-	0,4-0,5 (0,5/0,1)	NS
Fósforo total (µg.L^{-1})	-	500-2500 (1500/1000)	800-1400 (1100/400)	NS

NS não significativo para p<0,05

Tabela I - Valores máximos e mínimos e (média ± desvio padrão) das variáveis físico-químicas estudadas em 2006/2007, 2013 e 2018 antes da instalação dos substratos artificiais

Situação após a instalação dos substratos artificiais

A primeira colheita após a instalação das estruturas teve lugar em 24 Julho de 2018, um mês após a instalação das mesmas, quando o bioflme já estava completamente estabelecido nas bandas de polietileno. Na Figura 16 são apresentadas as diferentes etapas de colonização do biofilme, na primeira poucos dias após a instalação os plásticos ficaram repletos de hirudinea, e com algumas microalgas, 30 dias depois o biofilme estava completamente instalado. No presente trabalho são apenas apresentados os resultados referentes às análises físicas e químicas da água realizadas a montante e jusante das estruturas em Julho de 2018. A velocidade da água a montante, no interior e a jusante das estruturas apresenta respectivamente os seguintes valores médios: (1) montante das estruturas 0,040 m/s; (2) interior das estruturas 0,005 m/s e (3) jusante das estruturas 0,095 m/s. O facto da velocidade da água ser muito reduzida no interior das estruturas poderá facilitar a absorção de nutrientes por parte da comunidade autotrófica constituinte do biofilme, estabelecida nas bandas de polietileno (MARIÑELARENA e Di GIORGI 2001).



Figura 16 - Evolução da colonização dos substratos artificiais (bandas de polietileno) no rio Fervença, Portugal. Junho de 2018 no início do ensaio 3 dias depois das estruturas terem sido colocadas no rio, (A) e Julho de 2018 quando da primeira amostragem, com o biofilme já instalado (B).

Apesar dos dados disponíveis serem ainda muito escassos (apenas uma colheita), existem evidências de

redução das concentrações de alguns parâmetros, como nitrato, nitrogénio total, fósforo total e fosfato e aumento de oxigênio dissolvido a jusante da colocação dos substratos artificiais (Tab. 2). Todas estas alterações são indicadoras de melhoria na qualidade de água. De salientar que em sistemas aquáticos onde foram realizadas experiências semelhantes os autores verificaram a ocorrência de redução do fósforo e do nitrogénio (JÖBGEN et al., 2004; SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, 2007; CRISPIM et al., 2009; LU et al., 2014; HE et al., 2017; WU 2017; MA, 2018).

Considerações finais, perspectivas, limitações e desafios futuros

Vários autores demostraram através de experiências "*in situ"* ou "*ex situ"*, em lagos e rios, que a utilização de substratos artificiais para aumento do habitat do biofilme, tem como efeito a redução do fósforo e de algumas formas de nitrogénio na coluna de água, tendo assim, um impacto positivo na qualidade da água, e consequentemente, na qualidade ecológica.

Ao contrário de muitas outras técnicas de remediação da eutrofização como a adição de cobre, de peróxido de hidrogénio e a utilização de herbicidas (LU et al., 2014; WU et al.,2014; 2017) o incremento do habitat para o biofilme, através da colocação de substratos artificiais, é uma técnica sustentável e de baixo custo. Outras técnicas de remediação, testadas experimentalmente, como o uso de esponjas como substrato para o biofilme (e.g. Ma, 2018), demonstraram também a eficiência desta comunidade na retirada de nutrientes da água.

Levando em consideração os resultados obtidos nos dois sistemas em análise, apesar de experimentos distintos, com análise temporal e espacial diferentes, é possível verificar indícios de eficácia desta técnica na redução de nutrientes, que causam eutrofização, como os compostos nitrogenados e fosfatados, o que demonstra melhoria na qualidade de água e o potencial de uso desta comunidade do biofilme. Além disso, o aumento das concentrações de oxigênio promovidas pelo biofilme, favorece a capacidade de autodepuração dos sistemas aquáticos (ANDRADE, 2010), fornecendo mais oxigênio para a microbiota decompositora, e evitando deplecção de oxigênio em água mais profundas (WETZEL , 2001).

Parâmetros	Montante	Jusante
Condutividade (µS cm^{-1})	429,0±1,0	428,0±0,9
TDS (mg/l)	215,0±1,0	214,0±0,8
Oxigénio Dissolvido (mg /l)	2,3±0,2	2,8±0,3
Oxigénio Dissolvido %	26,5±1,0	32,5±0,8
Temperatura (°C)	19,4±0,1	19,5±0,1
pH	7,1-7,3	7,1-7,4
Nitratos (mg /l)	5,2±1,6	1,9±0,4
Nitrogénio total (mg/l)	15,0±3,6	7,6±1,4
ortofosfato (mg /l)	0,9±0,06	0,8±0,4
Fósforo total (mg/l)	1,0±0,06	0,9±0,06

Tabela II - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos obtidos em Julho de 2018 a montante e a jusante da colocação dos substratos artificiais.

Apesar da degradação ambiental dos dois sistemas em análise ter como consequência uma simplificação dos processos ecológicos presentes, causados pela redução da biodiversidade devido à degradação do habitat, tem-se noção dos desafios inerentes à possibilidade de comprovação da técnica utilizada. A complexidade de qualquer ecossistema aquático, a complexidade da comunidade do biofilme e as complexas interações entre fatores ambientais (e.g. pH, luz, corrente aquática, nutrientes, temperatura,

sedimentação e hidrologia) e biológicos (e.g. parasitismo, predação, herbivoria e competição) que também influenciam esta comunidade, são ainda mal conhecidos, facto que por si poderá condicionar a aplicação desta técnica em larga escala (WU, 2017; RIBEIRO CASARTELLI e FERRAGUT 2018). No entanto, o facto de apresentar resultados positivos, tanto em uma região tropical quanto em uma temperada, com sistemas aquáticos sujeitos a diferentes temperaturas, já é promissor.

Outro fator que pode também condicionar a aplicabilidade desta técnica são os aspetos logísticos inerentes à colocação/remoção de grandes quantidades de substratos e também os impactos em toda a dinâmica do ecossistema decorrentes do crescimento em larga escala de biofilme (JÖBGEN et al., 2004). No entanto, nos sistemas em análise, é possível que os impactos referidos por estes autores possam ser pouco significativos. Se considerar-se a degradação global dos ecossistemas em análise (detetada pelos valores reduzidos de Oxigénio Dissolvido, no caso do Rio Fervença e as elevadas concentrações de fósforo e de nitrogénio presentes nos dois sistemas, assim como a ausência de peixes no troço analisado do Rio Fervença), pode-se concluir que a incrementação do biofilme poderá ser benéfica na autodepuração dos sistemas. A aplicação desta tecnologia (com o uso do polietileno como substrato) por vários autores (e.g. SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, 2007; OLIVEIRA e CRISPIM; 2017) em ecossistemas muito degradados (eutróficos ou hipertróficos) é utilizada por ser sustentável e de baixo custo. No entanto, a sua utilização por longos períodos, pode ter impactos ambientais negativos causados pela dispersão e perda de algumas bandas plásticas. Em um reservatório do semiárido brasileiro em que foram utilizados estes módulos de plástico, Pérez (2015) verificou que ao fim de 8 meses os mesmos começaram a degradar-se, sendo, dessa forma, proposto realizar a troca destes módulos no máximo em 6 meses. Para ambientes lóticos ainda não se tem esse conhecimento. Em vista disso, alguns autores aconselham a utilização de substratos biodegradáveis (CAO et al., 2012; WU et al., 2014) que quando retirados possam ser utilizados como fertilizantes na agricultura.

Apesar das análises terem sido realizadas de forma distinta, na região tropical em todo o rio, com análises ao longo do tempo e na região temperada num troço do rio e com análise a montante e jusante do biotratamento, e em apenas um período amostral, em termos gerais, os resultados preliminares obtidos nos dois rios podem ser considerados promissores. O biofilme que coloniza e se desenvolve nos substratos artificiais é típico de cada ecossistema aquático, não havendo qualquer tipo de manipulação biológica. Por outro lado, a presença de biofilme favorece o ressurgimento de outras espécies aquáticas (comprovado no Rio do Cabelo) via melhoria da qualidade ambiental, cadeia trófica e disponibilidade de habitat. Desta forma, para além de melhorar a qualidade de água, o biofilme pode contribuir para uma maior integridade ecológica destes sistemas (i.e.maior qualidade ecológica), podendo ser aplicado este tipo de biotratamento por instituições governamentais, como Câmaras Municipais e secretarias de Meio Ambiente, ou pessoas individuais, por exemplo, ribeirinhos que queiram auxiliar na restauração dos rios.

Ao final dos dois experimentos, os módulos de cortinas de plástico foram retirados dos ambientes, para evitar impactes ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelas bolsa concedida a Randolpho Savio Marinho (mestrado), à FAPESQ-PB (Fundação de Apoio à

Pesquisa do Estado da Paraíba), pela bolsa de doutorado concedida a Flávia Martins Franco de Oliveira, e a Nelson Preto, proprietário da Quinta das Poldras- Alfaião, por todas as facilidades concedidas para a realização do trabalho experimental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.N. 2010. Autodepuração dos corpos d'água. Revista da Biologia. 5: 16-19. (doi-10.7594/revbio)

CAO, W.; ZHANG, H.; WANGA Y. & PAN, J. Z. 2012. Bioremediation of polluted surface water by using biofilms on filamentous bamboo. Ecological Engineering, 42:146– 149.

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. & EATON, A.D. 1998. Standard Methods for the examination of water and wastewater**.** American Public Health Association, APHA 20th.ed., Washington.

CORTES, R.; TEXEIRA, A.; CRESPI, A.; OLIVEIRA, S.V.; VAREJÃO, E. & PEREIRA, A. 1999. Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Cávado. 1ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Diagnóstico Preliminar, 1º Vol, Ministério do Ambiente.

CRISPIM, M.C.; VIEIRA, A.C.B.; COELHO, S.F.M. & MEDEIROS, A.M.A.2009. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming, Acta Limnologica Brasiliensia. 21(4): 387-91. (doi-dxdoi.org/10.1590/S2179-97sx6114).

DIRECTIVA 2000/60/CE. 2000. Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. Jornal Oficial das Comunidades Europeias de 22/12/00 L327.

HE, H.; LUO X,; JIN H, GU J. JEPPESEN, E.; LIU Z. & LI, K. 2018. Effects of exposed artificial substrate on the competition between phytoplankton and benthic algae: implications for shallow lake restoration. Water, 9: 24. 2017. doi:10.3390/w9010024 IPMA . Boletins Climatológicos. http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (acessado em 25 de Setembro de 2018).

JÖBGEN A.M.; PALM, A. & MELKONIAN, M. 2004. Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. Hydrobiologia 528: 123–142.

LU H, YANG L, ZHANG S. & WU Y. 2014. The Behavior of Organic Phosphorus under Non-Point Source Wastewater in the Presence of Phototrophic Periphyton. PLoS ONE 9(1): e85910. (doi:10.1371/journal.pone.0085910).

MA, D. ; CHEN S ; LU J & SONG Y. 2018. Study on the Effect of Periphyton on the Water Quality of Eutrophic Lakes. Water Air Soil Pollut. 229: 209.

MARIÑELARENA, A. J. & Di GIORGI, H. D. 2001. Nitrogen and phosphorus removal by periphyton from agricultural wastes in artificial streams. Journal Freshwater Ecology, 16, 347–353.

MUNNE, A.; SOLA, C. & PRAT, N. 1998. Un índice rapido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnología del Agua: artículos técnicos. 175: 20-37.

MURPHY, J. & RILEY, J. P.1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Annal. Chem. Acta. 27, 31-36.

OLIVEIRA A. G. & CRISPIM M.C. 2017. Water systems' revitalization: interventions adopted in aquatic ecosystems in Brazil and worldwide. Gaia Scientia, 11: 297-306 . (doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n1.37840)

PLANO VERDE BRAGANÇA. 2008. Plano Verde da Cidade de Bragança. Câmara Municipal de Bragança/Instituto Politécnico de Bragança.

RIBEIRO CASARTELLI, M. & FERRAGUT, C. 2018. The effects of habitat complexity on periphyton biomass accumulation and taxonomic structure during colonization. Hydrobiologia 807:233–246.

RODRIGUES, V.C.R. 2013. Rio Fervença: efeitos da perturbação no ecossistema. Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Instituto Politécnico de Bragança.

SASSI, R.; OLIVEIRA, B.R.; ARAÚJO, M.E.; MOURA G. F.; MELO, J.A. & MELO, G.N. 1997. Estudo integrado das lagunas costeiras do Estado da Paraíba. João Pessoa. (Relatório Técnico Final).

SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, A. 2007. Succession of periphyton developing on artificial substrate immersed in polysaprobic wastewater reservoir. Polish J. of Environ. Stud. 16:753-762. (doi-10.5244/pjoes/87099)

VYMAZAL, J. 1988. The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams. Hydrobiologia, 166, 225–237.

WEST, P.W. & RAMACHANDRAN, T.P. 1966. Spectrophotometric determination of nitrate using chromotropic acid. Analytica Chimica Acta 35:317–324. 1966.

WETZEL, R. G. 2001. Limnology - Lake and River Ecosystems. Academic Press, New York.

WU, Y. 2017. Periphyton: Functions and application in environmental remediation. Elsevier Inc. All.

WU, Y., XIA, L., YU, Z., SHABBIR, S. & KERR, P.G. 2014. In situ bioremediation of surface waters by periphyton. Bioresource Technology 151: 367–72 . (doi.org/10.17632)

Capítulo 20

Reinventando os espaços escolares como estratégia para promoção da cultura da sustentabilidade no contexto do ecossistema babitonga

REINVENTANDO OS ESPAÇOS ESCOLARES COMO ESTRATÉGIA PARA PROMOÇÃO DA CULTURA DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO ECOSSISTEMA BABITONGA

Vanessa Cristina Melo Randig[1], Marlene Terezinha Zimmer[2], Lesani Zerwes Becker[3], Rosane Mari dos Reis[4] & Maéle Cardoso Ávila[5]

[1] Secretaria de Educação do Município de Joinville, SC, Rua Itajaí, 390 - Joinville, SC, Brasil, CEP: 89201-090, vanessa.melo@joinville.sc.gov.br
[2] Secretaria de Educação do Município de Joinville, SC, Rua Itajaí, 390 - Joinville, SC, Brasil, CEP: 89201-090, marlenemalschitzky@gmail.com
[3] Secretaria de Educação do Município de Joinville, SC, Rua Itajaí, 390 - Joinville, SC, Brasil, CEP: 89201-090, lesani@joinville.sc.gov.br
[4] Secretaria de Educação do Município de Joinville, SC, Rua Itajaí, 390 - Joinville, SC, Brasil, CEP: 89201-090, rosanee_mari@hotmail.com
[5] Secretaria de Educação do Município de Joinville, SC, Rua Itajaí, 390 - Joinville, SC, Brasil, CEP: 89201-090, maele.avila@joinville.sc.gov.br

RESUMO

Este artigo tem por objetivo apresentar as experiências vivenciadas nos Centros de Educação Infantil da Rede Municipal de Ensino de Joinville com a implantação do Programa Reinventando o Espaço Escolar, iniciado em 2009, com a publicação das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Infantil (DCNEI), que apontam a necessidade de as instituições de educação infantil proporcionarem às crianças experiências significativas, que permitam a imaginação, criatividade, observação e pesquisa, convivendo com o meio natural e assim promover seu desenvolvimento global. Joinville está localizada na região norte do estado de Santa Catarina, Brasil, margeando um dos mais importantes complexos estuarinos do estado, a baía da Babitonga, cujo entorno abriga importantes remanescentes de Mata Atlântica e cerca de 75% dos manguezais catarinenses, caracterizando-se como o último grande remanescente deste ecossistema em seu limite de distribuição no Atlântico Sul. São cerca de 160 km² de lâmina d'água, contornada por três importantes ecossistemas brasileiros do bioma mata atlântica: floresta ombrófila, restinga e manguezal. É refúgio de aves, peixes e golfinhos, e proporciona condições favoráveis à pesca, ao turismo e às atividades econômicas de grande escala. Tributário da baía da Babitonga, o município de Joinville concebeu e vem implementando um importante projeto pedagógico, "a reinvenção dos espaços escolares como espaços educadores sustentáveis", com o objetivo de promover a cultura da sustentabilidade no âmbito do ensino formal, experiência inicialmente desenvolvida na educação infantil e em processo de ampliação para o ensino fundamental, com vista à formação de uma cidadania ambiental protagonista, capaz de colaborar na preservação do ecossistema da Babitonga.

Palavras-chave: espaços educadores sustentáveis, baía da Babitonga, criança, ressignificar.

REINVENTING SCHOOL SPACES AS A STRATEGY TO PROMOTE SUSTAINABILITY CULTURE IN THE CONTEXT OF THE BABITON ECOSYSTEM

ABSTRACT

This article aims to present the experiences of the Early Childhood Education Centers from the Joinville Municipal Teaching Network with the implementation of the Reinventing School Space Program, initiated in 2009, with the publication of the National Curriculum

Guidelines for Early Childhood Education, which points out the need of children's education institutions to provide for the children meaningful experiences that allows imagination, creativity, observation and research, for them to coexist with the natural environment and thus promote their overall development. Joinville is located in the northern region of the state of Santa Catarina, Brazil, bordering one of the most important estuarine complexes in the state, the bay of Babitonga, whose surroundings are home to important Atlantic Forest remnants and about 75% of the mangroves in Santa Catarina, being the last great remnant of this ecosystem in its distribution limit in South Atlantic. There are about 160 km² of water surface, surrounded by three important Brazilian ecosystems of the Mata Atlântica biome: rainforest, restinga and mangrove. It is a refuge for birds, fishes and dolphins, and provides favorable conditions for fishing, tourism and large-scale economic activities. Tributary of the bay of Babitonga, the city of Joinville has conceived and implemented an important pedagogical project, "reinventing school spaces as sustainable educational spaces", with the aim of promoting a culture of sustainability within formal education, experience that was firstly developed in children's education and that is now in the process of being extended to elementary education, aiming the formation of a protagonist environmental citizenship, capable of collaborating in the preservation of the ecosystem of Babitonga.

Keywords: sustainable educative spaces; Babitonga bay; child; resignify.

INTRODUÇÃO

O Programa "Reinventando o Espaço Escolar" se constitui com o propósito de atender ao disposto nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Infantil (DCNEI, 2009) e outras diretrizes nacionais que corroboram para a implantação de espaços educadores sustentáveis, conforme previsto no art. 21 da RESOLUÇÃO nº 2, de 15 de junho de 2012, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, que preconizam:

> Os sistemas de ensino devem promover as condições para que as instituições educacionais constituam-se em espaços educadores sustentáveis, com a intencionalidade de educar para a sustentabilidade socioambiental de suas comunidades, integrando currículos, gestão e edificações em relação equilibrada com o meio ambiente, tornando-se referência para seu território. (MEC, 2012, p.7).

Sobre o currículo, busca atender ao que estabelece a RESOLUÇÃO nº 4, de 13 de julho de 2010, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, no que se refere à necessidade de a Educação Básica repensar a concepção e organização do espaço curricular e físico, de modo que se imbriquem e alarguem, incluindo espaços, ambientes e equipamentos, não apenas as salas de aula da escola.

Nessa perspectiva, o currículo é entendido como o conjunto de experiências escolares que se desdobram em torno do conhecimento, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes com os conhecimentos historicamente acumulados e contribuindo para construir as identidades dos educandos. Essa organização do percurso formativo, compreendido como aberto e contextualizado, deve levar em consideração as peculiaridades do meio e as características, interesses e necessidades dos estudantes, incluindo também, de modo flexível e variável, outros componentes curriculares, além dos obrigatórios, previstos na legislação e nas normas educacionais.

Ainda de acordo com este documento, a ampliação e diversificação dos tempos e espaços curriculares pressupõem profissionais da educação dispostos a inventar e construir a escola de qualidade

social[22], com responsabilidade compartilhada com as demais autoridades que respondem pela gestão dos órgãos do poder público, na busca de parcerias possíveis e necessárias, assim como prevê o Plano de Metas Compromisso todos pela Educação[23], até porque educar é responsabilidade da família, do Estado e da sociedade.

Nesse sentido, cabe às escolas desempenhar o papel socioeducativo, artístico, cultural, ambiental, fundamentadas no pressuposto do respeito, da sustentabilidade e da valorização das diferenças, entre outras, de condição física, sensorial e sócio emocional, origem, etnia, gênero, classe social, contexto sociocultural, que dão sentido às ações educativas, enriquecendo-as, visando à superação das desigualdades de natureza sociocultural e socioeconômica.

Privilegiar essas dimensões significa a revisão dos ritos e ritmos escolares e a ampliação do papel da instituição escolar e dos educadores, adotando medidas proativas e ações preventivas.

Assim, o programa "Reinventando o Espaço Escolar", com base nas orientações curriculares[24] peculiares aos diferentes níveis de ensino, nas necessidades ambientais e socioculturais de cada comunidade escolar e nas expectativas inerentes às fases etárias dos estudantes objetiva ampliar, criar e diversificar os espaços escolares de modo que a gestão do currículo escolar represente subsídio para que a gestão da escola avance numa perspectiva centrada na abordagem interdisciplinar, mediante interlocução entre os diferentes campos do conhecimento e busca da reflexão crítica e propositiva da comunidade escolar na transformação dos espaços físicos das escolas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Guiado pelo marco legal e base conceitual que orienta a educação infantil no país e mediado pela intenção de construir uma matriz pedagógica capaz de promover a cultura da sustentabilidade, o Setor de Educação Infantil da Secretaria de Educação de Joinville desenvolveu um plano de trabalho para entender como, até então, ocorriam as práticas pedagógicas nos Centros de Educação Infantil (CEIs). Este plano desenvolveu-se em três fases: A 1ª etapa gerou uma grande reflexão relacionada aos espaços externos das unidades, que precisavam ser repensados para proporcionar novas descobertas e possibilidades às crianças. O olhar para os espaços externos tornou-se necessário em função da grande demanda de solicitação de parques infantis pelas unidades de educação infantil. Percebeu-se então que, na concepção da equipe gestora e professores, o brincar das crianças se limitava apenas à presença do parque, o que impedia a possibilidade de exploração do espaço como um todo. Simultaneamente, a 2ª etapa aconteceu com a criação de uma comissão formada por profissionais da Secretaria de Educação, articulando os setores de Educação Infantil, Núcleo de Educação Ambiental-NEAM e o Núcleo de Obras, cujo objetivo era verificar e avaliar os espaços externos dos CEIs. Os integrantes da comissão verificaram *in loco* os espaços das 58

[22] Art. 8º A garantia de padrão de qualidade, com pleno acesso, inclusão e permanência dos sujeitos das aprendizagens na escola e seu sucesso, com redução da evasão, da retenção e da distorção de idade/ano/série, resulta na qualidade social da educação, que é uma conquista coletiva de todos os sujeitos do processo educativo. (RESOLUÇÃO Nº 4/ 2010, p.64).

[23] O Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação é a conjugação dos esforços da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, atuando em regime de colaboração, das famílias e da comunidade, em proveito da melhoria da qualidade da educação básica. (LEI 6094/2007).

[24] O conceito de orientação curricular entendida como propulsora de movimento, dinamismo curricular e educacional, de tal modo que os diferentes campos do conhecimento possam se coadunar com o conjunto de atividades educativas. (BRASIL, 2010).

unidades de educação infantil, que atendiam 11.000 crianças de 4 meses a 5 anos, realizando o levantamento de dados sobre os quesitos: brinquedos de parque, qualidade dos equipamentos, arborização e paisagismo, organização, limpeza, acondicionamento dos resíduos e acessibilidade, utilizando como recurso o registro fotográfico de todos os ambientes dos CEIs. Este levantamento resultou em um diagnóstico que foi apresentado aos gestores e coordenadores pedagógicos durante um seminário.

A apresentação dos dados gerou muitas inquietações aos profissionais, afinal, foi necessário reconhecer os espaços que estavam sendo oferecidos às crianças e refletir sobre a aprendizagem e interação que as práticas pedagógicas até então proporcionavam. No entanto, apesar das inquietações, a reflexão sobre a realidade foi imprescindível às mudanças necessárias e iniciou-se, assim, a 3ª etapa, partindo das seguintes reflexões: O que os espaços externos comunicam / possibilitam às crianças? Por que transformar Espaço em Ambiente? Para BARBOSA & HORN (2001), ao pensarmos em espaços para crianças devemos levar em consideração que o ambiente é composto por gosto, toque, sons e palavras, regras de uso do espaço, luzes e cores, odores, mobílias, equipamentos e ritmos de vidas. Também é importante educar as crianças no sentido de observar, categorizar, escolher e propor, possibilitando-lhes interações com diversos elementos.

Após a realização do seminário, em meados de 2010, um desafio foi lançado aos gestores dos CEIs: reinventar os espaços externos das instituições, com a finalidade de sugerir ações, ouvir as crianças, os profissionais, as famílias e a comunidade, de forma que todos participassem da elaboração, execução e manutenção do projeto institucional. Todos os gestores e coordenadores foram orientados quanto à organização dos projetos, implantação de áreas verdes, jardinagem, horta pedagógica, normativas preventivas de segurança relacionadas aos parques e destinação correta de resíduos. Iniciaram-se então as reflexões sobre a intencionalidade pedagógica dos espaços, em um movimento de pesquisas e estudos entre os professores, bem como o acolhimento das ideias construídas junto às crianças e famílias.

Com a premissa de poder possibilitar à criança de pisar descalço e sentir a energia da terra; sentar à sombra das árvores para conversar com amigos; ler ao vento; observar a natureza e aprender sobre as cores do mundo; conhecer os pássaros, borboletas e outros bichos de jardim; acompanhar o desenvolvimento das plantas e dos pequenos ecossistemas; perceber os movimentos do vento, da sombra e da água; sentir o calor do sol e fazer experiência com sua luz; experimentar texturas, odores e sabores; fazer experiências científicas, culinárias e de arquitetura; brincar; fazer arte; realizar obras genuínas; ficar sozinho se assim desejar; correr livremente; subir; rolar; religar-se à natureza, organizou-se um plano de orientação sobre a elaboração e implementação do projeto institucional, visando a revitalização dos espaços em cada unidade escolar. Unindo forças e organizando competências em torno do mesmo objetivo, todos os sujeitos da escola poderiam transformar este espaço, que é transitório na vida dos alunos, num lugar que pode ser habitado e revigorado todos os dias.

Na construção do projeto de revitalização foi fundamental que a equipe gestora (diretor, auxiliar de direção e coordenador pedagógico da unidade) trabalhasse sintonizada, no sentido de criar estratégias que motivassem e movimentassem a comunidade escolar a pensar, planejar e trabalhar unida, na busca de um mesmo objetivo. Essa articulação aconteceu em todas as etapas do processo, desde o planejamento até a execução das propostas de experiências nos espaços.

> Como um dos canais do processo democrático da escola ou de sua gestão democrática, a comunidade deve assumir o protagonismo na planificação da tipologia de escola e diretrizes que a regem, de maneira a reunir esforços para a sua transformação. O seu esforço central não será o de ocupar funções estratégicas ou cargos fictícios na composição de conselhos escolares ou mesmo de executar tarefas no interior da escola e prestar voluntariado, desonerando o Estado de sua devolutiva social, será o de se engajar politicamente na leitura da totalidade da escola. (LIMA & PEREIRA, 2013, p. 73).

Desta forma, cada unidade desenvolveu seu projeto institucional, refletindo sobre seu contexto cultural e ambiental e envolvendo toda a comunidade escolar, transformando os desafios individuais numa proposta coletiva, de rede, nascendo assim, o Programa "Reinventando o Espaço Escolar".

O Programa "Reinventando o Espaço Escolar" é operacionalizado pela Secretaria Municipal de Educação - Setor de Ensino, por meio de apoio técnico e pedagógico aos Centros de Educação Infantil e Escolas de Ensino Fundamental, em seus projetos de espaços físicos pensados na perspectiva de Espaços Educadores Sustentáveis[25], considerando: os desejos e as necessidades dos estudantes em suas especificidades etárias; o currículo; oportunidades de acesso dos estudantes à educação ambiental, esporte, lazer, acessibilidade, cultura e artes; educação digital; promoção da saúde; comunicação e uso das mídias; investigação no campo das Ciências da Natureza; as brincadeiras, o letramento e a literatura; o ambiente escolar pensado numa estética reveladora e valorizadora do potencial produtivo, criativo e expressivo dos estudantes e das suas aprendizagens; o espaço externo como extensão da sala no desenvolvimento do processo ensino e aprendizagem.

Visando a continuidade do programa, a proposta está sendo ampliada para todas as unidades escolares do Ensino Fundamental, cujos profissionais estão sendo contemplados com formações referentes à construção e implementação de projetos pensados para a sua realidade escolar. No entanto, antes de se partir para a intervenção nos espaços, é necessário um minucioso trabalho de reflexão sobre vários fatores que, se não forem considerados, podem alterar a intencionalidade do programa. Desta forma, organizou-se um documento norteador para todas as unidades, orientando sobre as principais etapas a serem observadas na implementação do programa nas demais unidades escolares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento de dados realizado pela Comissão da Secretaria de Educação, no início da proposta, resultou no seguinte diagnóstico: concepção do brincar e espaço oferecido às crianças limitado somente à existência do parque, não oportunizando a autonomia das crianças; estética pensada na perspectiva do adulto, sem expressar a cultura da infância e valorizar suas criações; ambientes repletos de brita, sem possibilidades de experimentação das crianças; pátio sem jardins e sem espaços sombreados por árvores; ambientes utilizados como depósito de materiais diversos ou bicicletários e estacionamento; poucas possibilidades de construção de sentidos e significados sobre as peculiaridades ecossistêmicas do lugar onde se vive. Desta forma, verificou-se a

[25] Espaços educadores sustentáveis são aqueles que têm a intencionalidade pedagógica de se constituírem em referências de sustentabilidade socioambiental, isto é, "espaços que mantêm uma relação equilibrada com o meio ambiente e compensam seus impactos com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, de modo a garantir qualidade de vida para as gerações presentes e futuras. Permitindo maior qualidade de vida, esses espaços educam por si e irradiam sua influência para as comunidades nas quais se situam" (CZAPSKI, S. & TRAJBER, apud BORGES, 2011, p.16).

ausência de espaços educadores sustentáveis nas unidades, bem como de projetos que refletissem sobre os principais ecossistemas presentes no município de Joinville e, principalmente, a falta de conhecimento sobre a Baía da Babitonga.

Diante do desafio lançado aos gestores em 2010, com a participação da comunidade escolar, as unidades elaboraram suas propostas, objetivando ressignificar seus espaços físicos. Desenvolveu-se uma nova cultura entre os professores sobre a exploração de outros ambientes, para além da sala de aula e do parque. Discutiu-se sobre as vivências e experiências que um ambiente repleto de sentidos pode proporcionar no processo de formação e no envolvimento participativo da comunidade escolar. Nesse movimento, os recursos humanos, materiais e financeiros provieram da Secretaria Municipal de Educação, de parcerias com as famílias, comunidade escolar, artistas plásticos locais, universidades, empresas privadas, Associação de Pais e Professores e do Programa Dinheiro Direto na Escola – PDDE Educação Básica, PDDE Acessível e PDDE Sustentável.

No início de 2011, retornando às unidades, a comissão se deparou com muitas e boas surpresas. Várias dificuldades foram superadas, sonhos foram realizados, os espaços externos tornaram-se mais atrativos e acolhedores às crianças, a partir de ações da equipe escolar e da comunidade que contribuiu de alguma forma com a transformação dos ambientes, principalmente a partir da formação de equipes da COM-VIDA (Comissão de Meio Ambiente e de Qualidade de Vida) nos CEIs.

As crianças passaram a se conectar todos os dias com ambientes naturais, se misturando a eles nas brincadeiras com terra, agua, plantas extraindo todo o tipo de experiência com mais criatividade e imaginação. Os brinquedos artificiais foram dando lugar aos materiais não estruturados com maior possibilidade de criação pelas crianças. Todo processo de mudanças de conceitos sobre os espaços, influenciaram o modo de se olhar e de se escutar as crianças em seus interesses e necessidades, e um cotidiano de acolhimento se instalou nos CEIs, no sentido de proporcionar ambientes de encontros, propulsores de autonomia e de respeito aos modos de aprender de cada grupo e de cada criança.

> Como dar força aos encontros que geram alegrias? Uma resposta possível é: acreditando nos desejos das crianças, apostando em sua capacidade de escolha. Nas IEIs, um caminho de favorecer bons encontros é o de possibilitar o contato permanente com o mundo natural, tempo e espaços para brincadeiras ao ar livre. (TIRIBA, 2018, p.36).

Esta nova realidade encontrada serviu de inspiração para prosseguir e avançar, certificando que o caminho já trilhado por alguns, era possível de ser percorrido por toda uma rede. Deu-se assim, um grande passo, no sentido de integrar comunidade e escola, trabalhando por um único e mesmo objetivo: qualificar e humanizar o ambiente escolar como as crianças querem, merecem e precisam.

O trabalho continua a se desenvolver em processos diferentes. Alguns CEIs ultrapassaram suas metas no quesito sustentabilidade, ao criarem no espaço escolar tecnologias sociais simples, possíveis de serem reaplicadas pela comunidade em seus contextos de vida. Outras unidades, em razão de passarem por períodos de reforma, tiveram que demorar-se um pouco mais no processo, mas não deixaram de caminhar.

Para o fortalecimento e continuidade da proposta, a equipe técnica pedagógica da Secretaria de Educação realiza anualmente formações com gestores, professores, funcionários e comunidade, na perspectiva de transformar nossas unidades escolares em Espaços

Educadores Sustentáveis, conforme preconiza a RESOLUÇÃO Nº 2, de 15 de junho de 2012.

Para garantir a consolidação do Programa em todas as Unidades da Rede Municipal de Ensino, em 2015, o Programa "Reinventando o Espaço Escolar" foi incluído no Plano Municipal de Educação, LEI nº 8.043, de 02 de setembro de 2015, com o objetivo de ampliar e diversificar os tempos e espaços curriculares, de modo a oferecer múltiplas possibilidades de aprendizagem.

O Programa direciona cada unidade escolar a repensar seus espaços físicos no conceito da ética da sustentabilidade e da pedagogia participativa de modo a: possibilitar maior acolhimento, segurança, bem-estar e diversidade nas possibilidades de aprendizagem e de integração entre as pessoas; de tornar a unidade escolar fonte de inspirações para a comunidade no uso de tecnologias sociais simples, que gerem economia, consciência no consumo e baixo impacto ambiental como por exemplo com a preparação de hortas orgânicas, e cultivo de pomares e jardins, com a construção de reservatórios de captação de água da chuva e de ar condicionado, com a criação de sistemas de compostagem e de reaproveitamento de resíduos; considerar nas ações cotidianas atitudes pensadas à luz dos 5Rs (refletir, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar) a fim de diminuir o acionamento das cadeias de produção e de consumo, e por consequência o impacto sobre a natureza; transformar os ambientes em fonte de aprendizagens, para as crianças, famílias e comunidade repensarem suas práticas e hábitos diários com relação ao cuidado consigo, com os outros e com o meio ambiente, percebendo no espaço físico escolar as premissas de respeito com as pessoas e com o ambiente, na limpeza, organização, beleza, acessibilidade e propostas que cria para acolher a todos; estimular a convivência e a cooperação entre os sujeitos, oportunizando o encontro, o diálogo, a comunicação, a participação e a valorização da democracia, garantindo que as práticas educacionais dialoguem com os espaços sustentáveis, fazendo com que as crianças experimentem, vivenciem e aprendam pelo brincar, interagindo diariamente com os ambientes naturais, explorando todas as suas possibilidades de participação e de inserção. Segundo a pedagogia-em-participação[26],

> o espaço é visto como uma lugar de bem estar, alegria e prazer; um espaço aberto às experiências plurais e aos interesses das crianças e das comunidades. Um espaço pedagógico aberto ao exterior que se caracteriza pelo poder comunicativo da natureza, pelo poder ético do respeito por toda a identidade pessoal e social, transformado em um refúgio seguro e amigável, aberto à brincadeira e à cultura e responsável pela aprendizagem cultural. A criação de áreas diferentes com seus próprios materiais facilita a construção de aprendizagens significativas. Como áreas são territórios plurais de vida, experiência e aprendizagem, a organização dos espaços não é permanente: deve se adaptar ao desenvolvimento das atividades e dos projetos ao longo do ano e incorporar materiais produzidos pelas crianças. (FORMOSINHO & PASCAL, 2019, p.44).

Anualmente as unidades de ensino cujos projetos já estão em andamento, realizam uma autoavaliação e a partir dos resultados organizam um plano de ação para superar as fragilidades ou para repensar de acordo com seu projeto pedagógico, novas possibilidades de

[26] A Pedagogia-em-Participação está situada na família das pedagogias participativas. Consiste, essencialmente, na criação de ambientes pedagógicos nos quais interações e relações sustentam, no cotidiano, atividades e projetos conjuntos, o que permite que a criança e o grupo coconstruam sua própria aprendizagem e celebrem suas conquistas. (...) A democracia está no âmago das crenças, dos valores e dos princípios da Pedagogia-em-Participação. Os centros de educação infantil devem ser organizados de tal maneira que a democracia seja tanto um meio quanto um fim, ou seja, esteja presente tanto no âmbito das grandes finalidades educativas, como no âmbito de um cotidiano do qual participam todos os atores centrais. A democracia está no âmago das crenças da Pedagogia-em-Participação porque enfatiza a promoção de equidade para todos e a inclusão de todas as diversidades. (FORMOSINHO & PASCAL, 2019, p.29).

tornar seus espaços ainda mais educadores e sustentáveis. Apesar de a auto avaliação ser anual, a atenção diária da equipe de gestores para com os ambientes é fundamental no sentido de estar sempre fomentando e instigando os professores a habitá-los com as crianças e a significa-los a todo o momento de acordo as experiências a serem vividas, através de apoio técnico e orientação pedagógica em serviço e de formação teórica-prática-conceitual.

Bianualmente em anos pares, os dados da auto avaliação são encaminhados para a Secretaria de Educação, que realiza o monitoramento sobre o andamento do Programa "Reinventando o Espaço Escolar" e elabora um plano de ação para ajudar as unidades a superarem suas maiores dificuldades.

Do início do programa para cá, a rede municipal de ensino de Joinville ampliou significativamente o número de vagas na educação infantil, principalmente a partir do ano de 2013 com a acréscimo de novas unidades de atendimento que passou de 58 para 102 instituições, implicando no decorrer do período o aumento de 11.000 para 20.000 crianças entre 4 meses e 5 anos matriculadas nas escolas infantis de responsabilidade municipal. E como consequência disso, gerando um maior número de profissionais, e de famílias participando da rede e se envolvendo com o programa, que de forma direta e indireta acaba por beneficiar e influenciar positivamente mais de 60.000 pessoas da comunidade de Joinville e se refletir em todos os cantos da cidade.

Em razão dos projetos desenvolvidos relacionados aos espaços educadores sustentáveis, escolas da rede municipal de ensino de Joinville, bem como a Secretaria Municipal de Educação vem recebendo reconhecimento por meio do recebimento de prêmios nacionais tais como: Prêmio Ecofuturo em Educação para a Sustentabilidade, Prêmio Gestão Escolar, Prêmio Aprender Tecnologias Sociais na Educação, Prêmio Professores do Brasil, Prêmio Professor Nota 10, Prêmio Arte na Escola Cidadã, Prêmio Inovação em Gestão Escolar. Divulgação na 3ª Edição da Revista Pedagógica "Experiências do Cotidiano na Educação Infantil em Joinville – Projetos Institucionais, 2013.

Apresentação nos Fóruns IX Fórum Brasileiro de Educação Ambiental e IV Encontro Catarinense de Educação Ambiental - Balneário Camboriú/SC de 17 a 20 de setembro de 2017; VIII Encontro da Rede BRASPOR (Brasil / Portugal), realizado em Rio Grande – RS, de 19 a 22 de setembro de 2018.

No processo de continuidade, em 2018 foi elaborado um documentário[27] narrando a trajetória do Programa "Reinventando o Espaço Escolar", tendo como principais objetivos, documentar e compartilhar com a comunidade, uma experiência inédita e exitosa criada na rede pública municipal de ensino de Joinville.

No seu lançamento em agosto de 2018, foi assinado pelo Prefeito de Joinville, um termo de que instituiu na cidade um Centro de Formação de "Referência Regional dos Profissionais de Educação, com ênfase nos Espaços Educadores Sustentáveis, na Promoção da Cultura da Sustentabilidade e nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)" com os propósitos de aprofundar junto aos profissionais de ensino, conceitos de base que integram a ideia de uma escola sustentável, considerando a experiência que já vem sendo desenvolvida na rede; ampliar o programa para o as escolas de Ensino Fundamental e de Educação de Jovens e Adultos; promover o acolhimento do programa no projeto

[27] O documentário intitulado 1,2,3 Brincando foi produzido pelo Ribombo - Grupo de Pesquisa e Estudos em Educação e Gestão Ambiental, Mudanças Climáticas e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável em áreas litorâneas.

político pedagógico de cada unidade, adequando a proposta dos espaços educadores sustentáveis às características desse nível de ensino, consolidando assim, a ressignificação pedagógica dos espaços físicos em todas as unidades escolares da rede municipal de ensino de Joinville, em acordo com a RESOLUÇÃO nº 4 de 13 de julho de 2010; garantir a autoria da rede municipal de ensino, consolidando uma documentação pedagógica que torne visíveis as práticas pedagógicas da rede de educação pública municipal, sistematizando e divulgando as premissas do Programa Reinventando o Espaço Escolar disposto no Plano Municipal de Educação, LEI nº 8.043, de 02 de setembro de 2015, articulado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; constituir uma equipe pedagógica básica com conhecimentos, habilidades e competências na implementação de processos educativos alicerçados no tema dos espaços educadores sustentáveis, articulados à promoção da cultura da sustentabilidade e aos objetivos do desenvolvimento sustentável; construir proposta pedagógica de cunho sustentável que considere as experiências em curso, a expertise dos profissionais e os próprios espaços físicos existentes como contexto de formação dos profissionais da educação; promover formação continuada com professores da Educação Básica da Rede Municipal de ensino de Joinville, crianças, jovens e comunidade em geral, fomentando o uso de novas tecnologias e práticas educadoras sustentáveis; apoiar o processo de implementação e monitoramento do Programa Reinventando o Espaço Escolar; estimular e promover parcerias entre instituições públicas e privadas, com ou sem fins lucrativos, objetivando o desenvolvimento de práticas educativas sustentáveis voltadas à sensibilização da coletividade sobre questões ambientais.

CONCLUSÃO

A ressignificação dos espaços da educação infantil, com ênfase na noção de espaços educadores sustentáveis, constitui-se num amplo processo de promoção da cultura da sustentabilidade, que se institui a partir da escola e se efetiva pelo redimensionamento do fazer pedagógico ao atribuir novos sentidos aos seus ambientes, ao currículo e à gestão, e que vai alcançando a comunidade à medida que busca envolvê-la, de forma solidária, na construção da qualidade de vida para todos. A sustentabilidade é concebida nesta prática não somente a partir do estabelecimento de novas habilidades, atitudes, comportamentos e de uma nova ética na relação entre sociedade e meio ambiente, mas igualmente entre os próprios indivíduos, e se completa ao passo que formos capazes de modelar uma forma de ser e estar no mundo, pautada pela inclusão, tolerância, democracia, pela capacidade de respeitar a alteridade, a diversidade e os direitos humanos.

A educação ambiental nas unidades de ensino necessita muito de capacitação para os profissionais da educação e de políticas públicas que orientem a sua prática com uma abordagem interdisciplinar. Felizmente, esta já é uma realidade na rede municipal de ensino de Joinville, onde o programa “Reinventando o Espaço Escolar” se transformou, de fato, em política pública, garantindo desta forma que nossas crianças tenham o direito de brincar, explorar, conhecer-se, expressar e participar, numa infância de significados que possibilitam a aprendizagem e o desenvolvimento das crianças de maneira saudável , estabelecendo relações consigo, com o outro e com o meio, permitindo a exploração, a criação, a busca pela harmonia e equilíbrio, do entendimento que a natureza somos todos nós e que as relações que estabelecemos é o que garante a sobrevivência dos seres vivos. Este programa carrega muita energia, muitas vidas, muitas atitudes e desejos. Desejos de pessoas que escolheram

fazer, de pessoas que iniciaram e já se foram, pessoas que continuam e acreditam e pessoas que estão iniciando esta trajetória numa perspectiva de se repensar, se refletir, se reviver, mas que permanece. Este programa já foi para além dos muros da escola, como disse Rubem Alves, foi para além das nossas cidades.

AGRADECIMENTOS

Aos gestores, professores e funcionários de escolas e dos Centros de Educação Infantil que colocaram seus saberes em constante movimento no sentido de conceber e de utilizar o espaço escolar como ambiente educador de transformação social.

As Associações de Pais e Professores, aos Conselhos Escolares, aos Com-vidas e demais organizações comunitárias, cujos pais contribuíram com seus talentos pessoais e profissionais, com recursos e materiais e com sua participação nos projetos pedagógicos desenvolvidos nas unidades.

Aos parceiros e apoiadores governamentais e não governamentais que com o reconhecimento ao trabalho desenvolvido nas escolas e CEIs investiram recursos, equipamentos e materiais na realização dos projetos de ressignificação dos espaços.

A Secretaria Municipal de Educação em todos os âmbitos de apoio: administrativo, técnico pedagógico e infraestrutura pelas formações continuadas, monitoramento e orientação e pelo fornecimento de materiais e serviços.

A todos que passaram pelo programa, e aqueles que chegam com toda a motivação para dar seu máximo de contribuição.

A comunidade em geral, de todos os cantos de Joinville que de forma direta ou indireta uniram mentes e mãos, para ajudar a construir para seus filhos uma educação pública de qualidade.

E, finalmente às crianças, que com toda inocência e alegria nos indicaram o caminho para concretizar os seus sonhos de “habitar” uma escola melhor.

REFERÊNCIAS

- Artigos:

MENDONÇA. Rosa Helena et al, *Espaços Educadores Sustentáveis.* Salto para o Futuro. TV Escola, Ano XXI Boletim 07 – 2011.

- Livros:

BARBOSA, M. C. S. & HORN, M. G. S. 2001. Organização do espaço e do tempo na escola infantil. In: CRAIDY, C. & KAERCHER, G. E. *Educação Infantil. Pra que te quero?* Porto Alegre: Artmed, 2001.

BRASIL, 2012. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Brasília, Conselho Nacional de Educação.

BRASIL, 2010. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica*. Brasília, Conselho Nacional de Educação.

LIMA, P. G. & PEREIRA, Meira Chaves. 2013. *O projeto Político Pedagógico e a possibilidade da Gestão Democrática e Emancipatória da Escola.* Paco – Jundiaí, 2013.

OLIVEIRA, FORMOSINHO, Júlia. 2019. *Documentação Pedagógica e avaliação na educação infantil: um caminho para a transformação,* Penso – Porto Alegre.

TIRIBA, L. 2018. Educação Infantil como direito e alegria, Rio de Janeiro, Paz e Terra.

- Relatório:

BRASIL, **Decreto 6.094 Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação**, 2007.

-Internet:

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DCNEI, 2013. Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file> Acesso em: 05 de maio de 2017.

Capítulo 21

Percepção socioambiental e econômica em uma Amostra de ribeirinhos da comunidade Boca da Barra e Visitantes do Museu Natural do Mangue - Sabiaguaba: Parque Estadual do Cocó

PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA EM UMA AMOSTRA DE RIBEIRINHOS DA COMUNIDADE BOCA DA BARRA E VISITANTES DO MUSEU NATURAL DO MANGUE - SABIAGUABA: PARQUE ESTADUAL DO COCÓ

Adelma Maria Rosal Batista[1], Márcia Thelma Rios Donato Marino[2], Leonardo Holanda Lima[3], Matheus Cordeiro Façanha[4], Ana Beatriz Sales Teixeira[5] & Vanessa Oliveira Liberato[6]

[1] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Bacharelando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, adelma@edu.unifor.br
[2] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Doutora em Geologia, docente do curso em Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, marino@unifor.br
[3] UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Bacharelando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, leonardoholanda@edu.unifor.br
4 UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Bacharelando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, matheuscordeiro@edu.unifor.br
5 UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Bacharelando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, beatrizteixeira@edu.unifor.br
6 UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Bacharelando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Ciências Tecnológicas, Av. Washington Soares nº 1321, bairro Edson Queiroz, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60.811-905, vanessaliberato@edu.unifor.br

.

RESUMO

Neste estudo foi observada a percepção socioeconômica e ambiental em uma amostra de ribeirinhos da comunidade Boca da Barra, no bairro Sabiaguaba, e visitantes do Ecomuseu Natural do Mangue – EcoMuNaM, localizados na cidade de Fortaleza – CE. A Boca da Barra está inserida dentro de uma unidade de conservação (UC), na categoria de parque nacional, o Parque Estadual do Cocó é um dos maiores parques urbanos do Brasil. Essa área detém uma grande biodiversidade, além da sua importância socioambiental e econômica devido aos atrativos turísticos da região. Esta área se encontra em frequente mudanças nas últimas décadas, onde as ações antrópicas vêm degradando o patrimônio natural. Dentro desse contexto está inserido o EcoMuNaM, ambiente onde são desenvolvidas ações de Educação Ambiental, aberto ao público e tem cunho social e acadêmico. Foram aplicados 145 questionários com questões simestruturadas abertas e fechadas. Ressalta-

se que em ambos os grupos a amostra foi estratificada entre adultos dos sexos masculino e feminino, maiores de 18 (dezoito) anos. A amostra considerada revelou um público jovem, que reside em zona urbana e com baixo poder aquisitivo. No que tange ao Museu as opiniões de residentes e visitantes divergem, ao passo que os visitantes o vejam como um ambiente que favorece a inclusão social, os residentes locais o veem como um local apenas para uso de atividades acadêmicas. Foi demonstrada uma percepção socioambiental bastante significativa quanto aos problemas vivenciados na comunidade. Quanto à Educação Ambiental e aos interesses nas causas ambientais, os entrevistados apresentaram um espírito conservacionista associado a uma conscientização ambiental significativa junto às ações de preservação e controle. A fim de reforçar as análises ambientais no que se refere ao espaço físico e as atividades desenvolvidas no local usou-se o método de levantamento de aspectos e impactos ambientais, para que fossem identificados e posteriormente ser implantado medidas mitigadoras propostas no trabalho em questão. Uma das problemáticas levantadas pelos questionamentos feitos à população foi a construção da ponte que liga a praia do Caça e Pesca à praia da Sabiaguaba. Conforme relatos da maioria dos moradores, a ponte trouxe mais problemas e impactos ambientais do que mobilidade urbana para a comunidade da Boca da Barra e, a fim de amenizar esses impactos é necessária a aplicação de medidas mitigadoras, como as ações de reflorestamento do ecossistema manguezal, que já aumentaram em mais de 1 hec a área de vegetação degradada.

Palavras-chave: Aspectos socioeconômicos. Impactos ambientais. Museu natural. Educação Ambiental

SOCIO-ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERCEPTION IN A SAMPLE OF RIBEIRINHOS OF THE BOCA DA BARRA COMMUNITY AND VISITORS OF THE MUSEU NATURAL DO MANGUE - SABIAGUABA: PARQUE ESTADUAL DO COCÓ

ABSTRACT

In this study we observed the socio-economic and environmental perception in a sample of riverside communities of the Boca da Barra community, in the neighborhood Sabiaguaba, and visitors of the Natural ecomuum of Mangue – EcoMuNaM, located in the city of Fortaleza-CE. The Boca da Barra is inserted within a conservation unit (UC), in the National Park category, the state Park of Poo is one of the largest urban parks in Brazil. This area holds a great biodiversity, besides its socio-environmental and economic importance due to the touristic attractions of the region. This area is in frequent changes in recent decades, where anthropic actions have been degrading natural heritage. Within this context is inserted the EcoMuNaM, environment where actions of environmental education are developed, open to the public and have social and academic nature. We applied 145 questionnaires with open and closed structured questions. It is noteworthy that in both groups the sample was stratified between male and female adults, older than 18 (eighteen) years. The sample considered revealed a young audience, which resides in urban areas and with low purchasing power. With regard to the museum, the opinions of residents and visitors diverge, while visitors see it as an environment that favors social inclusion, local residents see it as a place only for the use of academic activities. A very significant socio-environmental perception was demonstrated regarding the problems experienced in the community. Regarding environmental education and interests in environmental causes, the interviewees presented a conservationist spirit associated with a significant environmental awareness with the preservation and control actions. In order to reinforce the environmental analysis with regard to the physical space and the activities carried out on the site, the method of survey of environmental aspects and impacts was used, so that they were identified and subsequently to be implated mitigation measures Proposals in the work in question. One of the problems raised by the questions made to the population was the construction of the bridge that connects the beach of hunting and fishing to the beach of Sabiaguaba. As reported by most residents, the

bridge has brought more problems and environmental impacts than urban mobility to the Boca da Barra community and, in order to mitigate these impacts, it is necessary to apply mitigating measures, such as the actions of Reforestation of the mangrove ecosystem, which have already increased in more than 1 HEC the degraded vegetation area

Key-words: Socioeconomic aspects. Environmental impacts. Natural Museum. Environmental Education.

INTRODUÇÃO

As áreas verdes na conjuntura das cidades entram como elemento essencial para o bem- estar da população, pois tem a finalidade de preservar o ambiente visando melhorar a qualidade de vida dos indivíduos (BARROS; FERREIRA, 2007).

De acordo com a Resolução 369/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA:

Considera-se área verde o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização (BRASIL, 2006, p. 98).

O Parque Estadual do Cocó é uma área de extrema importância econômica, social e ambiental, localizado na cidade de Fortaleza, estado do Ceará. Desde o ano de 1977, após protestos e reivindicações de ambientalistas, parte da área que hoje compõe o Parque do Cocó se tornou de utilidade pública. Ao longo de 40 anos passou por inúmeras situações, como decretos que passaram a regulamentá-lo, inclusão de novas áreas, até que em 8 de junho de 2017 foi oficialmente regulamentado como Parque do Cocó, por meio da assinatura do Decreto, o Parque passou a ser uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (FORTALEZA, 2017). Atualmente, o Parque Estadual do Cocó possui 1.571,2924 hectares, conforme definido no ano de 2006 na “Proposta Oficial”, ocasionando uma redução de cerca de 400 hectares, em comparação à proposta do Fórum Cocó (CÂMARA et al., 2016).

A “Proposta Oficial” da nova poligonal do Parque do Cocó:

Engloba os bairros localizados nos limites oficiais do parque: na margem esquerda, Dias Macêdo, Aerolândia, Alto da Balança, São João do Tauapé, Cidade 2000, Dunas e Praia do Futuro II; e na margem direita Jardim Das Oliveiras, Luciano Cavalcante, Guararapes, Edson Queiroz e Sabiaguaba” (SOARES, 2005, p 13).

O Decreto nº 20.253, de 05 de setembro de 1989, foi o primeiro passo oficial para a preservação do parque ecológico do Cocó (BRASIL, 1989). Foi por meio desse documento que se iniciou a criação da Unidade de Conservação e, desde então, diversos instrumentos legais foram utilizados, a fim de oficializar a criação do Parque (CÂMARA et al, 2016). Ao longo dos anos esse processo de se tornar parque foi árduo e dificultoso, uma vez que, ocorreu um aumento expressivo da especulação imobiliária, surgimento de empreendimentos que suprimiram a vegetação, além dos impactos indiretos causados pela construção de vias e ações antrópicas (CEARÁ, 2017)As questões de cunho político foi outro ponto essencial para a consolidação do Parque, ao passo que se fala em sustentabilidade e preservação, também esbarra nas burocracias políticas para geração de renda para a cidade.

No que tange à região da Sabiaguaba, a área do Parque adentrou os atuais contornos da Área de Preservação Ambiental (APA) municipal, criada pelo decreto nº 11.987, de 20 de fevereiro de 2006 (CÂMARA et al, 2016). Isso afeta diretamente uma porção da comunidade situada na margem direita da foz do rio Cocó, conhecida por Boca da Barra. A Sabiaguaba é uma região de grande relevância

socioeconômica e ambiental. Além das suas paisagens naturais que proporciona lazer e atrativos turísticos, possui um ecossistema rico, com uma área de manguezal que vem sendo preservada após sofrer graves impactos pela ação humana, e é composta por uma grande biodiversidade de fauna e flora que, por meio de projetos de Educação ambiental, ecoturismo e ações de reflorestamento, vem sendo restaurada e preservada.

A comunidade conhecida como Boca da Barra é o objeto desta pesquisa, área integrante do bairro inserida na região administrativa da Secretaria Executiva Regional VI. O bairro da Sabiaguaba faz limites com os bairros Edson Queiroz, Sapiranga e Lagoa Redonda" (CEARÁ/SMS, 2009a). A Boca da Barra se localiza na Área de Proteção Ambiental (APA) da Sabiaguaba, onde está instalado o EcoMuNaM, arquitetado em 1991 por Rusty Sá Barreto e Sineide Crisóstomo, porém apenas em 2001 teve sua instalação efetiva (JESUS, 2015,p. 16). Dessa forma, o EcoMuseu Natural do Mangue, está localizado na porção do litoral leste de Fortaleza, em uma região com poucas áreas habitadas e que apresenta características de um bairro rural (BARROS, FERREIRA, 2007).

O EcoMuseu é um espaço de educação interativo e colaborativo, que promove visitas guiadas em sua sede e trilhas que percorrem pequenas áreas de mangues, onde é possível observar os 4 tipos da vegetação de mangue existentes no local, além de faixas de rios, praias e apresentação da comunidade local (CRISOSTOMO; PINHO, 2017). Na visitação, as pessoas têm a oportunidade não só de apreciar as peças do acervo, mais também conhecer e vivenciar um pouco mais sobre a fauna e a flora local e como foram afetadas e suprimidas pelas inúmeras ações antrópicas existentes na região. Além das ações de visitação, o EcoMuseu também promove ações ambientais, buscando promover a chamada "sensibilização ambiental", com a limpeza de praias, rios e lagos em Fortaleza e região metropolitana, e "Canoagem Ambiental e Cidadã" que ocorre na área do museu (CRISOSTOMO; PINHO, 2017).

O estuário está inserido em conjunção de áreas protegidas (Parque Estadual do Cocó, Parque Natural Municipal Dunas da Sabiaguaba, Área de Proteção Ambiental (APA) da Sabiaguaba e Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Cocó, logo, entende-se que ele deve ser efetivamente protegido e preservado.

O trabalho em questão analisa a percepção socioeconômica e ambiental, além dos aspectos e impactos, em uma amostra de residentes da comunidade Boca da Barra e visitantes do Ecomuseu Natural do Mangue (EcoMuNaM), localizados no bairro da Sabiaguaba, Fortaleza, Ceará.

De posse dos dados deste trabalho é possível que a população local tenha conhecimento dos fatos que ocorrem diariamente na comunidade, sejam eles positivos ou negativos, e esse conhecimento trará não só a busca pela melhoria na qualidade de vida da população local, mas também um maior cuidado pelas questões ambientais que envolvem a região da Boca da Barra, melhorado a economia da região, as atividades de lazer e o ecoturismo local.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área da pesquisa está localizada na porção nordeste da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, e corresponde ao trecho do estuário inferior do rio Cocó, situado no bairro Sabiaguaba. Essa área é composta pelo encontro do rio com o mar, abriga um rico estuário. A porção de terra próximo à costa e ao rio é coberta por edificações de pequeno porte com apenas um pavimento, a maioria das edificações são utilizadas para comercio local e turístico. (Figura 01).



Figura 01 – Delimitação da área de estudo . Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo possui cunho científico acadêmico, trata-se de uma pesquisa do tipo qualiquantitativa, empírica, de caráter interdisciplinar aplicada, pautada na abordagem sistêmica descritiva e exploratória, baseada no método indutivo. A composição da fundamentação teórica, em gabinete, foi pautada na avaliação do material bibliográfico para formação do banco de dados, por meio de análise de revisões de literatura em produções acadêmicas, livros, publicações e pesquisa documental referente às temáticas investigadas, dentre outras atividades desenvolvidas na comunidade.

Para a aplicação dos questionários uma reunião prévia foi agendada com o representante comunitário e com o responsável pelo Museu Natural do Mangue, elucidando os objetivos, metodologia, riscos e benefícios do estudo. Na ocasião foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Questionário (perguntas abertas e fechadas). Os participantes voluntários foram entrevistados na própria comunidade. Os questionários foram aplicados no período de setembro de 2017 a março de 2018, coleta de dados “in loco”, após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), sob Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 76481417.1.0000.5052.

A realidade local também foi registrada por intermédio de registros fotográficos, observações, entrevistas (conversas informais e relatos). A amostra foi distribuída entre uma população total de 145 participantes, distribuídos em 2 grupos, 44 residentes e 101 visitantes do EcoMuNaM, considerando-se um erro e significância de 5% e grau de confiança de 100%. Em relação aos visitantes do EcoMuNaM, a amostra se caracteriza como aleatória não-probabilística. Ressalta-se que em ambos os grupos a amostra foi estratificada entre adultos dos sexos masculino e feminino, maiores de 18 (dezoito) anos.

Foi elaborada uma tabela levantando os aspectos e impactos ambientais para a comunidade, visto que é um ambiente bem impactado pelas ações antrópicas e, para todos esses impactos foram propostas medidas mitigadoras, a fim de amenizar os impactos causados.

Para um melhor planejamento de um ambiente sustentável e de sua gestão, a sociedade tem um papel decisivo, dessa forma, um diagnóstico preliminar foi elaborado enfocando, de forma qualiquantitativa, a identificação das relações socioambientais das atividades investigadas junto à população local e visitantes, com o objetivo de compreender a percepção dos entrevistados sobre os impactos causados na comunidade, sejam esses positivos ou negativos. Para uma significativa análise quantitativa e visualização dos resultados, os dados foram tabulados no programa Microsoft® Office Excel, gerando gráficos e tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tópicos a seguir explanados estão pautados nos resultados da aplicação dos 145 questionários na região da Boca da Barra. Os questionários foram divididos em tópicos, como: Aspectos socioeconômicos com objetivo de compreender o perfil

do público entrevistado; Percepção dos residentes da Boca da Barra e visitantes do EcoMuNaM quanto as ações socioeconômicas e ambientais locais; Percepção quanto aos aspectos de infraestrutura e conservação da região da Sabiaguaba; Responsabilidade ambiental das pessoas; e quanto ao Parque Estadual do Cocó.

Aspectos socioeconômicos:

Quanto ao local de residência dos visitantes, 95,05% residem em zona urbana e 4,95% em zona rural, procedentes do interior ou de cidade rurais, mas migram para Fortaleza para estudar. Já os residentes, 100% moram em zona urbana, ressaltando-se que a região está inserida na área da Grande Fortaleza.

A maior parcela dos visitantes conhece a localidade há menos de um ano, boa parte teve seu primeiro contato com a comunidade por meio de visitas técnicas de universidades, aulas de campo, pesquisas, integração, dentre outras atividades similares. Pouco mais de 6,93% conhecem a localidade entre 11 e 20 anos, porque os pais os trouxeram quando criança para fazer a trilha, atividade desenvolvida pelo museu. Quando se trata dos moradores os dados se invertem, cerca de 58,14% moram na comunidade há mais de 20 anos.

Isso se deve ao fato de que as gerações mais antigas de suas famílias já residiam na comunidade e foram passando suas moradias de geração em geração. Boa parte dos moradores são parentes e descendem de indígenas que, nos séculos passados, foram um dos primeiros habitantes da região. Esse fato pode ser confirmado quando se observa que apenas 4,65% residem na comunidade há pouco tempo (2 a 5 anos).
As visitas são experiências compartilhadas, cerca de 77,23% das visitas foram feitas por mais de 5 pessoas, e apenas 5,94% participaram da visita sozinhos. A maioria dos visitantes do museu fez a visita em grupos numerosos, ressaltando-se que estas, na maior parte das vezes, são atividades de instituições educacionais.

Quanto ao grupo que visita o museu sozinho, geralmente, são pessoas que recebem informações sobre as atividades do museu e quando vão à região da Boca da Barra se mostram interessados em conhecer o local.

Dessas famílias, 93,02% possuem residência própria e apenas 6,98%, moram de aluguel. Isso se deve ao fato de que quase toda a população da Sabiaguaba ser nativa e morar há muitos anos no local. A pequena parcela que não vive lá são os que buscam habitar a região e alugam a casa a terceiros.

Quanto à idade, a amostragem foi bem diversificada, tendo destaque para os entrevistados de 18 a 25 anos (visitantes) e de 26 a 35 anos (residentes), faixas etárias bem próximas. A amostra está balanceada quanto ao gênero, quando se trata dos visitantes 56,44% são mulheres e 43,56% são homens, porém a situação se modificou ao analisar os residentes, o público masculino se sobressai com 66,67%.

As Figuras 02 apresenta o grau de escolaridade dos visitantes e residentes, respectivamente. 2,97% dos visitantes possuem Ensino Fundamental Completo, 14,85% Nível Médio Completo, 80,20% Ensino Superior e 1,98% outras formações. Ressalta-se que 100% dos visitantes se encontravam estudando no período da aplicação dos questionários.

Já no perfil dos residentes 9,30% são analfabetos, 32,56% Ensino Fundamental Incompleto, 18,60% Ensino Fundamental Completo ou Ensino Médio Incompleto, 13,95% Ensino Médio Completo e 6,98% Ensino Superior Completo.

Porém, apenas uma pequena parcela dos residentes estava estudando quando da aplicação dos questionários, o baixo índice de escolaridade dos residentes se deve ao fato de que a maioria dos “nativos” não tiveram acesso à escola, pois o bairro até hoje não possui uma escola instalada, a escola mais próxima necessita de transporte para acessá-la.

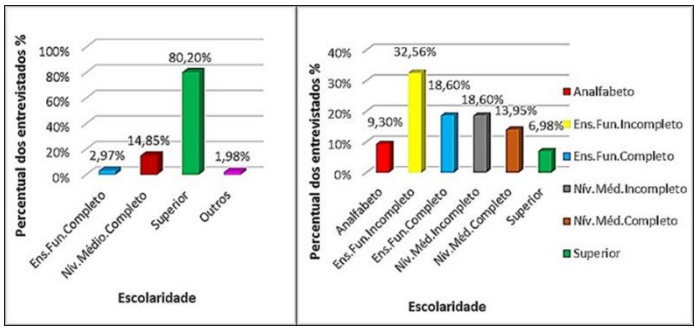


Figura 02 – Grau de Escolaridade. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Comparando os resultados obtidos entre visitantes e residentes, a maior diferença encontrada é referente à posse de Nível Superior, com os visitantes tendo mais instrução acadêmica, fator associado à maioria das pessoas que foram entrevistadas na visita ao museu serem estudantes de um curso superior.

Outro destaque significativo é que a maior parcela dos residentes possui baixa escolaridade e 9,30% ainda são analfabetos. Isso se deve, segundo relatos dos moradores, ao fato que, principalmente, para a geração mais antiga não tinha escola nas proximidades e, além disso, os jovens tinham que trabalhar desde cedo para auxiliarem na renda familiar. Até hoje a situação escolar da região ainda é precária, localiza-se a quilômetros de distância e não é acessível a todos.

Quanto à renda média mensal familiar de ambos os grupos (residentes e visitantes) é bem diversificada, estando a maioria entre 2 a 3 salários mínimos.

O maior número dos que visitam o EcoMuNaM é da categoria estudantil, isso se deve ao fato que o público principal do museu são escolas que tem interesse em permitir que seus alunos vivenciem a Educação Ambiental. Já para os residentes da Boca da Barra a maior parte é trabalhador autônomo, fato associado à localidade proporcionar diversos atrativos turísticos, oportunizando às pessoas implantarem seus próprios negócios, como: vendas, barracas de praia, guardador de carros, dentre outros serviços.

A região da Boca da Barra está localizada no bairro Sabiaguaba. Segundo dados do Perfil Socioeconômico de Fortaleza - IPECE, baseado no Censo Demográfico do IBGE (2010), o bairro da Sabiaguaba, localizado na Secretaria Executiva Regional VI, está entre os bairros mais pobres (com renda média R$ 551.52), população de aproximadamente 2117 habitantes (CEARÁ, 2012).

A comunidade dispõe de uma Associação de Nativos, Moradores e Amigos da Sabiaguaba (ANMAS) na qual não só a comunidade, mas também outras pessoas que se sentem parte desse local podem participar, expondo suas opiniões, críticas e sugestões, a fim de melhorar os aspectos, convivência e problemáticas existentes na comunidade.

Percepção dos residentes da Boca da Barra e visitantes do EcoMuNaM quanto aos aspectos socioeconômicos e ambientais.

Os visitantes entrevistados quando questionados sobre o Museu Natural do Mangue, 34,65% não conhecem, 19,80% já ouviu falar, 45,54% já visitou. Dos lugares visitados, a impressão enquanto atrativo turístico natural do local, 90,82% afirmaram que os atrativos são bonitos e apenas 9,18% afirmam que esses atrativos são inexpressivos. Já quando questionados sobre a impressão enquanto atrativo do museu, 90,82% afirmaram que os atrativos são bonitos e apenas 9,18% considera inexpressivo (figura 3).

O percentual de pessoas que não conhecia o museu é de 34,65%, bem significativo, pois o museu é o único nesse seguimento que existe em Fortaleza. Falta uma maior valorização por parte dos visitantes no que tange à importância do museu e, muitas vezes, deve-se ao fato das pessoas não buscarem informações sobre esse tipo de projeto. Para isso, seria de fundamental importância que ocorresse uma maior divulgação da área, dos projetos e ações executados

pelo EcoMuNaM em veículos de comunicação local (jornais, revistas e programas de televisão).

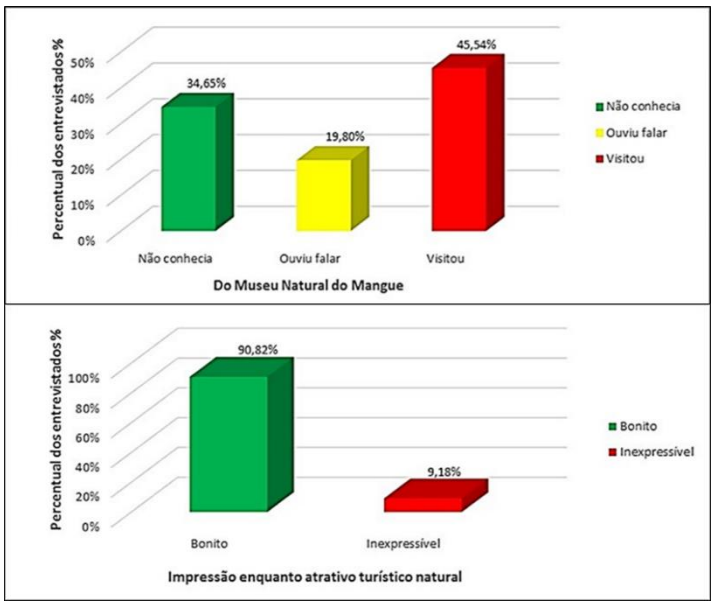


Figura 03 – Conhecimento e importância do Museu. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Também um ponto que vale ressaltar é que boa parte das pessoas não se sente atraída para fazer a visitação ao museu, devido à falta de estrutura para abrigar as pessoas, informações sobre a segurança da área e das ações de ecoturismo que ocorrem no local, como as trilhas pelo manguezal. A maioria dos visitantes registrou que só esteve no museu 1 vez (49,50%), geralmente alunos que participam das aulas práticas ofertadas por suas escolas, mas informaram que não possuem interesse em voltar ao local.

Em relação aos visitantes no local, o maior percentual (91,09%) considera de grande importância. Já em relação aos que residem no local, a maior parte (66,67%) conhece o museu e 76,74% consideram o museu muito importante para a região, figura 04 pois auxilia-se na percepção de todos no que tange a educação ambiental e as tematicas da região, bem como 51,16% julgam que o trabalho feito pelo museu é ótimo.

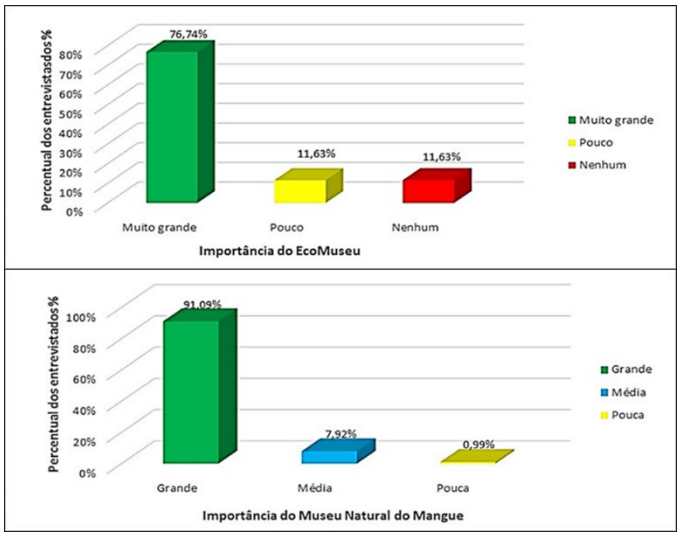


Figura 04 – Importância do Museu Natural do Mangue. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Porém, mesmo com todas essas positividades perante as ações do museu, 53,49% não participam das ações que o EcoMuNaM oferece (canoagem ambiental, aulas de campo, ações de reflorestamento, ecoturismo, etc.), fato justificado devido à falta de tempo (43,48%) ou falta de conhecimento das atividades (39,13%).

Seria interessante que os responsáveis pela organização das ações ofertadas pelo museu fizessem essas atividades, em alguns momentos, mais voltadas para o dia a dia e para a realidade da comunidade local.

Oficinas de educação ambiental seriam uma opção, visto que a comunidade ainda é muito carente no que tange aos conhecimentos ambientais de forma mais técnica e precisa. Entretanto, segundo relatos da própria comunidade, os mesmos se sentem excluídos do convívio com o museu, visto que, na opinião deles, o Museu se encontra mais voltado para ações direcionadas ao meio acadêmico e não para a comunidade.

Comparando os resultados obtidos para visitantes e residentes, nota-se que as pessoas que visitam o museu não possuem interesse em voltar e acompanhar as ações que acontecem diariamente no museu e, mesmo sendo um local turístico, a região da Boca da Barra não atrai os entrevistados para passarem mais de

um dia no local. Vale ressaltar que os visitantes já conheciam o lugar ou já tinham ouvido falar e, para a grande maioria a região é bonita, possui atrativos locais, porém o museu em si não possui nenhum atrativo aos visitantes.

Para que ocorresse uma mudança na visão dos visitantes, seria interessante ter uma alteração para melhorar os atrativos, como algo em que as pessoas lembrassem do local, como propor diversas atividades os integrando de forma contínua, por exemplo: incentivá-los a voltar à comunidade para ver como está o andamento do crescimento da sua muda de mangue plantada; fornece incentivos às pesquisas acadêmicas como esta, onde os docentes possam estar em contato frequente com a comunidade, por meio da divulgação das vagas de estágios disponibilizadas junto às Instituições de Ensino Superior de Fortaleza.

No que tange aos residentes, apesar de ser uma pequena porção que considera as ações e atividades do museu negativas, os mesmos não se sentem atraídos em visitar o museu. Segundo relatos, eles afirmam que o museu é mais voltado para as atividades acadêmicas e não para a comunidade e, mesmo com a falta de tempo, se o museu fosse divulgado e aberto para comunidade, eles estariam mais presentes.

De acordo com os dados registrados por Mesquita (2010), a edificação de um museu em Sabiaguaba manteria a salva guarda os vestígios arqueológicos já coletados, em associação a um centro de referência (pesquisa e educação ambiental e patrimonial) integrado com as diversas áreas afins envolvidas na gestão das UCs. Quando se analisa a recreação, tem-se algumas oportunidades para atividades recreacionais (ecoturismo e outras atividades ao ar livre).

Componentes do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba (PNMDS) e da área de Preservação Ambiental (APA) de Sabiaguaba, dentre outras está incluso o Museu do Mangue (MESQUITA, 2010).

Percepção sobre a região da Sabiaguaba

Entre os visitantes entrevistados, 95,24% consideram que a Sabiaguaba é um meio de preservação para o meio ambiente em sua cidade figura 05. Quanto às ações ambientais ocorridas na Sabiaguaba, tanto os visitantes como os residentes, 97,98% e 80,49%, respectivamente, acham que a região desperta nas pessoas um maior interesse por questões ambientais, como preservação, lixo e etc.

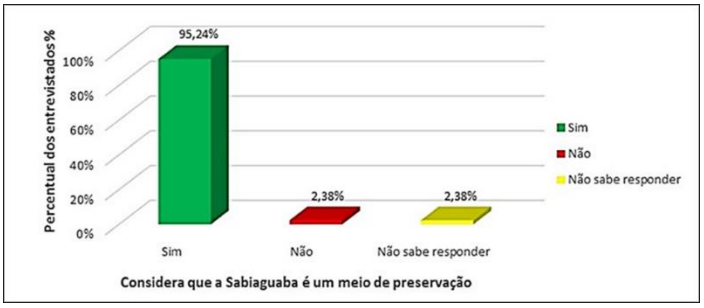


Figura 05 – Percepção da Sabiaguaba como instrumento de preservação ambiental. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ao olhar a visão dos visitantes com relação aos atrativos turísticos naturais existentes na Sabiaguaba, 55,45% já visitaram os campos de dunas, 26,73% não conheciam e 17,82% nunca ouviram falar; 77,23% visitaram as praias, 13,86% não conheciam e 8,91% nunca ouviram falar; e 59,41% já visitaram, 22,77% não conheciam e 17,82% nunca ouviram falar nos manguezais. Vale destacar que os entrevistados, quando questionados quanto aos interesses nos recursos turísticos naturais, a maioria não apresentou nenhum interesse. Algumas pessoas não souberam responder esses questionamentos.

Diante desses dados, nota-se que a comunidade ainda preza pela conservação desses recursos que é um patrimônio ambiental, mas também turístico, e as ações mobilizam e chamam esses residentes para cuidar e

manter esse patrimônio. Em contrapartida, os visitantes, alguns na categoria de turistas, não pensam da mesma forma, logo, se a pessoas que visitam a região não possuem interesse nesses recursos, pode ocasionar uma exploração indevida, sem que haja a preservação desses ecossistemas. Perante esse fato, todo esse patrimônio natural pode ser degradado e, além das perdas da biodiversidade local, ainda poderá ocorrer perda dos atrativos turísticos, uma vez, que as pessoas não se interessam, mas a maioria procura as praias e a localidade da Boca da Barra pela beleza cênica dos seus atrativos turísticos naturais.

Com relação aos aspectos da de conservação

Quando questionado aos visitantes sobre o que pensam em relação ao aspecto de conservação dos atrativos naturais visitados, a amostragem foi bem diversificada, 17,82% disseram estar ótima, 10,89% ruim e 58,42% bom figura 06. Quando feito o mesmo questionamento aos residentes a amostragem também foi bem variada, um maior percentual afirmou que a conservação estava boa (44,19%) e a minoria afirmou estar péssima (4,65%).

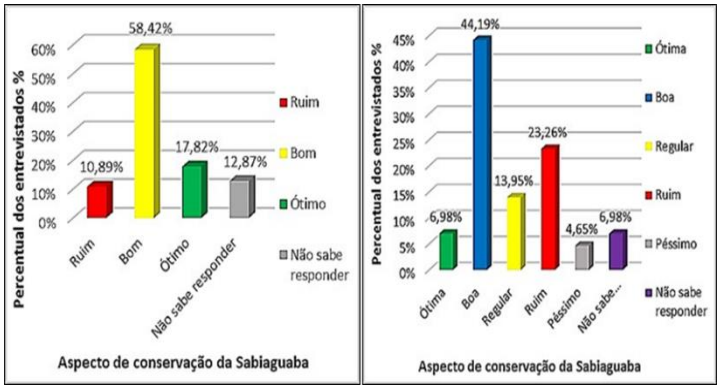


Figura 06 – Percepção dos visitantes quanto ao aspecto de conservação da Sabiaguaba. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Um ponto muito importante para qualquer comunidade é a gestão dos resíduos. Quanto às notas que os visitantes deram, tanto para o aspecto limpeza dos atrativos naturais como para Sabiaguaba, a maior parcela registrada foi entre 5,0 e 7,5. É notória pelos visitantes a falta de coletores de resíduos, o que contribui para a poluição dos manguezais e da orla Já quando questionado aos residentes que nota dariam para o aspecto limpeza da Sabiaguaba, a comunidade quantificou entre 2,5 – 5,0 . Isso se deve ao fato de que a coleta pública, segundo relato da população, só passa uma vez por semana. (Figura 07).

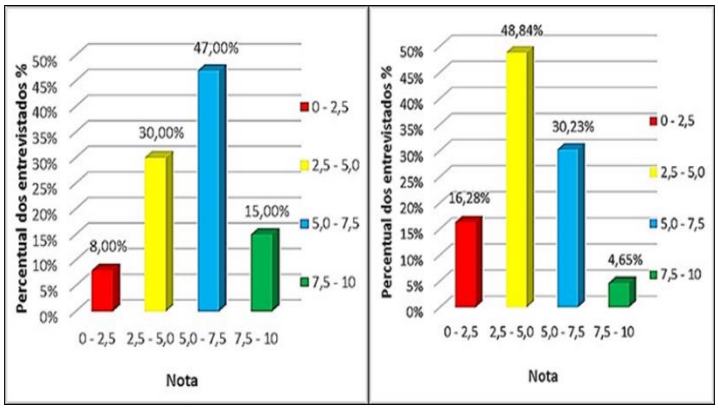


Figura 07 – Avaliação quanto à limpeza da região. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Além disso, há falta de coletores de resíduos citados pelos visitantes, e não existe um contêiner onde esse resíduo possa ser armazenado durante a semana, até o caminhão da coleta passar. Esse fato ocasiona a proliferação de vetores e ressalta a não colaboração dos turistas e visitantes. As únicas ações que ocorrem em relação aos resíduos gerados são as limpezas da orla e do manguezal propostas pelo Museu e por outros grupos existentes na comunidade.

Segundo Mesquita (2010, p.22):

> Com base no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei n.º 9.985/00), nos decretos de criação do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e da Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba (Decretos 11.986 e 11.987, ambos de 20 de fevereiro de 2006) e do Plano Diretor Participativo de Fortaleza (PDPFor) foram estruturados os objetivos específicos do plano de manejo das unidades

> de conservação de proteção integral e de uso sustentável, conforme segue. · proteger, preservar, conservar e recuperar sistemas ambientais e paisagens naturais de notável beleza cênica, envolvendo os ecossistemas costeiros, lacustres e fluviomarinhos; ·potencializar as funções e serviços ambientais, sociais, culturais, históricos e simbólicos direta e indiretamente vinculados aos ecossistemas preservados e conservados nas UCs; ·preservar especialmente as dunas fixas e móveis, lagoas interdunares e sazonais sobre a planície de deflação, a faixa de praia e ecossistema manguezal; · conservar e recuperar os recursos hídricos, principalmente os relacionados com os ecossistemas manguezal, riachos e lagoas costeiras[...];

De fato, quando comparado o estudo com Mesquita (2010), os planos e projetos citados por ele vêm dando resultado quanto à preservação e conservação do local.

No entanto, "as paisagens naturais de notável beleza cênica" mencionadas no texto supracitado, ainda é destruída a sua beleza pelo grande número de resíduos que existe na orla, a falta de locais (lixeiras) para que os visitantes possam depositar seus resíduos gerados durante o passeio e pelos "pontos de coletas", onde eles são armazenados até que a precária coleta pública passe. Quanto à limpeza da comunidade, de acordo com a percepção dos moradores, um fator que contribui para que isso ocorra é a ausência de coletores, registrado por 83,72% da população. Quando perguntado aos visitantes se eles observaram a presença de coletores nos passeios das praias e no Museu, 78 % não souberam responder. Esse cenário confirma o fato de que as questões relacionadas aos resíduos são realmente precárias.

Responsabilidade ambiental das pessoas

A amostragem quanto ao interesse pelas causas ambientais é bem expressiva, tanto para residentes como para visitantes do museu, em sua maioria responderam que sim. Os visitantes unanimemente (100%) sabem o que significa impacto ambiental, já os residentes, 79,07% conhecem o significado do termo, parcela bem expressiva figura 08.

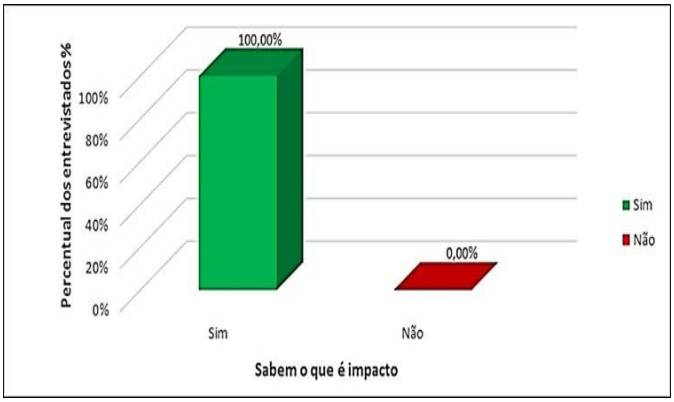


Figura 08 – Conhecimento dos visitantes quanto ao significado do termo impacto ambiental. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O trabalho de Sousa et al. (2016, p.3) realizado no Parque do Cocó como um todo, relata que:

> "Cerca de 91,33% dos entrevistados mostraram interesse pelas causas ambientais, ressaltando a importância da educação ambiental para conscientização das pessoas como a forma mais eficaz de garantir a preservação dos recursos naturais do Parque, das espécies que o habitam e para a manutenção da limpeza do próprio Parque, do rio homônimo e do seu entorno".

Comparando com os dados de Sousa et al. (2016) com os registrados neste estudo, nota-se que em ambos as pessoas afirmam ter esse interesse pelas causas ambientais, o que é muito significativo para a preservação da região.

Como ambos os grupos entrevistados tinham o conhecimento do significado do termo "impacto ambiental", foi pedido que apontassem quais impactos consideravam existentes na Sabiaguaba. A visão dos visitantes foi bem distinta da visão dos residentes que realmente sentem os impactos no seu dia a dia. Para os visitantes foi apontado por 99,01% que a degradação do manguezal era o único impacto que acontecia na Boca da Barra e os demais entrevistados (0,99%)

apontaram a poluição da praia como único impacto. Ressalta- se que na comunidade ocorre atividades propostas para o desenvolvimento das questões ambientais.

Quando comparado com o trabalho de Sousa et al. (2016), "Impacto ambiental é qualquer alteração, positiva ou negativa, realizada de forma antrópica que cause alteração no meio ambiente. Entre os entrevistados, 75,57% afirmaram saber o que significa impacto ambiental", apesar de muitas vezes associarem à palavra impacto apenas para o lado negativo.

Segundo relatos dos residentes entrevistados: "A degradação do manguezal que foi apontado pelos visitantes como o maior impacto, na verdade não é tão significante, e esse impacto ocorreu em decorrência de outro, a construção da ponte que liga a região da Sabiaguaba e Caça e Pesca". Os entrevistados afirmam que "antes da construção da ponte o mangue era preservado e, nos dias atuais, ele também se encontra preservado, na medida do possível". E fato que para os residentes todos os impactos ocorrem, 41,86% dos entrevistados apontaram isso, seguido da construção da ponte, corroborando com os relatos dos residentes citados no parágrafo anterior.

De acordo com Mesquita (2010, p. 156, 157): "[...] ponte sobre o rio Cocó, como outras transformações significativas que aceleram de forma cada vez mais intensa as modificações nas relações sociais, no modo de vida e na relação com a natureza nestas comunidades fortalezenses". Diante desses fatos, o que está faltando na Sabiaguaba para que todas essas questões ambientais melhorem é a falta investimentos do Governo (como ações de gestão da UC, ações de fiscalização, ordenamento do território, etc), apontada por 66,34% dos visitantes e 61,90% dos residentes.

Falta maior monitoramento por parte dos órgãos fiscalizadores estaduais e federais, visto que a região cercada por inúmeros recursos naturais e áreas protegidas. Além do monitoramento, é necessário investimentos nas áreas voltadas para o lazer, turismo, segurança e educação. A área ainda tem aspecto de abandono, não tem áreas direcionadas para o lazer da população e, ainda há relatos de assaltos na região, bem como nenhuma polícia é vista no local. Cabe ao governo promover oficinas de educação ambiental e também voltadas para estimular o turismo no local.

Parques do Cocó e Sabiaguaba

Entre os entrevistados, 81,4% tem conhecimento que a região da Sabiaguaba compõe o Parque do Cocó desde 2016, 16,28% não sabem e 2,33% não souberam responder figura 09.

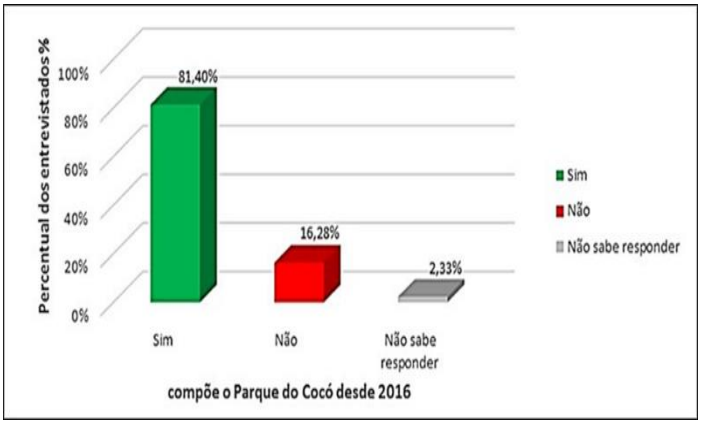


Figura 09 – Conhecimento dos moradores em relação à região da Sabiaguaba pertencente ao Parque do Cocó desce 2016.
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Quanto à opinião dos residentes, 72,09% apontaram que o fato da Sabiaguaba compor oficialmente o Parque Estadual do Cocó tem provocado alterações na comunidade local relacionadas ao uso e ocupação da área.

Em relação ao Parque provocar congestionamento como redução nas construções, aberturas de comércios, passeios pelo mangue, etc., de

outros atrativos na comunidade, 58,14% acham que congestiona e 11,63% não responderam.

E com relação aos efeitos da criação do Parque como equipamento de recreação, as opiniões foram bem diversificadas, onde 33,33% acham que não interfere, 30,95% apontaram que aumenta a oferta de recreação na Sabiaguaba, 23,81% registraram que diminui a oferta de recreação na região, e 11,90% não souberam responder figura 10.

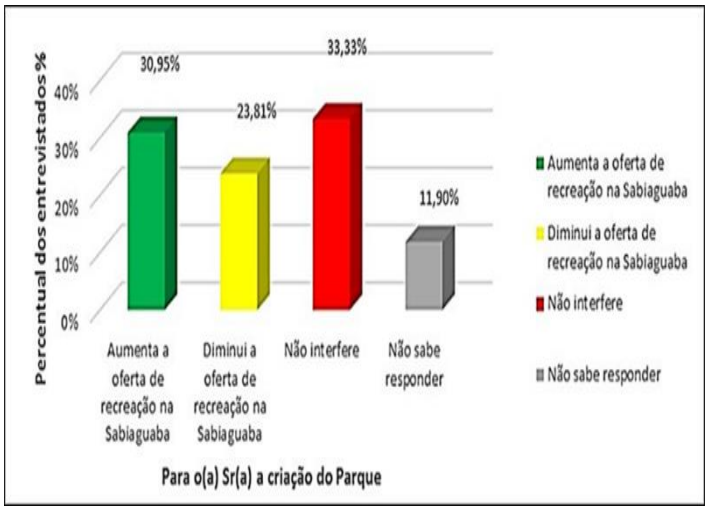


Figura 10 – Percepção dos moradores quanto à criação do Parque como equipamento de recreação. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Com a criação do Parque, os entrevistados acreditam que exista uma permanência da oferta de produtos e serviços na comunidade, e não aumenta a renda, ou seja, o poder de compra e a oferta de empregos das pessoas que moram em sua cidade, além disso apontam que não interfere no custo de vida e nos preços dos produtos.

CONCLUSÃO

Os impactos gerados pelas atividades devem ser amplamente discutidos com a comunidade nativa. É necessária a implantação de programas de capacitação técnica e melhoria da qualidade do ensino, visando eliminar ou minimizar a segregação da comunidade local em relação às atividades turísticas.

Levando-se em consideração o ecossistema presente, sendo um dos ecossistemas costeiros mais importantes a niveis mundiais, deve-se ter uma preocupação maior com o seu uso e ocupação.

Diante deste contexto, integrando-se todos os pontos abordados, nota-se a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas que priorizem a gestão ambiental, que gerem um ordenamento territorial que respeite as fragilidades dos ecossistemas e explore as suas potencialidades de uma forma sustentável, uma vez que tanto a comunidade como os visitantes apontam que o que mais falta é investimento do Governo. Ressalta-se ainda a importância da inclusão de todos os atores da comunidade local, tanto nos programas sociais como ambientais, com o propósito de melhorar a qualidade de vida da população

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre proteger meu anjo da guarda, iluminar meus caminhos e me enviar pessoas sabias quando eu mais precisei.

E, por todos que me acolheram na Sabiaguaba, especialmente, Rusty, Sineide e Fabiana que sempre estiveram de portas abertas para me receber. A querida Luiza, que me ajudou demais a concluir minhas pesquisas, que me acolheu em sua casa, e me proporcionou momentos únicos. Enfim, a essa comunidade, que doou seu tempo e que, de alguma forma, contribuiu para que a minha jornada acadêmica se tornasse um propósito maior.

A Universidade de fortaleza e aos demais envolvidos na elaboração desse trabalho.

REFERÊNCIAS

BARROS, Fabiana Pinho, FERREIRA, Rafael Lopes. **O Ecomuseu Natural do Mangue:** ações educativas e reflorestamento. 2007. Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact

=8&ved=0ahUKEwi32d7I4rvXAhXCjZAKHU3lC84QFgg8MAM&url=https://prosas.com.br

/system/arquivos/arquivos/000/011/233/original/O_ECOMUSEU_NATURAL_DO_MANGU E A%C3%87%C3%95ES_EDUCATIVAS_E_DE_REFLORESTAMENTO_0_143010.do

cx?1473119885&usg=AOvVaw0UnGXKE1p4UX89cXyErpRq>. Acesso em: 13 nov. 2017.

BRASIL. Decreto nº 20.253, de 05 de setembro de 1989. Declara de interesse social para fins de desapropriação as áreas de terra que indica e dá outras providências. Decreto nº 20.253.

Brasília, DF: **DOU,** de 05 set. 1989. Disponível em:

<ttp://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=1 61 >. Acesso em: 13 ago. 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. BRASI. Resolução CONAMA nº 369. Brasília, DF: **DOU**, no 61, de 29 de março de 2006, Seção 1, páginas 150 – 151. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_369.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CÂMARA, A. S. V. M. et al. **A delimitação do Parque do Cocó:** conflito socioambiental decorrente de sobreposição com APA da Sabiaguaba**.** 2016. Disponível em:

<https://unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2017/05/RELATORIO-TECNICO-SABIAGUABA.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2017.

CEARÁ. SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE FORTALEZA. **Microáreas**

de Fortaleza. Disponível em: http://www.sms.fortaleza.ce.gov.br/microarea/. Acesso em: 05 de jan. de 2009(a).

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). **Criação de unidades de conservação do rio Cocó.** Disponível em:

<http://www.sema.ce.gov.br/attachments/article/45074/RELATORIO TÉCNICO CRIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO RIO COCÓ .pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

CEARÁ. Adriano Sarquis Bezerra de Menezes, Cleyber Nascimento de Medeiros. Secretaria do Planejamento e Gestão - Seplag (Org.). **Perfil socioeconômico se Fortaleza.** 2. ed.

Fortaleza: [s.n], 2012. 186 p. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Perfil Socioeconômico Fortaleza final-email.pdf>. Acesso em: 06 maio 2018.

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente - SEMA. **Parque do Cocó será regulamentado após 40 anos.** 2017. Disponível em: <http://www.sema.ce.gov.br/index.php/sala-deimprensa/noticias/46151-parque-do-coco-sera-regulamentado-apos-40-anos>. Acesso em: 22 out. 2017.

CRISOSTOMO, Sineide; PINHO, Fabiana. Uma semana no Ecomuseu. **Jornal Dizer O Indizível: Periódico do Ecomuseu Natural do Mangue.** Fortaleza, p. 1-1. 11 jun. 2017.

FORTALEZA. CAIO FAHEINA. **Cocó:** parque é regulamentado após 40 anos**.** 2017. Disponível em: <http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/20389-coco-parque-e-regulamentado-apos-40-anos>. Acesso em: 13 ago. 2017

JESUS, M. L. M. de. **O ecomuseu natural do mangue da Sabiaguaba na trilha da educação científica:** uma trama de (in)certezas e perseverança. 2015. 122 f.

Dissertação de Mestrado, Curso de Educação Brasileira, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/ 17656/1/2015_dis_mlmjesus.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

MESQUITA, V. (Org.). **Plano de manejo:** Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba. 2010. Disponível em:

<https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/planejamento/plano_de_manejo_da_sabiaguaba.pdf>. Acesso em: 06 maio 2018.

SOARES, J. M. B. **Parque Ecológico do Cocó**: A produção do espaço urbano no entorno de áreas de proteção ambienta. 2005. 151 f. Dissertação de Mestrado, Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/16354/ 1/2005_dis_jmbsoares. pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.

SOUSA, L. C. de et al. Impactos ambientais de um parque urbano: o que pensam seus usuários? 2016. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA UNIVERSIDADE DE

FORTALEZA, 22., 2016, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: EIC, 2016. p. 1-8. Disponível em:

<http://uol.unifor.br/oul/conteudosite/?cdConteudo =6929391>. Acesso em: 15 out. 2017.

PARTE 4

Vulnerabilidade e Riscos Futuros na Zona Costeira Brasileira e Portuguesa

Capítulo 22

Eventos meteo-oceanográficos extremos e riscos de Inundação no litoral Sul do Brasil

Capítulo 23

O caso do barro na Praia do Cassino: incidências e interpretações acerca dos depósitos lamíticos na zona costeira da cidade de Rio Grande/RS

Capítulo 24

Práticas de resistência socioambiental na zona costeira Gaúcha: o caso do movimento “fora celulose”

Capítulo 25

Implicações do aumento do nível do mar para a orla norte de Porto Seguro (Bahia, Brasil): desafios para Gestão Costeira Integrada

Capítulo 26

Risco de salinização das terras do Delta do Parnaíba (PI)

Capítulo 27

Padrões de distribuição de associações de macroinvertebrados bentónicos em pequenos estuários da costa portuguesa - terão utilidade na gestão costeira?

Capítulo 28

Discussão sobre as mudanças climáticas como fatores determinantes para a oscilação do nível do mar

Capítulo 29

Estimativa do transporte longitudinal de sedimentos na costa brasileira

Capítulo 22

Eventos meteo-oceanográficos extremos e riscos de Inundação no litoral Sul do Brasil

EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS EXTREMOS E RISCOS DE INUNDAÇÃO NO LITORAL SUL DO BRASIL

Natan Zambroni Maia[1], Lauro Júlio Calliari[2] & João Luiz Nicolodi[3]

[1,2,3] Laboratório de Oceanografia Geológica, Universidade Fereral do Rio Grande (FURG) - CP 474, CEP 96201-900, Rio Grande, Brazil. [1]natanzambroni@gmail.com [2]lcalliari@log.furg.br [3]joaoluiznicolodi@gmail.com

RESUMO

As oscilações do nível do mar são resultado das contínuas interações astronômicas, oceanográficas e atmosféricas em diferentes escalas de tempo e intensidade. Desta forma, a ação conjunta das forçantes maré, vento, pressão atmosférica e ondulação podem induzir a elevação do nível do mar durante a passagem de ciclones sobre a plataforma continental, impactando abruptamente à costa adjacente. O objetivo deste trabalho é avaliar os riscos potenciais da elevação do nível médio do mar e de inundações costeiras associados à passagem de ciclones no sul do Brasil. Foi desenvolvido um modelo analítico para tal baseado em tempestades extremas ocorridas entre 1997 e 2008, identificando a contribuição de cada forçante na elevação do nível do mar. Através da elaboração de um modelo de elevação digital do terreno foi possível identificar as áreas mais vulneráveis a inundações pela sobreposição das cotas de elevação calculadas ao mesmo. Durante os eventos de tempestade, as elevações do nível do mar atingiram cotas de 2 a 5m tendo como principal forçante o vento, seguido das ondas, maré astronômica e finalmente a pressão.

PALAVRAS CHAVE: Ciclones; vento; onda; Modelo Digital de Terreno

EXTREME METEO-OCEANOGRAPHIC EVENTS AND FLOOD RISK ON THE SOUTHERN COAST OF BRAZIL

ABSTRACT

Sea level oscillations are a result of continuous astronomic, oceanographic, and atmospheric interactions on different time and intensity scales. Thus, the collective action of forcing factors such as tide, wind, atmospheric pressure, and wave action may lead to elevated sea levels during cyclone events over the continental shelf, abruptly impacting adjacent coasts. The objective of this study is to evaluate the potential risks of sea level rise and coastal flooding associated with the passage of cyclones in southern Brazil. An analytical model was developed based on extreme storm events from 1997 to 2008. The model identifies the impact of each forcing factor during temporary sea level rise. Through the development of a digital terrain model, it was possible to identify the areas most vulnerable to flooding by superimposing the terrain model on to calculated sea levels. During storm events, sea level elevations ranged from 2 to 5m and show wind as the major forcing factor, followed by swells waves, astronomical tide and finally atmospheric pressure.

KEYWORD: Cyclones, wind, wave, Digital Terrain Model

INTRODUÇÃO

A ação conjunta das forçantes maré, vento, pressão e ondulação pode induzir o aumento do nível do mar e impactar bruscamente setores costeiros expostos. A compreensão do comportamento de tempestades e suas interações com o oceano adjacente fornecem subsídios para a mensuração das variações do nível da água sobre o continente. Por este motivo, é crucial a identificação das áreas de risco à inundação para criar estratégias de mitigação e adaptação frente a

cenários de elevação do nível dos oceanos sobretudo quando induzidos por eventos meteo-oceanográficos extremos.

As oscilações do nível do mar respondem continuamente às interações astronômicas, oceanográficas e atmosféricas em uma ampla gama de períodos (GILL, 1982). Desta forma os registros de nível do mar contêm um complexo espectro de assinaturas que incluem as marés com períodos de menos de 1 dia até as mudanças eustáticas globais que ocorrem com períodos seculares (GORING, 1995). Existe uma pequena área neste espectro, entre 3 e 15 dias, que combina variações de pressão atmosférica e vento que afetam o nível do mar. Esta influência meteorológica produz fluxos de baixa oscilação no nível dos oceanos, conhecidos como marés meteorológicas, que podem se propagar ao longo ou em direção à linha de costa (TRUCCOLO, 2006).

Segundo PUGH (1987), a maré meteorológica pode ser definida como a diferença entre a maré observada e a maré astronômica, podendo ser desta forma negativa ou positiva ("storm surge"). A maré meteorológica é, portanto, responsável pelo aumento ou diminuição do nível do mar em relação às marés astronômicas observadas em um dado local. Este fenômeno é positivo e geralmente mais importante quando os registros são maiores do que aqueles previstos pela maré astronômica, o que implica em intrusão de água do mar em locais onde normalmente não acontece, causando grandes inundações (MARONE & CAMARGO, 1994). Porém, quando negativa, a maré meteorológica prejudica consideravelmente as atividades portuárias.

Marés meteorológicas são fenômenos que consistem em dois componentes principais: a fricção do vento sobre a superfície do mar resulta na transferência de *momentum* da atmosfera para o oceano e, assim, ventos intensos com uma longa pista oceânica sopram em direção ao continente e "empilham" água na zona costeira ("wind set-up"), enquanto a baixa pressão barométrica associada às rotações ciclônicas faz aumentar o nível do oceano (efeito do barômetro inverso – "barometric set-up", Pugh, 1987; BENAVENTE et al., 2006). Adicionalmente, um terceiro fator, o aumento da altura da arrebentação, resulta também no aumento do nível da água na zona de surfe ("wave set-up") atingindo áreas mais interiores que as ondas normais, pelo fato de transferir a zona de arrebentação em direção à costa (BENAVENTE, op. cit.). Desta forma, segundo MARONE & CAMARGO (1994), as marés meteorológicas positivas podem ser mais intensas dependendo da amplitude e período das ondas, que geralmente acompanham estes eventos quando são mais significativos.

Durante as condições de alta energia (tempestades), o nível médio da água do mar aumenta em função da maré, vento, pressão e onda. Desta forma, a praia e as dunas são fortemente atacadas pelas ondas incidentes e geralmente resultam em processos erosivos. Quando ondas de tempestade chegam à praia, estas quebram com muita intensidade e como consequência um grande volume de água é lançado sobre a face da praia (VAN RIJN, 2009). Entende-se então que além da elevação do nível do mar pela presença de uma onda longa de plataforma (maré) há o empilhamento de água na costa pelo processo de arrebentação das ondas (MARONE & CAMARGO, 1994), onde o gradiente de pressão atmosférico é a causa da formação dos ventos e estes são os responsáveis por gerar ondas e elevações do nível do mar. Quando o gradiente de pressão atmosférica é muito intenso há possibilidade de formação de ciclones extratropicais, responsáveis por gerar ondas de alturas elevadas às quais se propagam por longas distâncias até a costa como ondulações ("swell"). O empilhamento de

água por estas ondas associado às marés astronômicas de sizígia acentua o poder erosivo atuante na costa por causarem sobrelevação acima do prisma de maré (PARISE, 2007).

A combinação da maré meteorológica positiva com o set-up de onda pode resultar em valores extremos de run-up de onda (máxima excursão vertical do swash na face da praia), o que pode resultar em galgamento do cordão dunar e também de obras de defesa costeira, principalmente quando estas tempestades coincidem com marés astronômicas de sizígia e, desta forma, erosão e inundações podem ocorrer em áreas onde normalmente não ocorrem (BENAVENTE et al., 2006).

Segundo FERREIRA (2006), as tempestades associadas às marés meteorológicas são o fator mais importante que controlam, em curto prazo, os movimentos da linha de costa. Desta forma, a ação das marés meteorológicas na costa pode resultar em diversos prejuízos para as comunidades costeiras, como através da deposição de lama fluida na praia (CALLIARI & FARIA, 2003), perda de terrenos, destruição das propriedades e hábitats naturais, desvalorização imobiliária e turística, redução no arrecadamento de impostos além da perda de vidas. Porém, a distribuição dos efeitos de uma tempestade em uma costa depende de muitas variáveis como morfologia subaquosa, padrões de refração e difração de onda, balanço sedimentar, comportamento morfodinâmico da praia, desenvolvimento dunar e também intervenções humanas na linha de costa (BENAVENTE et al., 2002).

As consequências potenciais destas tempestades implicam na necessidade de ferramentas que reconheçam zonas vulneráveis ao risco de inundações. Este fator tem sido modelado e as informações resultantes constituem a base para mapeamentos de riscos costeiros (BENAVENTE et al., 2006). Em áreas costeiras onde há ocupação urbana é prudente tomar precauções contra súbitas e frequentes subidas do nível do mar potencialmente perigosas (FERREIRA, 2006). A mensuração do recuo resultante da erosão costeira por tempestades é um dos fenômenos mais importantes que precisa ser quantificado com precisão para facilitar as estratégias eficazes de gestão das zonas costeiras (CALLAGHAN et al., 2009).

Neste contexto, com o objetivo de avaliar os riscos costeiros relacionados à inundação pela ação conjugada de marés meteorológicas e wave run-up no Balneário Hermenegildo, o presente estudo desenvolveu um modelo analítico para o cálculo da elevação do nível do mar durante a ocorrência de tempestades. O balneário em questão situa-se no extremo sul do Brasil (Figura 1) e sofre com intensos processos erosivos que são potencializados quando o mesmo é atingido por tempestades.

O modelo desenvolvido utiliza-se de dados referentes à onda, vento, pressão, maré e topografia do terreno para, de forma analítica, calcular valores de elevação do nível do mar e é de aplicação direta em avaliações de risco à inundação costeira associados à passagem de ciclones.

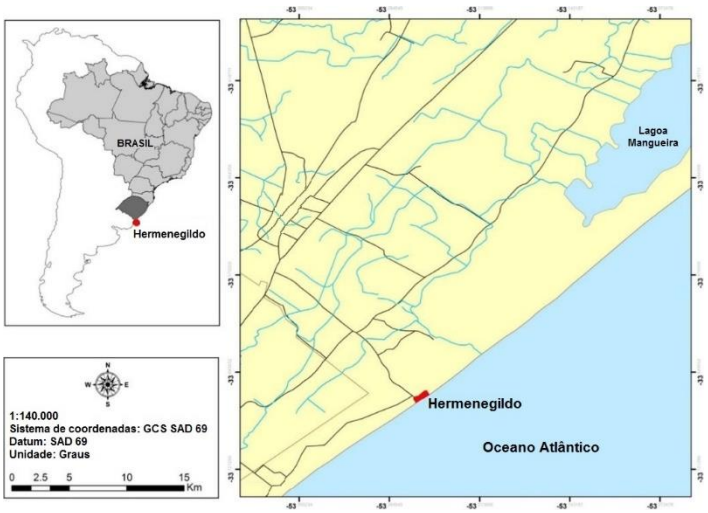


Figura 1: Balneário Hermenegildo, litoral sul do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

A sequência metodológica para o desenvolvimento deste trabalho seguiu a seguinte cronologia: obtenção e tratamento dos dados referentes à onda, vento, pressão e maré astronômica; elaboração e validação do modelo analítico do cálculo de elevação do nível do mar; implementação do modelo analítico para o cálculo de nível dos eventos selecionados; elaboração do modelo digital do terreno e, por fim, a elaboração das ilustrações referentes aos níveis de inundação calculados entre 1997 e 2008.

Ondas

Os dados referentes à onda foram obtidos utilizando as saídas do modelo global Wave Watch III do NCEP/NOAA. Foram utilizadas informações a respeito da altura significativa e período de onda, com resolução temporal de 3h. O modelo possui resolução espacial de 1° x 1,25°, sendo escolhido o ponto compreendido pelas coordenadas 34°S e 52,5°W para a obtenção dos dados e situa-se a 80km da costa.

Vento e Pressão

Os dados referentes ao vento e à pressão atmosférica são oriundos do banco de dados do Projeto Reanálise R-1 do NCEP/NCAR. Os dados de Reanálise possuem resolução temporal de 6h e resolução espacial de 2.5° x 2.5°. Para este estudo, foram utilizados os dados referentes ao ponto compreendido pelas coordenadas 32,5°S e 52,5°W e, assim como os dados de onda, este ponto foi escolhido de acordo com a saída do modelo por ser o mais próximo ao Balneário Hermenegildo sobre a plataforma continental. Para o cálculo da velocidade resultante vento, foram utilizadas as componentes zonal (u) e meridional (v) a 10m de altura (BOWDEN, 1983) e, para a pressão atmosférica, seus respectivos valores ao nível médio do mar.

Maré astronômica

Os dados referentes à maré astronômica são provenientes da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. Pela ausência de dados específicos para o Balneário Hermenegildo, optou-se por utilizar as previsões de maré por análise harmônica realizadas para a costa adjacente à cidade de Rio Grande (RS), distante cerca de 200km da área de estudo. Porém, as duas regiões apresentam o mesmo regime de maré.

Elaboração do modelo analítico

Para o cálculo de elevação do nível do mar durante a ocorrência de tempestades induzido pela passagem de ciclones, foi elaborado um modelo analítico (Equação 1). Desta forma, a elevação da superfície da água foi calculada levando-se em conta cada um dos fatores contribuintes para tal, os quais são descritos abaixo:

$$\eta t = \eta v + \eta o + \eta p + \eta m$$

Equação 1. Modelo analítico para o cálculo da elevação do nível do mar durante tempestades induzidas por ciclones.

onde,

ηt= elevação do nível total;

ηv= elevação do nível induzida pelo vento (wind set-up);

ηo= elevação do nível induzida por onda (wave run-up);

ηp= elevação do nível induzida pela pressão atmosférica (barometric set-up);

ηm= elevação do nível induzida pela maré astronômica.

Elevação do nível induzida pelo vento (wind set-up)

Para o cálculo da elevação do nível induzido pelo vento, foi utilizada a equação proposta por CSANADY (1982) para ventos paralelos à costa (Equação 2).

$$\eta v = \frac{u_*^2}{fc}\left[(ft)\, e^{-\frac{x}{R}}\right]$$

Equação 2. Elevação do nível induzido pelo vento.

Onde,

ηv= elevação do nível induzido pelo vento (wind set-up) (m);

u_*= stress do vento na superfície da água (m/s^{-1});

f= Parâmetro de Coriolis (1/s);

c= velocidade de onda em águas rasas (m/s);

t= tempo de duração do evento (s);

x= distância do ponto da elevação desejada até a costa, adotada neste trabalho como 0m (por desejar-se a elevação do nível na costa);

R= Raio de deformação de Rossby (m).

Onde,

$$f = 2.\Omega.sen(\alpha)$$

Equação 3. Cálculo do Parâmetro de Coriolis.

$$c = \sqrt{g.H}$$

Equação 4. Cálculo da velocidade de propagação de ondas em águas rasas.

$$R = \frac{c}{f}$$

Equação 5. Cálculo do Raio de deformação de Rossby.

Sendo,

Ω= $7{,}292 \times 10^{-5}$;

α= -34°;

g= 9,8m/s;

H= profundidade média da plataforma, adotada neste trabalho como 100m.

E também,

$$u_*^2 = \frac{\tau}{\rho_a}$$

Equação 6. Stress do vento na superfície da água.

Sendo,

ρ_a= densidade da água ($1024 kg/m^3$);

τ= tensão de cisalhamento do vento.

$$\tau = \rho_{ar}\,.Cd.V^2$$

Equação 7. Cálculo da tensão de cisalhamento do vento.

Sendo,

ρ_{ar}= densidade do ar ($1{,}25 kg/m^3$);

V= velocidade do vento (m/s);

Cd= coeficiente de arrasto do vento, dependente da velocidade do vento e oriundo de BOWDEN (1983).

A Equação 2 assume a profundidade constante ao longo de todo o escoamento do fluido até a costa e não considera o atrito da água com o fundo e, desta forma, de acordo com o autor (CSANADY, 1982), enquanto houver atuação do vento há empilhamento de água na costa de forma linear. Os eventos analisados foram inicialmente selecionados em função do comportamento do vento, sendo necessário os ciclones estarem localizados sobre a plataforma continental e o vento com fluxo paralelo à costa, proveniente de SW. Para o valor de velocidade do vento inserido na equação, foi calculada e utilizada a média das velocidades durante a duração do evento.

Elevação do nível induzida por onda (wave run-up)

O aumento do wave run-up na costa causado pelo aumento da altura de onda durante a ocorrência de tempestades foi calculado por meio da Equação 8 proposta por BATTJES (1971), permitindo assim, avaliar a máxima excursão vertical da onda na face da praia.

$$\eta o = (H_s\,.\,L_0{}')^{0.5}\,.Tan\beta$$

Equação 8. Cálculo do wave run-up.

Onde,

Hs = altura significativa de onda em águas profundas;

L_0 = comprimento de onda;

β = declividade da face da praia em graus, adotada neste trabalho como 2,6°, retirado de PEREIRA et al. (2010).

Sendo ainda que,

$$L_0{}' = 1{,}56\,T^2$$

Equação 9. Cálculo do comprimento de onda.

Onde,

T= período de pico associado à altura de onda significativa.

A Equação 8 foi também utilizada por FERREIRA et al. (2006) e FREITAS et al. (2010) para, respectivamente, mensuração de *overwash* e cálculo de níveis de inundação na Península de Ancão (Portugal) e Enseada do Itapocorói (Brasil). Para o valor de altura de onda inserido na equação, foi calculada e utilizada a média das alturas significativas durante a duração do evento, assim como também para o período de onda.

Elevação do nível induzida pela pressão atmosférica (barometric set-up)

A elevação do nível do mar induzida pela pressão atmosférica foi calculada através do efeito do Barômetro Inverso. Segundo BENAVENTE (2006), desde que as baixas pressões persistam por um intervalo de tempo suficiente, o nível da água aumenta na proporção de 1cm para a queda de cada milibar (ou 1hPa) na pressão atmosférica na superfície do mar. O efeito do barômetro inverso implica na resposta isostática do nível do mar ao equilíbrio aplicado pelo gradiente de pressão (TRUCCOLO et al., 2006). Sendo assim, foram calculados os valores relativos às quedas de pressão induzidas pela passagem dos ciclones. BENAVENTE (op cit.) também utilizou este princípio para identificar as áreas de inundações no pontal de Valdelagrana na costa da Espanha.

Elevação do nível induzida pela maré astronômica

Para cada evento, a fim de caracterizar o pior cenário de elevação, foi selecionado o valor correspondente à maior elevação de maré astronômica durante a passagem dos ciclones pela costa. Assim, a Equação 1 calcula os valores mais extremos de elevação do nível do mar durante os eventos de tempestade.

Elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT)

A aquisição de dados foi realizada com uso de um GPS geodésico (RTK) o qual possui um erro mínimo de 5mm, dados altimétricos referenciados ao elipsóide GRS-80 e opera com código C/A (1023MHz) e portadoras L1(1575,42MHz) e L2 (1227,60MHz). A coleta de dados foi realizada através do método *stop and go.*

Elaboração das ilustrações referentes aos níveis de inundação

Os resultados obtidos pela Equação 1 fornecem os valores de elevação do nível do mar durante a ocorrência de uma tempestade na costa e, desta forma, quando comparado com as cotas altimétricas do Modelo Digital do Terreno indicam as áreas de potenciais inundações costeiras. BENAVENTE et al. (2006) e FREITAS et al. (2010) obtiveram resultados bastante satisfatórios para identificação de áreas vulneráveis à inundação sobrepondo cotas de elevação do nível do mar aos seus respectivos MDTs.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Validação do modelo analítico

Para a validação do modelo analítico foram utilizados como base para cálculo e validação os

valores das marés meteorológicas monitoradas por PARISE et al. (2009) na praia do Cassino (RS) durante os anos de 2006 e 2007. Utilizando o modelo analítico desenvolvido, foram então calculados para a praia do Cassino os valores da elevação do nível do mar (incluindo as marés meteorológicas) referentes aos 23 eventos monitorados por PARISE et al. (op. cit). Para tal foi retirado do referido trabalho somente a declividade da praia (1,19°), o período de ocorrência dos eventos e seus respectivos valores de marés meteorológicas. Desta forma, a fim de avaliar a acurácia do modelo analítico, comparou-se os valores calculados com aqueles medidos em campo (Tabela I (Anexo 1) e Figura 2), e, posteriormente, foi calculada a correlação entre os mesmos (Figura 3).

Foi encontrado um coeficiente de correlação (R) positivo com o valor de 0,66 e valor p= 0,0005, sendo estatisticamente considerado moderadamente alto e significante (para α=0,05). Porém, levando-se em conta todas as simplificações assumidas para a elaboração do modelo analítico e ainda potenciais imprecisões nos valores registrados por PARISE et al. (2009), a correlação existente entre os dados pode ser considerada bastante satisfatória.

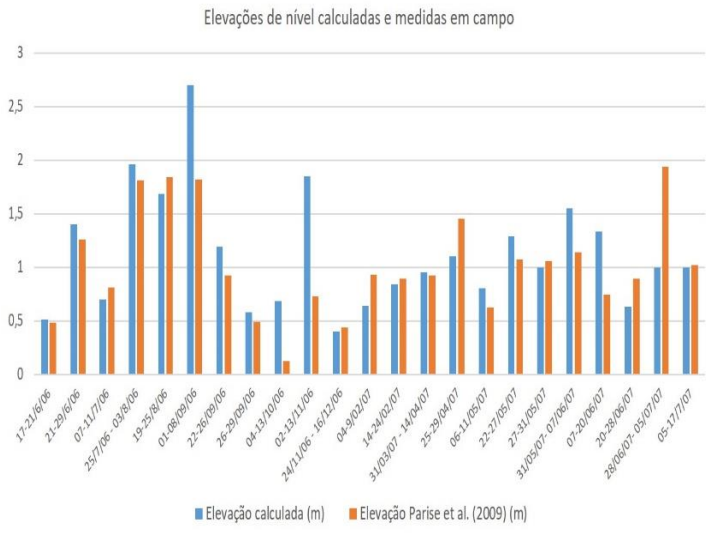


Figura 2. Elevações do nível do mar calculadas pelo modelo analítico e elevações medidas em campo por Parise *et al.* (2009).

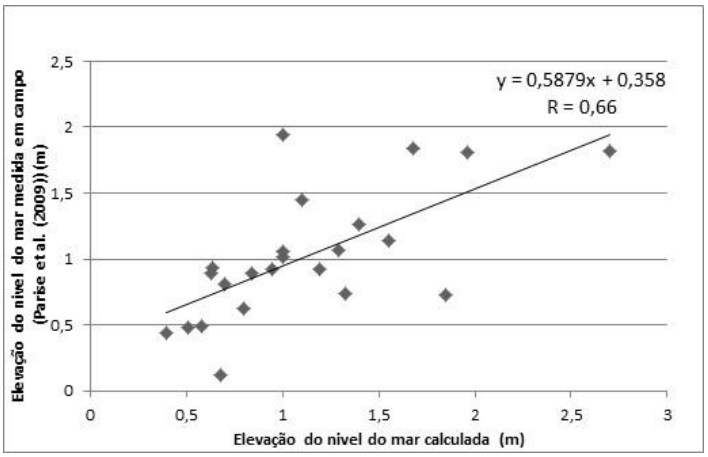


Figura 3. Correlação linear entre os valores de elevação do nível do mar medidos em campo (PARISE et al. (2009)) e os calculados pelo modelo analítico.

A equação que descreve a relação entre os dados é:

$$Y=0,5879x + 0,358$$

Equação 10. Equação da correlação linear entre os valores de elevação do nível do mar medidos em campo (PARISE et al. (2009)) e os calculados pelo modelo analítico.

Por não considerar o atrito da água com o fundo, o modelo considera o empilhamento de água na costa de forma linear enquanto houver atuação do vento. Assim, os valores finais calculados das elevações do nível do mar sob velocidades de vento elevadas e longo período de duração podem estar superestimados.

Desta forma foi também calculada a correlação excluindo os eventos em que este comportamento foi observado, assim como o evento em que a maré meteorológica registrada por PARISE et al. (2009) apresentou um valor não condizente e bastante inferior ao esperado em função das suas características de pressão, vento e onda. Neste sentido esta correlação exclui os eventos registrados compreendidos entre os períodos de 1 a 8/09/06, 4 a 13/10/06, 2 a 13/11/06 e 7 a 20/06/07. O coeficiente de correlação recalculado (Figura 4) apresentou também um valor positivo e sensivelmente maior que o anterior, sendo R=0,77 e

valor p=0,0001, e assim, considerado estatisticamente alto e também significante (sendo α=0,05).

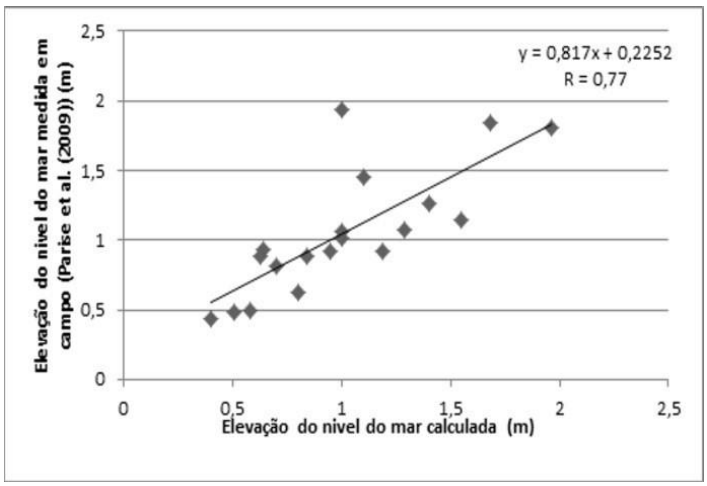


Figura 4. Correlação linear recalculada entre os valores de elevação do nível do mar medidos em campo (PARISE et al. (2009)) e os calculados pelo modelo analítico.

A equação que descreve a relação entre os dados refinados é:

$$Y=0,817x + 0,2252$$

Equação 11. Equação da correlação linear entre os valores refinados de elevação do nível do mar medidos em campo (PARISE et al. (2009)) e os recalculados pelo modelo analítico.

Implementação do modelo analítico

Para a implementação do modelo analítico foram selecionados os eventos mais extremos compreendidos entre os anos de 1997 e 2008 para o litoral do Rio Grande do Sul identificados por MELO et al. (2010). Através de modelagem numérica os autores identificaram os eventos com as maiores alturas de onda entre os anos de 1979 e 2008. No presente estudo, justifica-se a seleção dos eventos de 1997 em diante pela disponibilização dos dados de onda do Wave Watch III ser a partir deste ano. Foram então calculados com o modelo analítico os valores de elevação do nível do mar para 16 eventos induzidos pela passagem de ciclones compreendidos neste período, onde suas respectivas características atmosféricas e hidrodinâmicas são apresentadas na Tabela II (Anexo 2).

Contribuições das forçantes para a elevação do nível do mar durante a passagem de ciclones

De acordo com BENAVENTE et al. (2006), a influência das variáveis que afetam a elevação do nível do mar durante uma "storm surge" depende da intensidade das tempestades geradas pela passagem dos sistemas frontais. Desta forma, durante a passagem dos ciclones os valores de elevação do nível do mar oscilaram entre 2 e 5m. Estes valores extremos apresentaram relação direta com o comportamento do vento, onde o menor valor de elevação do nível do mar, 2m, foi registrado sob a menor velocidade do vento, 6.1m/s. Analogamente, o maior valor de elevação do nível, 5m, foi registrado sob a maior velocidade do vento, 14.9m/s.

De uma forma geral, referente às contribuições de cada forçante nos níveis de elevação demonstrados na Tabela III (Anexo 3) e Figura 5, o vento possui uma maior contribuição do que as outras forçantes para a elevação do nível mar. Em média o vento foi responsável pela indução das elevações dos níveis em 43%, seguido da ondulação por 35%, da maré astronômica por 15% e finalmente pela pressão, responsável por 7%. Em estudos desenvolvidos no sudoeste espanhol, BENAVENTE et al., (op. cit) creditaram ao vento uma indução de 60% da elevação do nível do mar durante a ocorrência de uma tempestade induzida por ciclone, enquanto que à ondulação, uma indução de 30% foi creditada.

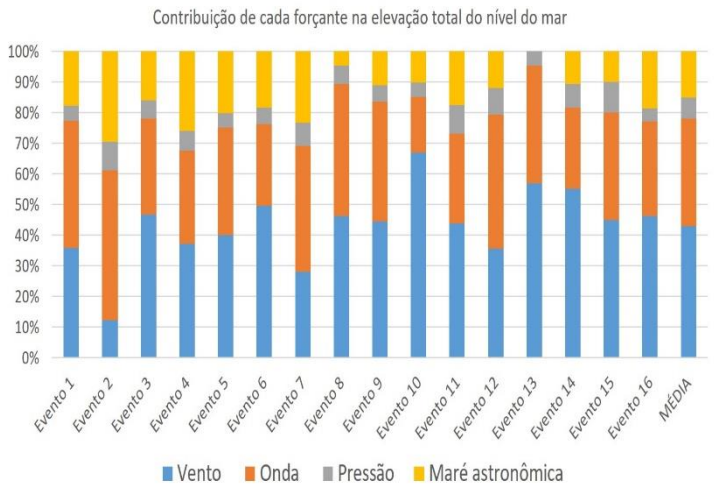


Figura 5. Percentual de contribuição de cada forçante na elevação total do nível do mar.

Para todos os 16 eventos analisados o vento foi proveniente de SW, que para o litoral do Rio Grande do Sul, em função da orientação NE-SW de sua costa, propicia o empilhamento de água na mesma como resultado do efeito de Coriolis. Este comportamento foi também observado por SARAIVA et al. (2003) e PARISE (2007), onde os autores relacionaram as elevações do nível do mar durante a passagem de ciclones com vento SW em respectivamente 85 e 70% dos casos. Estudando a ocorrência de marés meteorológicas no sul do Brasil, TRUCCOLO et al. (2006) também encontraram como principal agente empilhador de água na costa o vento paralelo à mesma. Segundo os autores, a principal forçante que promove as oscilações positivas e negativas do nível do mar são as componentes longitudinais/meridionais à costa do stress do vento, com a pressão atmosférica desempenhando um papel secundário.

Elevação do nível do mar

A Tabela II fornece os valores de elevação do nível do mar calculados para os eventos selecionados e, estes valores quando comparados e sobrepostos às cotas altimétricas do Modelo Digital do Terreno indicam as áreas de potenciais inundações costeiras. Vale ressaltar que os níveis de inundação são referentes às cotas altimétricas da base do terreno, e não levam em conta as interações entre a água e as estruturas presentes sobre o terreno. No entanto estes modelos podem ser utilizados para avaliar os piores cenários para os níveis de elevação durante a ocorrência de tempestades (FERREIRA et al., 2006). Neste sentido, assim como adotado por TAGLIANI et al. (2010), em um cenário de inundações um dos principais fatores a ser considerado é a elevação do terreno, onde as menores cotas altimétricas estão mais vulneráveis às elevações do nível do mar, com a água podendo alcançar locais não atingíveis nem nas maiores preamares de sizígia.

Para os 16 eventos analisados, foram calculados 11 valores distintos de elevação de nível frente à passagem de ciclones, oscilando entre 2 e 5m. A fim de identificar a vulnerabilidade frente às inundações, os resultados calculados foram sobrepostos ao Modelo Digital de Terreno do Balneário Hermenegildo. A seguir, serão discutidos dois dos casos específicos, sendo que em MAIA (2011) é possível observar, detalhadamente, todas as situações de elevação do nível do mar identificadas na Tabela II**.**

Elevação do nível do mar em 2,7m

A elevação de nível em 2,7m foi calculada para o evento ocorrido em 18/04/1999 (evento 4) e está ilustrado na Figura 6. Neste evento, a ilustração indica uma maior intrusão do mar sobre o balneário de forma que praticamente todos os imóveis situados na segunda linha de casas paralela à praia se encontram atingidas pela água do mar, inclusive aquelas localizadas nos limites urbanizados norte e sul do Hermenegildo. Porém, no extremo sul do mesmo em frente ao cordão dunar preservado, a água ainda se mantém na face da praia. Este evento apresentou duas características importantes, sendo uma grande contribuição por parte

da maré astronômica, de 26%, e o tempo de duração do evento muito elevado, com a permanência do ciclone sobre a plataforma por 102 horas, o maior entre todos os casos analisados.

Segundo MACHADO et al. (2010) o cenário meteorológico sobre este evento foi bastante incomum, uma vez que a trajetória do ciclone sobre a plataforma se desenvolveu de forma circular sem grandes movimentos zonais e meridionais, permanecendo então praticamente estacionado frente à costa do Rio Grande do Sul (Figura 7).

De acordo com ESTEVES et al. (2000), durante o evento de abril de 1999 na costa do RS foram registradas rajadas de vento de até 115km/h e mensuradas por ondógrafo a 15m de profundidade ondas de até 8m. ESTEVES et al. (1999) afirma que estas condições de alta energia resultaram em erosão crítica na praia do Hermenegildo, ocasionando a destruição total de 20% das casas à beira mar além de inúmeros prejuízos à estrutura das demais, conforme ilustrado na Figura 8. Para TOZZI & CALLIARI (2000) a tempestade de abril de 1999 foi um típico exemplo de um evento de alta energia que ameaça o balneário Hermenegildo ao menos uma vez ao ano.

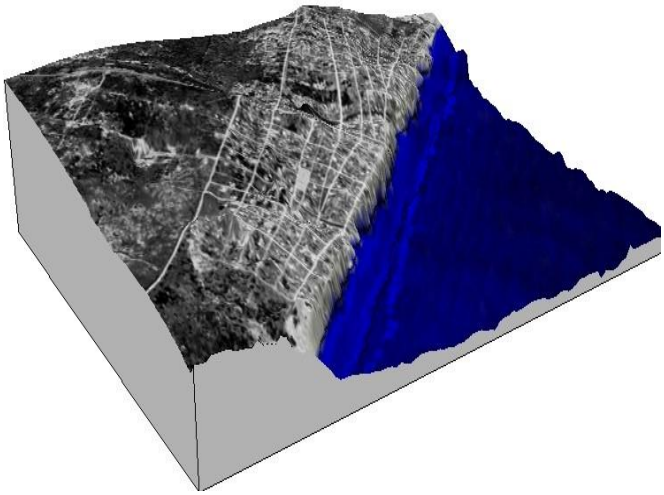


Figura 6. Elevação do nível do mar em 2,7m sobreposto ao MDT.

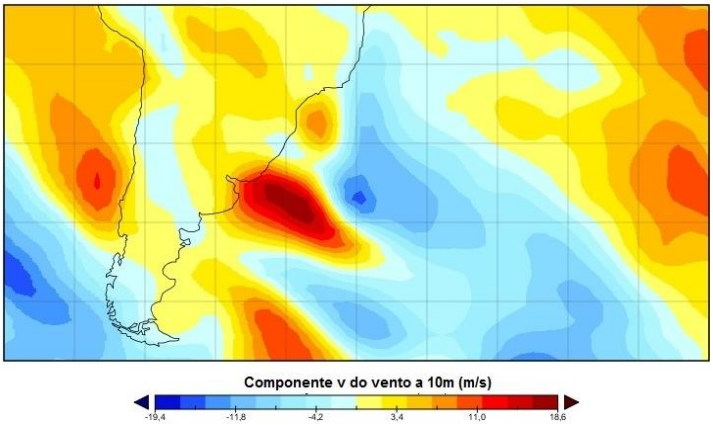


Figura 7. Componente V do vento durante o evento 4.



Figura 8. Destruição das casas durante o evento de abril de 1999.

Elevação do nível do mar em 5,0m

A elevação de nível em 5,0m foi calculada para o evento ocorrido em 25/05/2003 (evento 10), e está ilustrado respectivamente nas Figuras 9 e 10. O balneário apresenta uma grande porção do seu território atingida pela água, com inundações atingindo da segunda até a quinta quadra de casas. No setor sul a elevação do nível em 5m chegou a galgar o cordão dunar preservado, porém, não em sua totalidade, onde o topo do cordão dunar encontra-se emerso. Desta forma, mesmo diante de um valor de subida de nível muito elevado, o cordão dunar ainda mantém o seu papel de barreira natural de proteção frente aos avanços do mar.

Nas figuras 9 e 10 fica clara a existência das duas grandes depressões no terreno ao norte e ao sul da estrada de acesso ao balneário, onde as áreas mais atingidas são justamente estas situadas nas adjacências dos sangradouros, uma vez que estas regiões apresentam cotas mais baixas e se caracterizam por serem vias de acesso à intrusão de água marinha no continente.

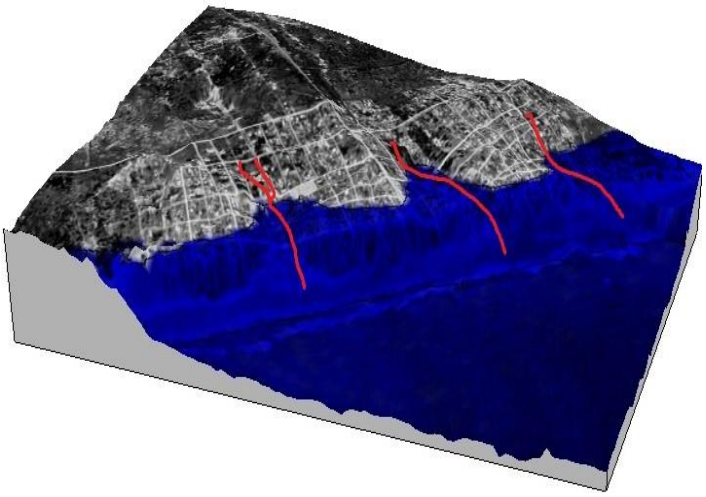


Figura 9. Elevação do nível do mar em 5m sobreposto ao MDT. Os sangradouros estão indicados em vermelho.

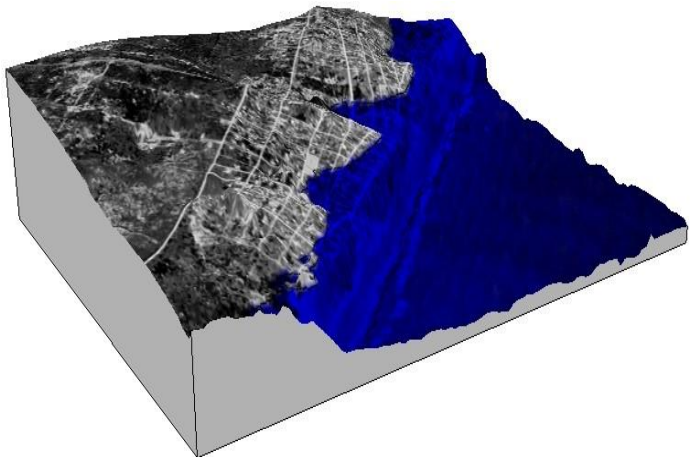


Figura 10. Elevação do nível do mar em 5m sobreposto ao MDT.

Em função da maior velocidade do vento registrada entre todos os eventos (Figura 11), com 14,9m/s e também pelo tempo de duração do mesmo de 66h, a contribuição do vento na elevação do nível foi de 66%.

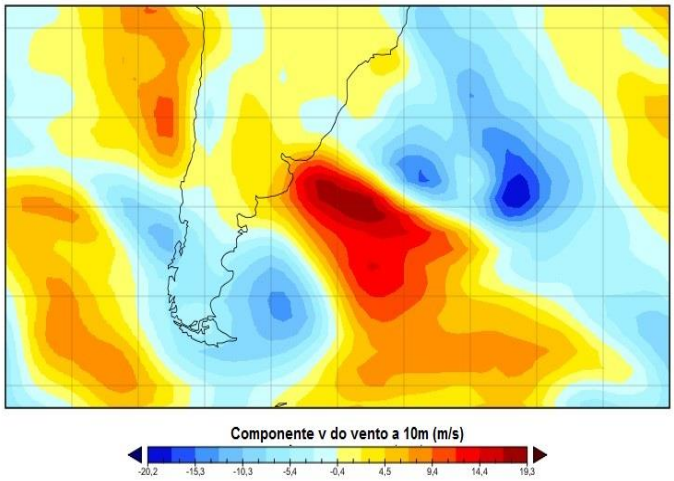


Figura 11. Componente V do vento durante o evento 10.

Desta forma, em função deste alto valor as outras forçantes apresentaram valores percentuais de contribuição menores, com a ondulação contribuindo com 18%, a maré astronômica com 10% e a pressão com 5%, o que não significa, necessariamente, que estes tenham contribuído pouco, já que a altura de onda significativa foi relativamente elevada, de 3,6m com período de 8,4s (Figuras 12 e 13), e a pressão apresentou o 3º maior valor de variação entre os demais eventos, com oscilação de 23,3hPa (Figura 14).

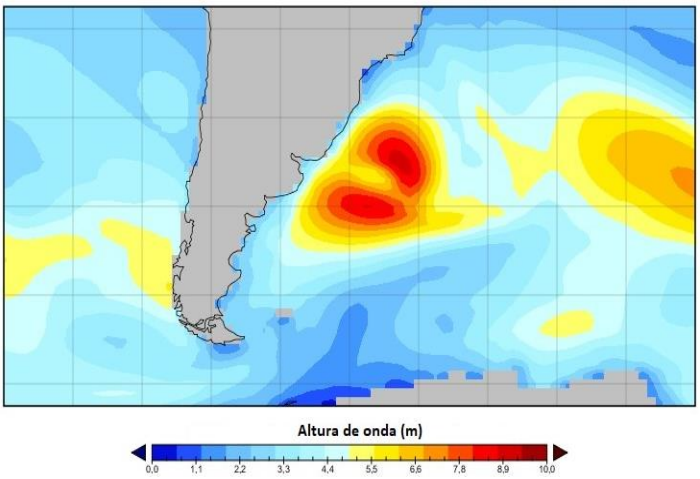


Figura 12. Altura significativa de onda durante o evento 10.

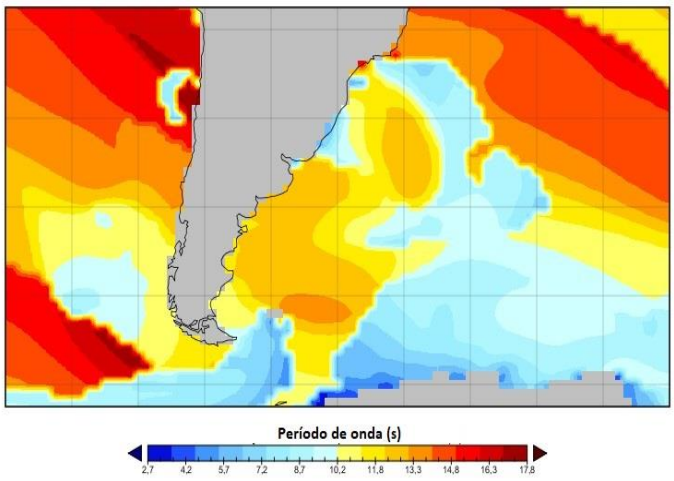


Figura 13. Período de onda durante o evento 10.

Desta forma, assim como no evento 14, o conjunto de valores elevados nas propriedades do vento, onda e pressão foi responsável pelo alto valor na elevação de nível, em 5m, com destaque para o vento. CALLIARI & FARIA (2003) também estudaram o evento ocorrido em maio de 2003. Segundo os autores este evento pôde ser observado nas costas argentina, uruguaia e brasileira. Ainda segundo estes autores, foram registradas por uma boia da Marinha do Brasil, fundeada a 70 metros de profundidade a cerca de 75 milhas náuticas a SE de Rio Grande, alturas significativas de onda de até 6,9m com períodos de até 12,2s.

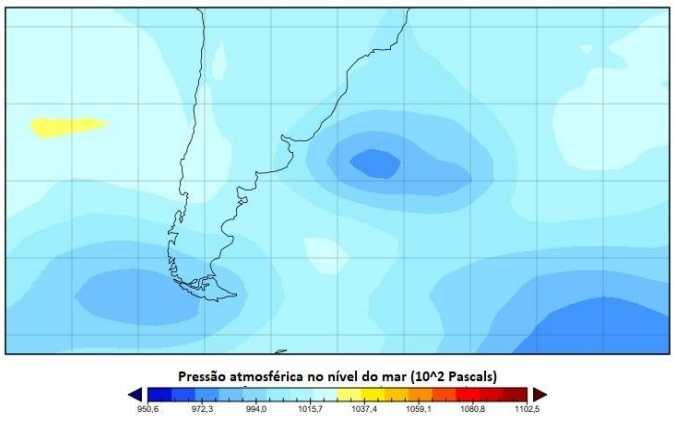


Figura 14. Centro de baixa pressão no oceano Atlântico indicando o ciclone durante o evento 10.

Marés meteorológicas positivas e seus impactos na costa

Durante os eventos estudados, o fator preponderante para existência das marés meteorológicas positivas foi a presença de um centro de baixa pressão (ciclone) no Oceano Atlântico sobre a plataforma continental. Desta forma, na costa sul brasileira, os ciclones se movem em direção à costa e nesta região podem permanecer por horas a dias, gerando ondas e ventos de alta intensidade na costa do RS. Assim, nestas situações a principal causa das marés meteorológicas é a contínua presença dos ciclones próximos ao continente, gerando então ventos intensos, ondas de elevada altura, acumulação e empilhamento de água na costa.

Segundo TOZZI (1999) a localização do centro de alta pressão também é de grande importância meteorológica, uma vez que este pode desviar a trajetória dos ciclones e até mesmo fazê-los estagná-los em uma dada área quando atuam como um bloqueio atmosférico. Esta situação foi observada no evento de abril de 1999 (evento 4), onde o ciclone sobre a plataforma continental encontrou-se aprisionado entre dois anti-ciclones, um no meio do oceano Atlântico e outro sobre o continente, conforme ilustrado na Figura 15. Configurou-se assim um bloqueio atmosférico de modo a estagnar e impedir a dissipação do ciclone, que permaneceu então por 102 horas sobre a plataforma continental adjacente ao RS. TOZZI (op cit.) e PARISE (2007) consideram que os ciclones muito próximos à costa resultam em um impacto pontual severo, enquanto as tempestades localizadas no meio do oceano geram impacto comparativamente menor, distribuído ao longo da costa.

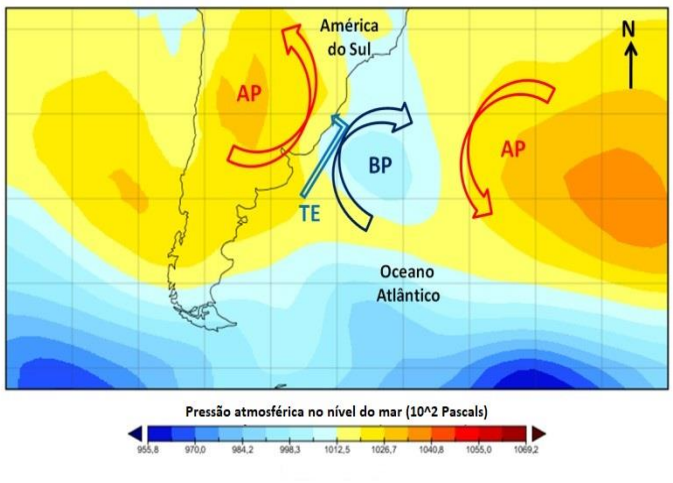


Figura 15. Ciclone estagnado entre 2 centros de alta pressão em abril de 1999.

Segundo KRIEBEL & DEAN (1993), outros fatores também determinam o impacto de uma tempestade na zona costeira, onde o mesmo não é dado apenas em função das características das tempestades como ondas, sobrelevação do mar e duração do evento, mas possue também relação direta com a morfologia da praia. Quanto à ondulação, praias dissipativas sofrem menores efeitos durante a ocorrência das tempestades, e consequentemente as estruturas presentes no pós-praia também. Da mesma forma, gradientes maiores da face da praia nos estágios refletivo e intermediários reduzem sua capacidade de dissipar a energia das ondas, aumentando o potencial de erosão da área em questão, porém, independente da morfologia, o grau de transformação antrópica do pós-praia e das dunas frontais também influencia a resposta da praia frente a erosão e inundações durante os eventos de tempestade (BENAVENTE et al., 2000). Por outro lado, quanto aos níveis de inundação as praias dissipativas permitem um maior deslocamento horizontal da água em função de sua menor declividade, ocorrendo o oposto nas praias com declives mais acentuados (intermediárias e refletivas).

Em um cenário de elevação do nível do mar por ação de tempestades um fator que chama a atenção ao se analisar as ilustrações referentes à vulnerabilidade frente às inundações é a presença de sangradouros. Estas feições são bastante características no litoral do RS, onde estes cursos de água de pequena escala desempenham papel fundamental na drenagem da zona costeira e sobretudo na remobilização de sedimentos das regiões dunares e estirâncio.

Desta forma, a presença destes na costa assume grande importância na dinâmica e configuração das dunas frontais. Em especial, o balneário Hermenegildo apresenta uma maior concentração de sangradouros por quilômetro de praia do que a média para a costa do RS (TOZZI et al., 1999), onde foram observados 3 sangradouros de maior porte ao longo de todo o balneário, cuja extensão é menor que 3km. Estas estruturas configuram-se por serem interrupções no cordão dunar, verdadeiras zonas de fraqueza diante as investidas do mar em direção ao interior do continente. Além de interromperem a continuidade das dunas, são zonas de altimetria reduzida, potencializando assim a entrada da água diante elevações do nível da água.

Outro fator importante neste contexto é que em situações de tempestade os sangradouros se tornam mais caudalosos em função do aumento das taxas pluviométricas, drenando a água proveniente da zona costeira adjacente à região. Porém, com a elevação do nível do mar na costa esta água pluvial não consegue escoar e desaguar no mar, ficando assim represada no continente e por fim transpondo as margens dos sangradouros e inundando a região. Deste modo, como o volume de água escoado pelos sangradouros é variável, sua posição e desembocadura também são dinâmicas e meandram assumindo diferentes conformidades. Esta característica torna as áreas adjacentes a estes ainda mais vulneráveis e susceptíveis à ação marinha, alterando constantemente a morfologia do cordão dunar. Desta forma o potencial de inundação é intensificado em áreas onde a migração lateral dos

sangradouros altera a configuração das dunas (BENAVENTE et al., 2006). Assim, os padrões naturais de ocorrência e as alterações produzidas pela urbanização imprimem aos sangradouros características de risco costeiro (FIGUEIREDO & CALLIARI, 2005).

CONCLUSÕES

O modelo analítico para o cálculo da elevação do nível do mar durante a ocorrência de tempestades foi desenvolvido apresentando resultados satisfatórios, podendo ser utilizado então para a reconstituição e previsão do aumento do nível do mar na costa induzido pela passagem de ciclones**.**

No caso do litoral sul do Rio Grande do Sul a elevação do nível do mar teve como principal forçante o vento (contribuição em 43%), secundariamente a ondulação (35%), seguido da maré astronômica (15%) e por fim a pressão (7%). A combinação dos resultados obtidos com a aplicação do modelo analítico com os modelos digitais de terreno (MDT) permitem uma aproximação do potencial de inundação da praia, campo de dunas e regiões adjacentes, subsidiando a realização de previsões e a respectiva tomada de decisão por parte de gestores costeiros.

REFERÊNCIAS

BATTJES, J. 1971. Run-up distributions of waves breaking on slopes. Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division. 97, 91–114.

BENAVENTE, J.; GARCIA, F.J., & LÓPEZ-AGUAYO, F. 2000. Empirical model of morphodynamic beachface behaviour for low-energy mesotidal environments. Marine Geology, 167, pg375-390. doi (10.1016/S0025-3227(00)00036-0)

BENAVENTE, J.; DEL RÍO, L.; ANFUSO, G.; GRACIA, F.J. & REYES, J.L. 2002. Utility of Morphodynamic Characterisation in the Prediction of Beach Damage by Storms. Journal of Coastal Research SI 36 56-64 (ICS 2002 Proceedings) Northern Ireland ISSN 0749-0208. (doi: 10.2112/1551-5036-36.sp1.56)

BENAVENTE, J.; DEL RÍO, L.; GRACIA, F.J.; MARTÍNEZ-DEL-POZO, J.A. 2006. Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain). Continental Shelf Research 26 (2006) 1061–1076. (doi.org/10.1016/j.csr.2005.12.015)

BOWDEN, K. F. 1983. Physical Oceanography of Coastal Waters. Ellis Horwood.301p. (doi.org/10.4319/lo.1985.30.2.0449)

CALLAGHAN, D.P.; RANASINGHE, R. & SHORT, A. 2009. Quantifying the storm erosion hazard for coastal planning. Coastal Engineering, 56 (2009) 90–93. (doi.org/10.1016/j.coastaleng.2008.10.003)

CALLIARI, L.J. & FARIA, A.F.G. 2003. Bancos de lama na praia do Cassino: formação, implicações geomorfológicas, ambientais e riscos costeiros, estudo de caso: maio de 2003. Anais do IX Congresso da ABEQUA.

CSANADY, G.T. 1982. Circulation in the Coastal Ocean. D.Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holland /Boston, U.S.A / London, England, 279p. (ISBN: 978-94-017-1041-1)

ESTEVES, L.S.; VRANJAC. M.P.; BARLETTA, R.C.; PIVEL, M.A.G.; ERTHAL, S.; VANZ, A.; SILVA, A.R.P. & OLIVEIRA, U.R. 1999. Impacto de um evento de alta energia nas obras de proteção costeira no balneário do Hermenegildo, RS, Brasil. Anais do VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro – BA.

ESTEVES, L.S.; PIVEL, M.A.G.; SILVA, A.R.P.; BARLETTA, R.C.; VRANJAC, M.P.; OLIVEIRA, U.R. & VANZ, A. 2000. Beach owners perception of beach erosion along na armored shoreline in southern Brasil. Pesquisas em Geociências, 27(2):93-109. (doi.org/10.22456/1807-9806.20194)

FERREIRA, O.; GARCIA, T.; MATIAS, A; TABORDA, R. & ALVEIRINHO, J. D. 2006. An

integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. Continental Shelf Research. 26, 1030-1044. (doi.org/10.1016/j.csr.2005.12.016)

FIGUEIREDO, S.A. & CALLIARI, L.J. 2005. Sangradouros: Distribuição Espacial, Variação Sazonal, Padrões Morfológicos e Implicações no Gerenciamento Costeiro. GRAVEl, nº 3, 47-57, Porto Alegre. (ISSN 1678-5975)

FREITAS, D.; ARAÚJO, R.S.; KLEIN, A.H.F. & MENEZES, J.T. 2010. Quantificação dos perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras para a enseada de Itapocorói – SC. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, 2010, 14(1): 39-49. (http://dx.doi.org/10.14210/bjast.v14n1.p39-49)

GILL, A.E. 1982. Atmosfere-Ocean Dynamics. New York: academic press, 662p. (ISBN: 9780122835223)

GORING, D.E. 1995. Short-term variations in sea level (2-15 days) in the New Zealand region. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 1995: Vol. 29: 69-82. (doi.org/10.1080/00288330.1995.9516641)

KRIEBEL, D.L. & DEAN, R.G. 1993. Convolution method for time dependent beach-profile response. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng. 119, 204–226. (doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(1993)119:2(204))

MACHADO, A.A.; CALLIARI, L.J.; MELO, E. & KLEIN, A.H.F. 2010. Historical assessment of extreme coastal sea state conditions in southern Brazil and their relation to erosion episodes. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5(2): 277-286. (ISSN 1809-9009)

MAIA, N.Z. 2011. Avaliação da elevação do nível do mar e riscos de inundação costeira associados à passagem de ciclones no balneário Hermenegildo, RS. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande. 118 p.

MARONE, E. & CAMARGO, R. 1994. Marés Meteorológicas no estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. Nerítica, Curitiba, v-8 (1-2), 55-72. Editora da UFPR.

MELO, E.; ROMEU, M.A.R. & HAMMES, G.R. 2010. Condições extremas de agitação marítima ao largo de Rio Grande a partir do Modelo WW3. IV Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica – FURG. Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, 20 p.

PARISE, C. K. 2007. Padrões atmosféricos sinóticos geradores de mares meteorológicas intensas e a resposta morfodinâmica da praia do Cassino. Trabalho de conclusão de curso de Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande, FURG.

PARISE, C. K.; CALLIARI, L. J. & KRUSCHE, N. 2009. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. Brazilian Journal of Oceanography, 57(3): 175-188. (doi.org/10.1590/S1679-87592009000300002)

PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; BARLETTA, R.C. 2010. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. Continental Shelf Research, 30 (2010) 270–280. (doi.org/10.1016/j.csr.2009.11.007)

PUGH, D. T. 1987. Tides, surges and mean sea level. A handbook for Engineers and Scientists. John Wiley&Sons Ltd, New York, 472pp. (ISBN 0 471 91505 X)

SARAIVA, J.M.B.; BEDRAN, C. & CARNEIRO, C. 2003. Monitoring of Storm Surges on Cassino Beach. Jounal of Coastal Research, vol.35, Special Issue, pp. 323- 331. (ISSN 0749-0208)

TAGLIANI, C.R.; CALLIARI, L.J.; TAGLIANI, P. & ANTIQUEIRA, J.A. 2010. Vulnerability to sea level rise of an estuarine island in southern Brazil. Quaternary and Environmental Geosciences (2010) 01(1):18-24. (doi.org/10.5380/abequa.v2il-2.12821)

TOZZI, H. A. M. 1999. Influência das tempestades extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS. Campanha do outono e inverno de 1996. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande.

TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da Praia do Cassino, RS. Pesquisas em

Geociências. 27 (1), 29 – 42. (doi.org/10.22456/1807-9806.20176)

TOZZI, H.A.M.; PEREIRA DA SILVA, R.; CALLIARI, L.J. & BARLETTA, R.C. 1999. Variações de curto e longo período na morfologia das praias entre Cassino e Hermenegildo, Rio Grande do Sul. Anais do VII Cong. ABEQUA, Porto Seguro – BA.

TRUCCOLO, E.C.; FRANCO, D. & SCHETTINI. C.A.F. 2006. The Low Frequency Sea Level Oscillations in the Northern Coast of Santa Catarina, Brazil. Journal of Coastal Research SI 39 547 - 552 ICS 2004 (Proceedings) Brazil. (ISSN 0749-0208)

VAN RIJN, L.C. 2009. Prediction of dune erosion due to storms. Coastal Engineering. 56 (2009) 441–457. (doi 10.1016/j.coastaleng.2008.10.006).

ANEXO 1

Tabela I. Dados atmosféricos e oceânicos utilizados para a validação do modelo analítico. Os valores em negrito indicam aqueles referentes às elevações de nível calculadas e medidas em campo.

Período de ocorrência Parise *et al.* (2009)	Início evento (dia, hora)	Término evento (dia, hora)	Duração evento (horas)	Velocidade vento (m/s)	Cd	Altura onda (m)	Período onda (s)	ΔP (hPa)	Elevação calculada (m)	Elevação Parise *et al.* (2009) (m)
17-21/6/06	15, 18h	16, 18h	24	5,61	1	2,4	8,05	8	**0,51**	**0,48**
21-29/6/06	26,12h	27,0h	18	13,3	1,5	4,24	8,58	28	**1,4**	**1,26**
07-11/7/06	9,6h	9,6h	6	15	1,6	1,1	5,8	25	**0,7**	**0,81**
25/7/06 – 03/8/06	29, 0h	30,12h	42	12,3	1,4	4,46	10,06	17	**1,96**	**1,81**
19-25/8/06	20, 6h	21, 12h	36	11,9	1,4	3,8	8,84	16	**1,68**	**1,84**
01-08/09/06	2, 18h	4, 12h	48	14	1,45	3,94	9	24	**2,7**	**1,82**
22-26/09/06	23,6h	24,6h	30	11,3	1,4	2,5	6,43	18	**1,19**	**0,92**
26-29/09/06	28, 0h	28, 12h	18	8,6	1,2	2	7,4	8	**0,58**	**0,49**
04-13/10/06	5, 12h	5, 18h	12	12	1,4	2	6,7	10	**0,68**	**0,12**
02-13/11/06	6, 12h	8, 18h	60	10,2	1,3	3,5	9,1	27	**1,85**	**0,73**
24/11/06-16/12/06	4, 0h	4, 6h	12	6,8	1,2	1,4	6,22	11	**0,4**	**0,44**
04-9/02/07	7, 0h	7, 6h	12	10,4	1,4	1,4	7,6	15	**0,64**	**0,93**
14-24/02/07	18, 0h	18, 12h	18	11,1	1,4	2,14	5,6	19	**0,84**	**0,89**
31/03/07-14/04/07	8, 6h	9, 0h	24	10,8	1,4	2,35	6,6	14	**0,95**	**0,92**
25-29/04/07	26, 6h	27, 18h	42	8,7	1,2	2,8	8,7	13	**1,1**	**1,45**
06-11/05/07	6, 18h	7, 6h	18	10,4	1,4	2,3	6,12	18	**0,8**	**0,62**
22-27/05/07	23, 6h	24, 6h	30	11,2	1,4	3,3	7,74	18	**1,29**	**1,07**
27-31/05/07	29, 6h	30, 0h	24	10,1	1,4	3,8	9,73	6	**1,0**	**1,06**
31/05/07-07/06/07	3, 6h	4, 6h	30	12,1	1,4	3,92	9,67	19	**1,55**	**1,14**
07-20/06/07	15, 12h	16, 0h	18	15,2	1,6	2	6,3	17	**1,33**	**0,74**
20-28/06/07	27, 0h	27, 18h	24	6,3	1,2	1,16	10,01	19	**0,63**	**0,89**
28/06/07-05/07/07	30, 0h	1, 18h	48	7,53	1,2	2	8,63	21	**1,0**	**1,94**
05-17/7/07	10, 12h	11, 0h	18	11,3	1,4	2,6	7,9	21	**1,0**	**1,02**

ANEXO 2

Tabela II. Dados atmosféricos e oceânicos utilizados para a implementação do modelo analítico, onde os valores em negrito indicam a elevação do nível calculada.

Período de ocorrência Melo *et al.* (2010)	Início evento (dia, hora)	Término evento (dia, hora)	Duração evento (horas)	Velocidade vento (m/s)	Cd	Altura onda (m)	Período onda (s)	ΔP (hPa)	Maré astronômica (m)	Elevação do nível (m)
05/04/1997 (Evento 1)	4, 12h	6, 6h	48	10.4	1.4	3.6	11.0	14.0	0.5	**2.8**
23/05/1997 (Evento 2)	24, 18h	26, 6h	42	6.1	1.15	2.5	11.0	19.0	0.6	**2.0**
25/03/1998 (Evento 3)	24, 12h	26, 12h	54	10.5	1.4	3.0	8.1	15.0	0.4	**2.5**
18/04/1999 (Evento 4)	15, 12h	19, 12h	102	7.75	1.2	3.26	8.04	17.0	0.7	**2.7**
20/05/1999 (Evento 5)	18, 18h	21, 6h	66	9.14	1.3	3.3	8.46	12.3	0.5	**2.5**
31/05/1999 (Evento 6)	29, 12h	31, 0h	42	13.8	1.45	3.8	7.9	18.0	0.6	**3.3**
18/04/2000 (Evento 7)	20, 0h	21, 18h	48	8.6	1.2	3.2	8.7	16.5	0.5	**2.2**
02/02/2002 (Evento 8)	1, 6h	2, 12h	36	11.9	1.4	3.6	8.6	13.0	0.1	**2.2**
01/09/2002 (Evento 9)	31, 12h	2, 12h	54	12.3	1.4	4.5	11.9	18.5	0.4	**3.6**
25/05/2003 (Evento 10)	23, 0h	25, 12h	66	14.9	1.6	3.6	8.4	23.3	0.5	**5.0**
26/05/2004 (Evento 11)	26, 6h	28, 0h	48	12.7	1.4	3.8	8.9	32.0	0.6	**3.4**
27/06/2006 (Evento 12)	26, 6h	27, 18h	42	10.6	1.4	4.2	9.1	22.0	0.3	**2.5**
29/07/2006 (Evento 13)	28, 18h	31, 6h	66	11.6	1.4	4.13	9.94	14.0	-0.1	**2.9**
04/09/2006 (Evento 14)	2, 12h	4, 18h	60	13.0	1.5	3.95	9.0	28.0	0.4	**3.8**
20/08/2007 (Evento 15)	20, 0h	21, 6h	36	11.3	1.4	2.7	7.2	18.0	0.2	**2.0**
25/05/2008 (Evento 16)	24, 6h	25, 18h	42	13.2	1.5	4.0	8.9	14.0	0.6	**3.3**

ANEXO 3

Tabela III. Valores absolutos da contribuição de cada forçante no cálculo da elevação total do nível do mar.

Período de ocorrência	Elevação pelo vento (m)	Elevação por onda (m)	Elevação por pressão (m)	Elevação por maré astronômica (m)	Elevação total do nível (m)
05/04/1997 (Evento 1)	1.02	1.18	0.14	0.5	**2.8**
23/05/1997 (Evento 2)	0.25	0.99	0.19	0.6	**2.0**
25/03/1998 (Evento 3)	1.17	0.78	0.15	0.4	**2.5**
18/04/1999 (Evento 4)	1.0	0.82	0.17	0.7	**2.7**
20/05/1999 (Evento 5)	1.0	0.87	0.12	0.5	**2.5**
31/05/1999 (Evento 6)	1.63	0.87	0.18	0.6	**3.3**
18/04/2000 (Evento 7)	0.6	0.88	0.16	0.5	**2.2**
02/02/2002 (Evento 8)	1.0	0.93	0.13	0.1	**2.2**
01/09/2002 (Evento 9)	1.6	1.4	0.19	0.4	**3.6**
25/05/2003 (Evento 10)	3.3	0.9	0.23	0.5	**5.0**
26/05/2004 (Evento 11)	1.5	1.0	0.32	0.6	**3.4**
27/06/2006 (Evento 12)	0.9	1.1	0.22	0.3	**2.5**
29/07/2006 (Evento 13)	1.7	1.14	0.14	(-)0.1	**2.9**
04/09/2006 (Evento 14)	2.1	1.0	0.3	0.4	**3.8**
20/08/2007 (Evento 15)	0.9	0.7	0.2	0.2	**2.0**
25/05/2008 (Evento 16)	1.5	1.0	0.14	0.6	**3.3**

Capítulo 23

O caso do barro na Praia do Cassino: incidências e interpretações acerca dos depósitos lamíticos na zona costeira da cidade de Rio Grande/RS

O CASO DO BARRO NA PRAIA DO CASSINO: INCIDÊNCIAS E INTERPRETAÇÕES ACERCA DOS DEPÓSITOS LAMÍTICOS NA ZONA COSTEIRA DA CIDADE DE RIO GRANDE/RS

Felipe Nóbrega Ferreira[1] & José Vicente de Freitas[2]

[1] Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Educação/Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Av. Itália, s/n, Carreiros – Rio Grande, 96203- 900, ffnobregaea@gmail.com
[2] Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Educação/Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Av. Itália, s/n, Carreiros – Rio Grande, 96203- 900, jvfreitas45@gmail.com

RESUMO

O presente texto apresenta o primeiro conjunto de resultados de uma pesquisa de doutoramento que se debruça sobre as incidências de depósitos lamíticos na costa do Estado Rio Grande do Sul, especificamente, as ocorrências registradas na praia do Cassino, localizada na cidade de Rio Grande. A partir dos fundamentos da Educação Ambiental (EA), e uma proposta baseada nas premissas de uma epistemologia ecológica de cunho interpretativo, foi realizada uma abordagem qualitativa que consistiu na investigação do conjunto de ocorrências desse fenômeno ambiental costeiro desde o início do século XX, até o ano de 1998 – compreendendo, assim, a primeira etapa do levantamento de dados no âmbito do doutoramento em curso. A partir de uma revisão bibliográfica crítica, seguida de uma busca nos periódicos locais que reportavam as incidências da chegada de lama na costa da praia do Cassino, foi possível encontrar três momentos distintos que delinearam a emergência de uma questão ambiental que se faz presente até os dias de hoje nesse litoral: 1901, 1954 e 1970. Levando em consideração tais contextos, foi desenvolvido um repertório interpretativo baseado no conceito de *storytelling*, pelo qual se visou apreender tanto a elaboração das diferentes versões para as ocorrências desse evento, como também compreender como essas irão influenciar no surgimento de uma pauta ambiental em1998. Assim, analisar esse momento de inflexão à luz de tais influências é trazer uma nova interpretação, agora vinculada à EA, da mesma forma que apresentar proposições para a elaboração de uma nova abordagem a esse fenômeno que impacta a biodiversidade desse ecossistema costeiro. Por fim, cabe ressaltar que esses são os resultados parciais de uma pesquisa que avança até o ano de 2018, sendo que tais resultados em sua integralidade serão apresentados em um segundo momento.

Palavras-Chave: depósitos lamíticos, praia do Cassino, fenômeno ambiental costeiro.

THE CLAY CASE ON THE CASSINO BEACH: INCIDENTS AND INTERPRETATIONS ABOUT THE MUD BANKS IN THE COASTAL AREA OF THE CITY OF RIO GRANDE / RS

ABSTRACT

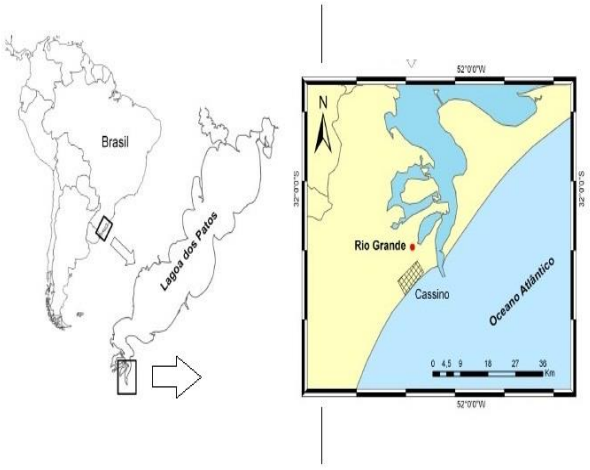
This article presents the preliminary results of a doctorate research aimed at studying the incidence of mud deposits on the coast of the State of Rio Grande do Sul, specifically, the occurrences that have taken place in Cassino beach, in the city of Rio Grande. Based on the principles of Environmental Education (EA), and with a proposal supported by the premises of an interpretative ecological epistemology, we carried out a qualitative approach, which consisted in the investigation of a set of

occurrences of this coastal environmental phenomenon from the beginning of the XX century until the year of 1998, thus comprising the first data collection step, within the scope of the undergoing doctorate program. Starting from a critical review of the available literature, followed by a search in the local newspapers of reports of a surge of mud on the shores of Cassino beach, we were able to find three distinct moments that trace the emergence of an environmental issue that is present until today on this coast: 1901, 1954, and 1970. Taking these contexts into account, an interpretive repertoire was developed based on the concept of storytelling, through which we aimed to apprehend both the elaboration of different versions for the occurrences of this event, as well as to understand the influence they had in the emergence of an environmental agenda in 1998. Thus, to analyze this moment of inflection under such influences is to bring a new interpretation, now related to EA, and also to present propositions for the elaboration of a new approach to this phenomenon that impacts the biodiversity of this coastal ecosystem. Finally, we would like to mention that these are partial results of a research study developed until 2018, and the final results will be presented in another article.

Key-words: mud deposits, Cassino beach, coastal environmental phenomenon.

INTRODUÇÃO

Em janeiro de 1998 a praia do Cassino, localizada na cidade de Rio Grande (RS), amanheceu coberta por uma camada de barro. E é sobre esse fenômeno que se debruça a tese de doutoramento em curso junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, da Universidade Federal do Rio Grande (PPGEA/FURG), a qual visa compreender o processo de ambientalização da incidência de depósitos lamíticos na praia do Cassino (Rio Grande/RS), e como tal fenômeno poderia ser repensado à luz da Educação Ambiental (EA).



Mapa 1: Área urbanizada de banhos da praia do Cassino. **Fonte**: Google Earth, acessado em 09 de outubro de 2018.

Sendo assim, o presente texto trata-se de uma análise interpretativa baseada no primeiro conjunto de dados levantados sobre as incidências lamíticas na costa da praia do Cassino. Serão evidenciadas quatro ocorrências de lama no balneário (1901, 1954, 1970 e 1998), as quais demonstram o surgimento de nexos interpretativos que incidem diretamente na construção de sentidos para apropriação desse fenômeno junto à comunidade impactada, bem como fornecem rastros para a elaboração de uma nova síntese oriunda da EA dentro de sua postura crítica.

Baseado nos pressupostos de uma epistemologia ecológica referenciada junto aos fundamentos da EA, e uma abordagem qualitativa dos dados, serão apresentados os acontecimentos que cercam a ambientalização desse fenômeno. E, de forma ainda parcial, novas problematizações podem ser feitas a partir da interpretação das diferentes versões que existem para esse fato, projetando, assim, um universo de representações socioambientais sensíveis ligadas à origem desse tipo de sedimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Isabel de Moura Carvalho é referência ao apontar um horizonte de concepção interpretativa ligada aos

fundamentos da EA, e as buscas aos sentidos do ambiental. Diz a autora:

> A ideia de interpretação não remete à decodificação ou de descoberta de um sentido preexistente, mas traz sempre a possiblidade de nova leitura possível, sem supor a revelação de somente um sentido autêntico ou de uma univocidade escondida no fenômeno interpretado (CARVALHO, 2008, p. 78).

O diálogo aberto com as premissas interpretativas de Carvalho ainda aponta para o educador ambiental como um sujeito-intérprete de um mundo-texto (CARVALHO, 2008, p. 83). E a essa postura hermenêutica somam-se as concepções de Sandra Pesavento (2008), especialmente quanto ao seu estudo das sensibilidades partilhadas através de registros históricos.

Tais considerações teóricas enquadram-se, assim, nos fundamentos de uma epistemologia ecológica, proposição elaborada por Carlos Steil & Isabel de Moura Carvalho quando argumentam:

> O termo epistemologias ecológicas tal como o propomos delimita uma região do debate teórico-filosófico contemporâneo que compreende autores de diversas origens disciplinares e diferentes opções teóricas, cujo ponto em comum é o esforço para a superação das dualidades modernas, tais como a natureza e cultura, sujeito e sociedade, corpo e mente, artifício e natureza, sujeito e objeto (STEIL & CARVALHO, 2014, p. 164).

Essa necessidade de elaborar formas plurais e acessíveis parte não só das premissas teóricas das epistemologias ecológicas, mas também dos fundamentos da própria EA quando em um de seus documentos basilares orienta nessa direção. Está no Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, de 1992, a indicação de uma "A educação ambiental deve envolver uma perspectiva holística, enfocando a relação entre o ser humano, a natureza e o universo de forma interdisciplinar" (TRATADO, 1992), mas igualmente, promover a garantia de meios de comunicação acessíveis a todos na apresentação de versões sobre os fatos, como expressão de todos os segmentos envolvidos.

Ao adentrar esse assunto referente ao barro na praia, se está diante de uma discussão que, ainda hoje, é feita de maneira predominante na área das Ciências da Natureza, sendo preciso, agora, superar o que pode ser considerado, historicamente, um *gap* de conhecimento (SCHIMIDT *et al*, 2013, p. 1034) em relação as demais áreas. Com isso, a EA surge como alternativa para tal exercício, haja vista as premissas em que está assentada.

O desafio se encontra na busca de uma forma de promover essa intersecção de saberes de maneira inteligível, acessível em suas bases de comunicação – fator fundamental ao se trabalhar com comunidades impactadas por fenômenos ambientais. Para tanto, propõe-se aqui, o conceito de *storytelling* elaborado por Iain Stewart & Ted Nield (2013) como abordagem. Com origem nas geociências, tal abordagem propõem:

> ... we argue that an essential element of public engagement in geoscience ought to be 'storytelling'; the construction of a compelling narrative spine emerges as a central construct in popular jounalism and television documentaries, and is one that can be employed more widely in earth science outreach (STEWART & NIELD, 2013, p. 670)

Contar uma história é o que está no cerne dessa construção baseada nos meios de comunicação de massa, mas que possui na capacidade de promover o que Groffman *et al* (2010, p. 287) chama de "connecting the dots" o seu diferencial. O adensamento das informações, então, gera interpretações singulares, e que almejam dialogar com a sociedade de forma mais abrangente.

Tal característica remete, pensando especificamente esse tipo de proposição no campo da EA, ao trabalho de Noel Gough publicado em 1993, quando já defendia a ideia de uma Educação Ambiental baseada em modelos narrativos de comunicação acessíveis. E é ele que lembra que esse modelo de *storytelling* sustenta-se também pelo fato de, em se tratando de questões ambientais que afetam populações, está na ideia da existência de um impacto um mote inicial inerente. Ou seja, existe um fato concreto, um fenômeno, como ele diz, logo é necessário dotá-lo de uma história que seja compreensível a todos os afetados.

Estruturalmente dentro dessa que é uma abordagem qualitativa (RHEINHEIMER & GUERRA, 2009, p. 418), o primeiro passo foi realizar uma pesquisa exploratória em que foi possível encontrar 35 incidências de depósitos lamíticos na praia do Cassino, que vão de 1901 até 2014 (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2015; CALLIARI, 1993). A partir desse conjunto de ocorrências buscaram-se nos jornais locais notícias que se referiam ao fenômeno tomando por base termos indexadores de conteúdo que atendiam pela utilização das expressões barro, lama ou lodo. Tal exercício levou ao grupo de quatro incidências: 1901, 1954, 1970 e 1998.

Levando em consideração esse universo, a análise dos jornais tomou por base o processo de categorização em áreas de relevância de um jornal: Capa (manchetes central, superior e inferior); Área valorizada (página 3, editorial e carta do leitor); Seguimento (Informativo e áreas temáticas) e Cadernos (especiais e folhetos).

Contendo tais referências passa-se a análise das publicações, que surgem como referencias para que se conte essa história que envolve barro, praia, dragagens, e uma disputa por versões que passam a ser vistas pelas lentes da EA.

CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE COSTEIRO E SEDIMENTO LAMÍTICO

O litoral do Rio Grande do Sul se estende por cerca de 630 km de forma retilinizada, com orientação SW-NE à frente de sucessões de cordões litorâneos regionalmente chamados de barreiras, possuindo ainda a característica de pontos recobertos por extensos campos de dunas os quais se prograda sobre banhados e um conjunto de lagoas e lagunas costeiras (CALLIARI, *et al*, 2006, p. 439). A zona costeira referente à praia do Cassino, que possui sua atual feição decorrente do período holocênico, então, se insere, conforme descrito pela literatura no escopo de uma praia constituída por areia fina quartzosa, de baixa declividade e com poucos e inexpressivos cúspides praias ao longo de sua faixa de 220 km.



Mapa 2: Área urbanizada de banhos da praia do Cassino. **Fonte**: Google Earth, acessado em 09 de outubro de 2018.

Se está diante, então, de um ambiente de "elevada biodiversidade, composta por mais de trezentas espécies de animais e plantas, algumas raras e até sob perigo de extinção" (SEELIGER *et al*, 2004). E se essas são algumas características naturais básicas, é preciso apresentar também algumas características culturais dessa praia.

Inventada em 1884, sua fundação oficial ocorre na temporada 1889-1890, sendo o primeiro balneário planejado do Brasil (FERREIRA, 2012). Ao longo das

décadas sofreu diversas transformações, deixando de ser uma localidade tão somente ocupada no verão, para, no decorrer do século XX, passar a ser habitada por um significativo número de moradores, especialmente, a partir dos anos oitenta. Sua população fixa hoje atende a um número de cerca de 30 mil habitantes, com um crescimento constante baseado no último censo de 2010 (GONÇALVES *et al*, 2011, p. 8764).

O número de visitantes pode chegar a 150 mil na alta temporada, o que permite dimensionar a procura pela localidade. A chegada da lama em uma das zonas centrais na praia, então, impacta sobre uma rotina consolidada de banhistas, da mesma forma que abala a destacada biodiversidade presente nessa liminaridade entre mar e terra que se vê coberta pelo lodo.



Imagem 1: blocos angulares de lama presente em MARTINS *et al*, 2003

Tal material sedimentar é encontrado em outros litorais ao redor do globo, mas no caso da praia do Cassino foi Patrick Delaney que primeiro se referiu a esse fenômeno, ainda que indiretamente, em sua tese de doutoramento no ano de 1965. A primeira descrição específica desse material na costa do Cassino foi elaborada pelos pesquisadores Villwock e Martins em uma publicação de 1972. Nesse estudo caracterizam o sedimento da seguinte maneira :



Imagem 2: lama em estado de ressecamento no perfil praial.
Fonte: Acervo do autor (registro de 12 de julho de 2018)

> Bolas de argila, simples ou ornamentadas com fragmentos de conchas e areia, resultam da erosão das camadas lamíticas da pós-praia, e ficam atapetando a faixa de estirâncio nas proximidades da desembocadura de sangradouros (VILLWOCK & MARTINS, 1972, p. 73).

No âmbito de sua composição é classificado do ponto de vista petrológico como ruditos, proveniente de fragmentos de rochas preexistentes, e suas dimensões são controladas pela formação das fendas de ressecamento e consequente abalo dos blocos lamíticos que passam a ser reconfigurados pelas ondas, iniciando, assim, a formação das bolas de barro que se acumulam no perímetro praial (MARTINS *et al*, 2003). Ainda informam:

> As bolas de lama são predominantemente formadas por silte, argila e pouquíssima areia e fragmentos de conchas, a não ser aquela incorporada a partir do rolamento das mesmas sobre o substrato arenoso. A coesão apresentada é justamente fruto dos minerais argilosos presentes em sua composição (MARTINS *et al*, 2003, p. 51)

Tais subsídios colaboram para que se compreenda a formação desse sedimento, o qual se deposita tanto na faixa oceânica, como na porção terrestre. A seguir é possível compreender essa zona de deposição com a seguinte imagem:

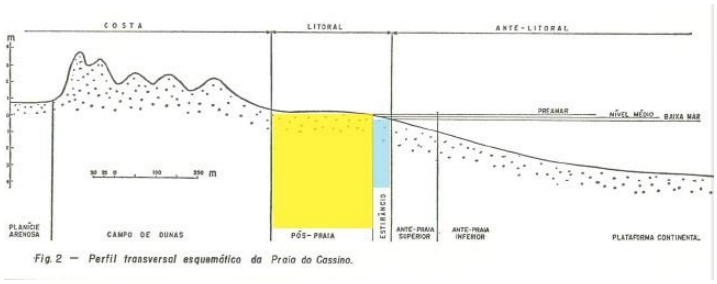


Figura 1: Exemplo de uma praia de formação geomorfológica semelhante ao Cassino. **Fonte:** adaptado de VILLWOCK & MARTINS (1972, p. 78).

A concentração da lama ocorre, fundamentalmente, nos dois pontos acima demarcados. Em amarelo a porção arenosa do pós-praia que possui forte impacto da ação eólica, por sua vez, em azul, a zona de estirâncio, a qual é submetida ao fluxo e refluxo das ondas (VILLWOCK & MARTINS, 1972).

A origem desse tipo de sedimento que se acumula na faixa costeira é discussão que se estende desde os estudos pioneiros de Delaney (1965), Villwock & Martins (1972). Com posições que se alternam entre esse ser um fenômeno natural ou antrópico, ao trazer esse debate para o campo da EA, mais do que acentuar binariedades, o interesse está em, compreendendo a história das incidências, projetar outras formas de apropriação, e relação desses eventos com a comunidade diretamente impactada.

1901, 1954 e 1970: A LAMA QUE CHEGA NA PRAIA E NOS JORNAIS

A cena é a de um banhista surpreso, alguém que se impressiona com algum imprevisto na beira-mar. Igual surpresa tem um experiente homem do mar que se impressiona com uma alta camada de barro na costa. Esse é o registro feito pelo periódico que reproduz a primeira notícia sobre a presença de lama no Cassino no ano de 1901:

> **No mar**[28] – um collega[29] da cidade vizinha noticiou que no dia 17, quando os banhistas do Cassino se dirigiam para o banho, encontraram alta camada de barro, em todo o longo da costa. O commandante do Itatiaya, consta também, declarou nunca ter encontrado o mar tão revolto, como n'esta viagem, tanto que cortara o cabo do D. Quixote, que trazia a reboque. Falta dados para apreciar o phenomeno, parecendo que se trata da erupção de algum vulcão submarino distante, visto não ter havido temporal na nossa costa, a que se possa atribuir a causa do estranho phenomeno (CORREIO MERCANTIL, 20 DE JANEIRO DE 1901)[30].

A surpresa que demonstra o desconhecimento do que estava ocorrendo nesse dia de veraneio, somada a maré nunca vista tão revolta cria um indício de causalidade que não chega a ser confirmada, apenas sugerida. Os ventos fortes não seguidos de chuva levam a crer na possibilidade, inclusive, desse fenômeno, para o jornal, estar ligado vulcões submarinos – em uma imagem que se aproxima muito das apropriações marítimas históricas apresentadas por Alain Corbin (1989), do que propriamente ao conhecimento da morfologia praial no período em destaque.

Quando nota-se que o jornal Correio Mercantil é publicado na cidade vizinha de Pelotas[31] é possível pensar em um dia de veraneio que, após expectativas que iniciam antes mesmo do deslocamento até o litoral, terminou frustrado. Mas não só isso, conta também o

[28] Grifo do original
[29] Será mantida a grafia original dos periódicos ao longo do trabalho.
[30] O registro foi encontrado e publicizado pela primeira vez no texto "Uma análise histórica dos efeitos produzidos por modificações antrópicas no estuário da Lagoa dos Patos – natural versus provocado", de Lauro Calliari e Maria de Fátima Gripe, de 1999.
[31] Pelotas possui uma distância de cerca de 60km da orla da praia do Cassino, no município vizinho de Rio Grande.

fato de, após realizar pesquisa exploratória nos jornais locais, nenhum deles faz menção ao ocorrido, o que compreende uma omissão da imprensa de Rio Grande ainda sobre o tema.

Tal cenário só mudaria em 1954, quando é encontrada a seguinte manchete no jornal de maior circulação nesse período na cidade: "A praia do Cassino foi invadida por extensa camada de lama, onde os banhistas enterram os pés, as pernas e, segundo o pensamento talvez exagerado de alguns, o próprio corpo até o peito" (RIO GRANDE, 27 DE DEZEMBRO DE 1954). A camada de lama que está na praia chega à capa do jornal.

Mesmo com "exageros" surge uma importante condição: o rumor. A conversa cotidiana que se estabelece na cidade, então, aparece na matéria: "As primeiras conclusões à respeito, diziam que os batelões lameiros, após as operações de dragagem havia atirada a lama fora da barra e, esta, trazida pelo mar, viera depositar-se na praia" (RIO GRANDE, 27 DE DEZEMBRO DE 1954).

O rumor logo traz um novo argumento, o da associação com a dragagem. Não há qualquer investigação científica em jogo, as conclusões são baseadas em conexões que, a esta sociedade, parecem evidentes à medida que os batelões responsáveis pela retirada de sedimento do canal portuário estão operando. Sem nenhum tipo de resposta concreta da instituição, a busca pela responsabilidade torna-se a tônica da notícia, um tipo de sentimento que se acentua quando evidencia os "olhares de reprovação" que incidem sobre a dragagem na figura da embarcação responsável.

Já a coluna opinativa "Corujando" diz: "Muita gente reclama do abandono que se encontra o Cassino com a invasão do lodo. Não mais se pode tomar banho na praia. Toda ela está dominada por densa camada de lama, proveniente, dizem, da dragagem" (RIO GRANDE, 28 DE DEZEMBRO DE 1954). E, no terceiro e último dia de publicações sobre o acontecimento do barro, inicia-se apresenta-se a seguinte título notícia:

> Ameaçada a praia do Cassino de transforma-se num lamaçal
>
> A praia do Cassino está ameaçada de transformar-se num lamaçal. Há dias vem se notando um notável acúmulo de lodo na praia o que prejudica o banho dos veranistas e causa um mau aspecto nesse local devido ao odor fétido que se desprende. As pessoas que penetram no mar dele saem com os pés enegrecidos pelo barro e os automóveis não podem se aproximar muito da orla pois estão ameaçados de enterrar os pneus no lado. (RIO GRANDE, 29 DE DEZEMBRO DE 1954).

Aqui o uso do termo "ameaça" se conecta ao medo que surge da impossibilidade de experenciar o verão que se aproxima - o que se acentua quando a notícia informa que há um acúmulo diário desse sedimento na orla. Porém, como se pode perceber, um novo elemento é apresentado: a sensibilidade do olfato. O "odor fétido" se espalha pela faixa de praia, não bastasse o impedimento dos banhos, agora havia o incômodo do cheiro, tornando a experiência de estar na praia ainda mais desagradável. Aparece a memória que emerge associada ao olfato, fazendo desse sentido uma forma de proporcionar os contornos, e o conteúdo, de um acontecimento.

Nesse caso, o barro carrega o cheiro que acentua a transformação dessa paisagem causada pelo fenômeno. Desprende dele um odor que, ainda nessa época, é incapaz de ser associado não ao próprio barro, mas as consequências que ele traz ao ecossistema costeiro. Trata-se, nesse caso, do impacto causado na fauna bentônica, que inicia já no amortecimento das ondas causado pela deposição sedimentar, que diminui o período de sua amplitude, a dinâmica do sedimento e oxigenação das camadas inferiores do substrato,

ocasionando a morte desses organismos e, consequentemente, exalando tal odor e provocando uma cadeia de desestabilização ecossistêmica. (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2015).

Na continuidade da notícia ainda é possível destacar:

> A nossa reportagem, conversando com pessoas residentes no local procurou informar-se do motivo dessa invasão de lodo no que fora até então uma praia firme e aprazível. Julgam alguns que o aparecimento dessa camada é devido ao fato do serviço de dragagem estar despejando os batelões fora da barra sem observar as correntes marítimas que arrastam o produto das escavações para a praia (RIO GRANDE, 27 DE DEZEMBRO DE 1954).

Foi elaborada uma pauta jornalística para tal situação, o que demonstra algum tipo de mobilização dentro da redação do periódico, que chegou a se deslocar até o balneário – distância de mais de 20 km entre o centro urbano e praia, com uma estrada precária inda nessa década – para entrevistar moradores. A cobertura jornalística se deu na intenção de encontrar o que consideraria os motivos da "invasão de lodo", e a resposta que alcançou, seguindo a interpretação dos moradores, seria a mesma que o próprio jornal já havia elaborado dias antes: a dragagem oriunda de ação do porto de Rio Grande.

E encerra essa matéria com o seguinte parágrafo:

> É uma explicação plausível, pois o fenômeno até então não havia sido observado. Urge tomar uma providência imediata, pois do contrário os veranistas fugirão da praia do Cassino e todo esforço que se vem fazendo para incrementar o turismo de Rio Grande será posto a perder (DIÁRIO DO RIO GRANDE, 27 DE DEZEMBRO DE 1954).

Aceitando a explicação popular, da mesma forma que legitimando a sua, considera a reportagem "plausível" a relação entre a incidência de lama e as operações de dragagem que estavam ocorrendo nesse momento. Porém, se equivoca quando aponta que tal fenômeno ainda não havia sido observado, esquecendo a ocorrência de 1901. Menos de dez dias depois dessas três abordagens da lama no Cassino, o mesmo jornal publicava notícias do sucesso da temporada de veraneio de 1955.

O ano de 1970 também é apresentado como momento de incidência do sedimento lamítico no Cassino, porém, nenhum registro foi encontrado nos jornais locais ao longo de doze meses. O que se encontrou, porém, foram notícias diversas sobre o andamento de uma operação de dragagem.

Verifica-se, por exemplo, a manchete de capa: "Minas Geraes[32] chegou. Os maiores navios do mundo poderão transpor a barra" (RIO GRANDE, 04 DE FEVEREIRO 1970), ou então na página oito: "Dragagem vai estender-se para favorecer o iatismo" (21 DE FEVEREIRO DE 1970). O interesse institucional também ganha destaque na página quatro: "O general Médici reafirma que irá realizar obras estruturais no porto de Rio Grande e na mobilidade de transportes ao porto" (RIO GRANDE, 28 DE FEVEREIRO DE 1970).

O mesmo jornal que antes questionava o surgimento da lama, e cobrava responsabilidades, agora silencia frente ao processo de dragagem que ocorre em meio à ditadura civil-militar instalada no Brasil, a qual possuía como lema a recuperação econômica, gerando, inclusive, o famigerado slogan do "milagre econômico". Assim, é importante realçar que essa importância dada ao processo de dragagem está situada nesse contexto específico, pois se transforma em uma pista para compreender o silenciamento de uma ressaca que originou a chegada de barro na costa da cidade, como é possível atestar não pelo jornal, mas

[32] Nome da embarcação responsável pela dragagem nesse ano.

pelas primeiras publicações científicas sobre o sedimento.

Em 1972 os pesquisadores Jorge Alberto Villwock & Luis Roberto Martins publicaram o artigo *Depósitos Lamíticos de pós-praia, Cassino – RS* no qual estudaram o fenômeno a partir de uma coleta realizada após uma ressaca no verão de 1970, com amostras referentes à zona de pós-praia, e também da área de estirâncio. Ao contrário da versão levantada pelo jornal Cidade de Rio Grande, os cientistas argumentam em seu estudo que tal material seria de origem natural, oriundo do processo de suspensão de carga sedimentar da Lagoa dos Patos que teria início no Delta do Jacuí.

Na explicação elaborada pelos autores ocorreria o que eles chamam de "carga tributária" dos diversos pontos de despejo sedimentar que a Lagoa dos Patos receberia, remetendo, assim, a um processo ecossistêmico que leva em consideração o impacto dos Rios Camaquã, Sinos, Gravataí, Taquari e Jacuí cujas bacias hidrográficas "drenam áreas constituídas por rochas polimetamórficas, ígneas e sedimentares do Escudo pré-cambriano e paleozóico do Rio Grande do Sul..." (VILLWOCK & MARTINS, 1972, p. 71). Ainda seguem nessa linha interpretativa considerando, também, as sequências sedimentares da Bacia do Paraná, e outras áreas cobertas por depósitos cenozoicos da planície costeira.

Dessa forma, o que surge é uma explicação que transcende o fato em sua ocorrência pontual, e o conecta a um processo maior de compreensão que percebe no sistema de movimentação sedimentar um argumento baseado em características de longa duração dentro da formação geológica da planície costeira do Rio Grande do Sul. O texto encerra, então, com a seguinte conclusão em seu último parágrafo:

> Deste modo, a hipótese popular de que tais depósitos de lama fossem consequência das dragagens efetuadas periodicamente nos canais de acesso e bacia de evolução do porto de Rio Grande, cai por terra. Os processos que levam a sua formação são comprovadamente naturais (VILLWOCK & MARTINS, 1972, p. 1972).

O que se pode perceber é a criação de uma versão do fenômeno a partir do entendimento que sua ocorrência é fruto de uma dinâmica natural, ao contrário das associações de 1954. Será essa uma explicação que se fixará dentro do universo científico ao longo dos anos 1970, com publicações desses mesmos autores, ou do laboratório de geociências a que estão associados na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – e que seguirá repercutindo, inclusive, nas pesquisas que viriam a ser desenvolvidas no âmbito da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) nas décadas seguintes.

Com isso, mesmo que a lama tenha surgido, em 1970, sem a presença de dragagem concomitante, o rumor estabelecido acabou por solapar qualquer resposta definitiva que a ciência pudesse prover. E, ao contrário do que propunham os autores Villwock & Martins (1972), o tema não se esgotou com essa publicação. Para a universidade, para o campo científico elaborou-se uma verdade, a qual não foi capaz de superar a dúvida que pairava na comunidade.

Sabe-se que nesse momento não existe uma questão ambiental propriamente dita como centralidade, em momento algum esse argumento é levantado. Porém, há uma demanda em busca de explicações, as quais são apresentadas cientificamente e, ao contrário de 1954, insere-se em um novo contexto. E esse contexto se refere ao início de debates internacionais, através de encontros como os de Estocolmo em 1972, acerca das questões ambientais, o que iria proporcionar um acúmulo de conhecimento importante, da mesma forma que aportariam demandas de pesquisas que passariam a integrar a realidade das universidades.

O que se verifica, portanto, é a construção de narrativas, de versões que hoje podemos interpretar. Uma delas sustentada pela academia quando reivindica uma abordagem sistêmica e dinâmica entre o estuário da Lagoa dos Patos e o mar, acrescendo a isso fenômenos meteorológicos que fariam com a lama, naturalmente, surgisse na costa. Por outro lado, o jornal que elabora a versão que associa o evento à dragagem portuária, as quais nem sempre ocorrem em período paralelo à chegada da lama, mas imputam dúvidas que alimentam rumores cotidianos que não devem ser descartados.

Há a versão natural e a antrópica posta já na década de 1970, e essa continuidade dessa história ganhará novos contornos em 1998. A diferença é que agora se está diante de outra sociedade no tempo, com outros sentidos do ambiental em jogo, o que mudará completamente o curso dessa trama.

O ANO DE 1998 E A EMERGÊNCIA DO AMBIENTAL

O que faz com que a chegada do barro na praia do Cassino em 1998 se transforme em um momento diferenciado? O que leva à mobilização até então inédita por parte da comunidade em busca de esclarecimentos e soluções?

Para alcançar essas respostas é preciso lembrar das indicações de Carlos Walter Porto Gonçalves (2012) quando fala da emergência do tema ambiental nas sociedades após décadas de acúmulos de conhecimentos em diversas instâncias. É nesse momento que ele lembra da importância dos encontros internacionais e uma agenda mundial acerca da sustentabilidade da vida no planeta; os movimentos sociais; as publicações científicas; bem como as novas demandas instituídas pela própria sociedade civil.

Tudo isso deve ser levado em consideração quando se percebe que a chegada da lama em 1998 é precedida por essas intersecções contextuais das quais fazem com que esse não seja mais um fenômeno isolado, ou com pouca repercussão. Encontrar uma grande faixa de barro na praia, assim, faz com que o tema ganhe outras proporções, se transformando mesmo em um acontecimento, momento em que se realiza um corte na realidade a partir de determinados procedimentos em que agem e produzem elementos de interação (VEYNE, 2008, p. 46).

Para compreender como ocorreu esse "corte na realidade", o qual promoveu a emergência de uma questão ambiental é preciso regressar até o ano de 1998, no dia 23 de janeiro, quando o Jornal Agora noticia em uma pequena nota dentro de sua capa as consequências daquilo que seria, a princípio, só mais uma ressaca no litoral. A matéria continua na página quatro:

> Ressaca deixa 2km de barro no Cassino
>
> A ressaca ocorrida no final de semana na praia ainda está dando trabalho para a ABC[33], pois 2km de praia desde o chamado arroio do gelo até o local onde havia o terminal turístico, ficaram com muito barro (...) Nesse trecho do balneário não há como passarem veículos, e é um espaço nobre da praia. Nem mesmo os banhistas estão conseguindo ficar nessa área e as reclamações tem sido intensas (JORNAL AGORA, 23 de janeiro de 1998).

Nessa reportagem o responsável pela administração local do balneário Cassino é procurado pelo jornal, e se preocupa em mostrar as soluções para a retirada desse barro que está "dando trabalho" em uma das faixas de maior procura para os banhos. Ainda é evidenciado que tentativas de retirada desse material ainda foram levadas a cabo, todas sem sucesso, dado que a "a maré subiu um pouco e estava piorando a

[33] Autarquia do Balneário Cassino, segmento vinculado à prefeitura que é responsável pela gestão estrutural da praia do Cassino. Hoje possui o status de Secretaria Especial do Cassino (SEC).

situação", anunciando ainda que outra ressaca estava por vir, e poderia lançar o lodo para perto das dunas, o que "resolveria o problema" (JORNAL AGORA, 26 de janeiro de 1998).

Dias depois a lama permanece como um empecilho na praia, mesmo que já "reduzida", mas ainda insistindo em "incomodar" por uma faixa de cerca de 2 km (JORNAL AGORA, 02-03 de fevereiro, 1998). Durante o restante do mês de fevereiro e março nenhum registro foi encontrado, porém em abril desse mesmo ano uma notícia veiculada na página doze do periódico apresenta o que aqui se considera o surgimento de uma questão ambiental propriamente dita:

> Lama no Cassino começa a ser investigada
>
> A Promotoria da Defesa Comunitária começou a investigar a origem da lama que surgiu no Cassino em duas ocasiões este ano: a primeira durante a temporada de verão e a segunda no mês de março. A lama tomou conta de mais de dois quilômetros de praia, desde o antigo terminal turístico até o monumento da Iemanjá. A decisão da promotora Miriam Balestro Floriano deve-se a polêmica que o assunto gerou na comunidade.
>
> Técnicos da FURG acreditam tratar-se de um fenômeno natural, enquanto muitas outras pessoas acham que é fruto da dragagem realizada no canal de acesso ao porto. O professor Lauro Calliari, do Laboratório de Oceanografia da FURG, que vem acompanhando o fenômeno desde 1972.
>
> Na sua opinião, a lama é um fenômeno natural conhecida a pelo menos cinco décadas, formado por sedimentos trazidos desde o Delta do Jacuí e é consequência direta da grande quantidade de chuva que escoa até o encontro com a Lagoa dos Patos com o Oceano. E a floculação da argila depois do contato com a água salgada e a suspensão da lama pelas ondas a conduz até a praia. Àqueles que dizem ser fruto da dragagem acreditam que os sedimentos retirados do canal sejam depositados fora da barra do Rio Grande e que a ação das ondas os leve para a praia.
>
> A promotora disse que, como existem versões diferentes para o surgimento da lama, a intenção é averiguar em prol do meio ambiente. Ela vai ouvir técnicos da FURG e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental e procurar esclarecer se a lama é ou não um fenômeno natural. Dependendo do resultado solicitará perícia especializada. "O importante é ver o assunto esclarecido" (JORNAL AGORA, 25-26 DE ABRIL, 1998).

A entrada em cena da promotoria traz um elemento novo, o fator jurídico, e esse através de um procedimento evocado por um órgão de defesa comunitária, o qual se baseia em uma "polêmica que o assunto gerava na comunidade", conforme informa a promotora ao jornal. A ideia do rumor que se espalhou pela população está presente nesse fragmento, e remete a uma condição que, décadas atrás, já havia servido de justificativa para o estudo de Villwock & Martins (1972), por exemplo.

Ainda, percebe-se na mesma notícia a retomada das versões de 1954 e 1972 sobre o fenômeno, quando se impõe a associação com a dragagem portuária, e em seguida a interpretação natural do evento que é acionada pela fala do pesquisador da FURG Lauro Calliari.

O predicado da dúvida é posto pela promotoria, que compreende a necessidade de prestar esclarecimentos frente à "polêmica". E será nesse momento que, pela primeira vez, se utilizará o termo "meio ambiente" como justificativa para a busca de explicações dentro desse quadro, o que leva ao entendimento da ambientalização do tema da lama que chega até a praia do Cassino.

E aqui se retoma as palavras de Carlos Walter Porto Gonçalves:

> Não existe relação com a natureza a não ser por meio de um conjunto de significações socialmente instituído e, portanto, possível de ser reinventado num processo aberto, complexo, contraditório e indefinido sempre em condições históricas e geograficamente determinadas (GONÇALVES, 2012, p. 44).

A ambientalização do tema ocorre não só pela intensidade do acontecimento, mas também pelo acúmulo de algumas "significações" que incidem diretamente sobre essa nova questão socioambiental. Os encontros internacionais que forjaram diretrizes para o meio ambiente, dando assim visibilidade ao tema em escala global; as consequências dessa emergência dentro dos países em suas novas políticas públicas; a especificação em propor políticas públicas destinadas à costa nos termos de uma relação considerada harmoniosa entre os sujeitos e o meio, como é o caso do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, que se tornou uma importante ferramenta de gestão pública no litoral brasileiro desde o final da década de 1980.

Alguns dias depois da manifestação da promotoria o jornal publica em sua terceira página a seguinte notícia:

> Defesa comunitária aceita laudo da FURG sobre lama no Cassino
>
> Partindo de sua proposta de investigar o surgimento de lama no Cassino, fator polêmico na comunidade, a Promotora de Defesa Comunitária Miriam Balestro Floriano, reuniu-se com o professor Lauro Calliari, do Laboratório de Oceanografia Geológica da Furg, e decidiu dar crédito ao laudo da universidade, segundo o qual trata-se de um fenômeno natural.
>
> A promotora disse ter-lhe chamado atenção o fato de nenhuma pessoa, que atribui o surgimento de lama às dragagens no canal de acesso ao porto, ter fundamento teórico para este posicionamento. "Já a Furg tem dados científicos embasando sua posição", observou a promotora, dizendo estar convencida tecnicamente que a lama é um fenômeno natural. No entanto salientou que se alguém tiver dados técnicos que fundamente o entendimento de que a origem é a dragagem, voltará a examinar a questão.
>
> Ressaltou que a única maneira de certificar a comunidade, o que é observado no relatório de Calliari, seria o monitoramento da dragagem, mas que se trata de um gasto extremamente caro. O relatório de Calliari lembra que a primeira notificação de registro em jornal sobre o aparecimento desta lama aconteceu em 1954, antes que vultuosas dragagens fossem feitas. (...)
>
> O oceanógrafo diz que o fenômeno é formado por sedimentos trazidos desde o Delta do jacuí, e é consequência direta da grande quantidade de chuva que escoa até o encontro da Lagoa dos Patos com o oceano. Trata-se da floculação da argila depois do contato com a água salgada e a suspensão de lama pelas ondas a conduz até a praia (JORNAL AGORA, 07 DE MAIO, 1998).

De forma sintética, se pode dizer que, nesse jogo de interpretações é a versão científica que sai vitoriosa. Ao apresentar na forma de "laudo" algumas considerações, em contrapartida à comunidade que não demonstrou nenhum tipo de comprovação para outra variável que não a condição natural do barro na praia, se faz presente uma premissa que Anthony Giddens mapeou em seus estudos como a "aura de respeito" (GIDDENS, 1991, p. 92) que incide sobre as ciências naturais e suas criações de regimes de verdade.

A promotora transforma, assim, um documento em fonte de verdade, o que não implica em julgar suas condições técnicas de veracidade ou não, mas sim apresenta de que forma a sociedade moderna toma suas decisões em relação às questões ambientais "polêmicas". Está posto que o fenômeno é natural, e a maneira de comprovar isso à sociedade seria realizando o monitoramento dos processos de dragagem.

A consequência disso se vê igualmente na discussão sobre o monitoramento da dragagem, que se tornaria irrelevante primeiro pelo fato de já existir uma verdade estabelecida pela ciência, segundo pelo dispêndio que isso causaria aos cofres públicos. O saber perito oriundo das ciências da natureza, que se valida não só do evento de 1998, mas da re-interpretação de conclusões elaboradas ainda na década de 1970, acaba por orientar a forma como o fenômeno deve ser apreendido por todos.

Quando da investigação dos nexos interpretativos que se forjaram para a emergência dessa questão ambiental, cria-se um contexto que promoveu o que se pode chamar de uma agenda costeira na cidade durante o ano de 1998. O resultado disso pode ser visto na seguinte tabela que evidencia o repertório de notícias que foram veiculadas nesse ano:

DATA	NOTÍCIAS	AV	S	C
23/01	Ressaca deixa 2km de barro no Cassino		p.4	
2-3/02	Mau tempo não afasta os veranistas	Texto capa		
12/02	Cassino enfrenta frio e ressaca em pleno verão	Texto capa		
25-26/04	Lama no Cassino começa a ser investigada		p.12	
07/05	Defesa comunitária aceita laudo da FURG sobre lama no Cassino	p.3		
15/05	Lama no Cassino será estudada em Portugal		p. 13	
19/06	Conselho discutiu sobre a lama no Cassino		p.4	
02/10	Autarquia emite parecer sobre a lama no Cassino	p.3		
08/10	Sr. Editor – Praia do Cassino	Cartas		
22/10	Geógrafo explica sobre lama na praia do Cassino		p.5	
27/10	Fórum Água Pura, Praia Limpa	p. 3		
2-03/11	Caderno especial: Fórum água pura, praia limpa			4 p
07/11	Veraneio 1999	charge		

Tabela 1: Notícias publicadas na imprensa sobre o sedimento lamítico em 1998. Legenda: AV: Área valorizada SEG: Seguimento CAD: Cadernos

Ao contrário das incidências anteriores, como se pode perceber, dessa vez se está diante de treze materiais jornalísticos produzidos sobre o tema, sendo que em todos os elencados acima aparecem os indicadores lama/barro/lodo, bem como elencam situações referentes ao fenômeno. O assunto ganha evidência constante, da mesma forma que passa a ocupar as principais áreas de relevância do jornal, estabelecendo, assim, subsídios para argumentar que esse passa a ser um assunto cotidiano, promovendo apropriações, e também projetando representações sociais que passam a se agregar ao debate.

O Jornal Agora elabora, como se pode perceber, uma narrativa na qual a lama é, primeiramente, um "incômodo", um distúrbio que atrapalha o cotidiano da população. Em seguida, desvinculando o processo da dragagem do fenômeno, a versão natural ocupa destaque, e se consolida junto à imprensa. Nesse momento é possível perceber os *sentidos do ambiental* no contexto dessa sociedade lidando com suas decisões quanto a um fenômeno que começa sendo mostrado como fruto de uma ressaca, e aos poucos evolui para um debate que envolve órgãos executivos, judiciários, é fomentado por uma ideia de rumor que possui um lastro histórico, e alcança o cotidiano de uma comunidade de forma inédita.

Disso deriva uma interpretação que é necessária de se pensar a partir do campo da EA, e das sensibilidades ambientais em jogo, e essa diz respeito ao fato de que o fenômeno está posto, até mesmo pela irreversibilidade que a versão natural aponta, ou, caso for um evento antrópico, a necessidade da realização de dragagens no canal portuário. Isso faz com que, a partir de agora, o fenômeno se fixe como um futuro possível, e até mesmo previsível no horizonte de expectativas da comunidade em questão.

E será desse entendimento que surgirá os próprios limites das ciências naturais, área capaz de elencar avanços significativos para compreensão dos depósitos lamíticos, mas não de suprir demandas que atravessam a potência que existe no repertório de representações que foram geradas, e fundamentalmente, as formas de estabelecer processos de comunicação e ações formativas que possam interseccionar a própria comunidade legitimamente dentro não só do debate, mas tendo possibilidade real

de participação nas tomadas de decisão sobre o que lhes trará impactos periodicamente.

É a partir desse tipo de entendimento que a EA poderia assumir um papel importante, e aqui cabe lembrar apontamentos que remontam ao que Mauro Grün já manifestava em sua obra *Ética e Educação Ambiental* (1996) quando falava da necessidade de superar uma epistemologia cartesiana que reconhece um sujeito autônomo "fora da natureza", e apontava a importância da criação de linguagens que pudessem superar o cenário de crise ambiental, e assim construir abordagens que trouxessem à tona outros olhares que não os dicotômicos em relação ao entendimento do conceito de natureza (GRÜN, 1996, p. 46).

Se para os sujeitos não existem alternativas que não experimentar o mundo, ser atravessado e transformado permanentemente por ele (LE BRETON, 2016, p. 11), a presença da lama se integra nesse círculo de experiências que estão postas passadas surpresas dos primeiros contatos. Assim, essa natureza costeira não é alheia, não esse outro que várias surge nos jornais, ou nos trabalhos científicos, reverter esse tipo de interpretação parece ser o caminho a seguir, propondo uma abordagem holística, interdisciplinar e, sobretudo, participativa naquilo que diz respeito aos fenômenos ambientais costeiros.

CONCLUSÃO

Por tratar-se de uma pesquisa em andamento, o que se apresentou aqui foram os primeiros resultados de uma investigação que visa trazer para o campo da EA a discussão sobre um fenômeno ambiental costeiro. Junto com isso, novas formas de problematização podem surgir para contribuir na apreensão desse que é um fato socioambiental que ainda busca esclarecimentos, e precisa avançar para além da culpabilidade que se possa atribuir a qualquer uma das versões ainda em jogo sobre as origens desse fenômeno.

Construir formas de comunicação acessíveis a todos os segmentos envolvidos, fazendo com que a comunidade possa compreender e, fundamentalmente, participar da amplitude de um debate que deve ser pensado em termos ecossistêmicos, conectando tanto as especificidades naturais e culturais que lhes impactam, como também os impactos gerados na integralidade da vida costeira, é um primeiro passo necessário para forjar uma síntese distinta daquela cartesiana parece ter predominado quando da emergência da questão ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que permite com a bolsa de estudos financiar a pesquisa em andamento.

REFERÊNCIAS

CALLIARI, L. J. 1993. Laguna dos Patos. Influência nos depósitos lamíticos costeiros. Pesquisas em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Vol. 20 (1): 57-69.

CALLIARI, L. J *et al*. 2004. Classificação Geomorfológica. Erosão e progradação do litoral brasileiro – Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente., Brasília, DF, Brasil. 40p.

CARVALHO, I. C. M. 2002. A. invenção ecológica – narrativas e trajetórias da Educação Ambiental no Brasil. 232p. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, Brasil.

_____ 2006. Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico. 4ª ed. 256p., Cortez, São Paulo, SP, Brasil.

CORBIN, A. 1989. Território do Vazio: a Praia no Imaginário Ocidental. 416p. Companhia das Letras, São Paulo, SP, Brasil.

DELANEY, P. J. V. 1965. Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 167p.

FERREIRA, F. N. 2012. Ao sul do sul o mar também é pampa - sensibilidades de verão na Villa Sequeira (1884-1892). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 209p.

GIDDENS, A. 1991. As consequências da modernidade. 180p. Editora da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, SP, Brasil.

GONÇALVES, C. W. 2012. O desafio ambiental. 180p. 3ª ed. Record, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GONÇALVES, D. C. *et al*. 2011. Avaliação da Expansão do Balneário Cassino e da Acessibilidade aos Serviços de Saúde, Educação e Segurança. XV Simpósio Brasileiro de Sensoreamento Remoto (SBSR). Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Paraná: 8764-8771.

GROFFMAN *et al*. 2010. Restarting the conversation: challenges at the interface between ecology and society. Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 8 (6): 284-291.

GRÜN, M. 1996. Ética e Educação Ambiental. 120p. Papirus, São Paulo, SP, Brasil.

LE BRETON, D. 2016. Antropologia dos Sentidos. 552p. Vozes, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil.

MARTINS, L.R, *et al*. 2003. Ocorrência de fragmentos de lama na praia do Cassino, Rs, Brasil. Gravel. nº 1: 47-53.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO BRASIL. Caracterização da influência de depósitos de lama sobre os invertebrados na Praia do Cassino, Rio Grande do Sul. 15p. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.io.furg.br/noticias/661-documento-enviado-ao-ministerio-publico-sobre-a-caracterizacao-da-influencia-de-depositos-de-lama-sobre-os-invertebrados-na-praia-do-cassino-rio-grande-do-sul.

OLIVEIRA, M. V. Jornalismo ambiental como instrumento de educação ambiental: o jornal agora na conservação das dunas do Cassino. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, 2005. 168p.

PESAVENTO, S.J. Os sete pecados da capital. 2008. 224p. Hucitec, São Paulo, SP, Brasil.

RHEINHEIMER, C.G. & GUERRA, T. 2009. Processo Grupal, Pesquisa-ação-participativa e Educação Ambiental: uma parceria que deu certo. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. Vol. 22, Jan/Jul: 417-438.

SEELIGER, U. *et al*. 2004. Areias do Albardão: um guia ecológico ilustrado do litoral do Rio Grande do Sul. 97p. Ecoscientia, Rio Grande, RS, Brasil.

STEIL, C.; CARVALHO, I. C. M. 2014. Epistemologias ecológicas – delimitando um conceito. Mana, Vol. 20, n. 1: 163-183.

STEWART, I. S & NIELD, T. 2013. Earth stories: cotext and narrative in the communication of popular geoscience. Proceedings of the Geologists' Association. Vol. 124, n. 4, June: 699-712.

SCHIMIDT, L *et al*. 2013. Change in the way we live and plan the coast: stakeholders discussions on future scenarios and adaptation strategies. Journal os Coastal Research, Special Issue. nº 65: 1033-1038.

TRATADO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS E RESPONSABILIDADE GLOBAL, Documento elaborado pelo Fórum Global das Organizações Não Governamentais, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio de Janeiro, 1992.

VEYNE, Paul. 2008. Como se escreve a história; Foucault revoluciona a história. 4ª ed. 285p. Editora da Universidade de Brasília, Brasilia, DF.

VILLWOCK, J.A. & MARTINS, L.R. 1972. Depósitos lamíticos de pós-praia, Cassino – RS. Pesquisas e Geociências. Porto Alegre, Vol. 1, maio: 69-85.

Capítulo 24

Práticas de resistência socioambiental na zona costeira Gaúcha: o caso do movimento “fora celulose”

PRÁTICAS DE RESISTÊNCIA SOCIOAMBIENTAL NA ZONA COSTEIRA GAÚCHA: O CASO DO MOVIMENTO “FORA CELULOSE”

Gabriel Ferreira da Silva[1] & José Vicente Freitas[2]

[1] Universidade Federal do Rio Grande FURG - Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental PPGEA. Endereço: Avenida Itália, km. 08 - Pavilhão 4, sala 4112 A, Campus Carreiros, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP: 96203-900,gbr.s.ferro@gmail.com

[2] Universidade Federal do Rio Grande FURG - Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental PPGEA. Endereço: Avenida Itália, km. 08 - Pavilhão 4, sala 4112 A, Campus Carreiros, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP: 96203-900, josevicente@ribombo.com.

RESUMO

Os anos finais da década de 1980 colocaram a cidade do Rio Grande/RS no palco de manifestações socioambientais. Isto se deu pelo anúncio por parte do Governo do Estado do Rio Grande do Sul em seu interesse na instalação de uma fábrica de celulose na cidade. Vista pelos políticos e empresários como a solução de problemas econômicos, o anúncio rapidamente chamou a atenção para pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e comunidade em geral, que se organizaram a fim de barrar a instalação do empreendimento em Rio Grande. Assim, este artigo busca compreender e explorar a relação entre academia e movimento ambiental, resultando no movimento “Fora Celulose”. Trataremos aqui, de uma relação extremamente frutífera criada na união entre universidade e os movimentos ambientais, resultando no movimento, responsável direto pelo abandono do projeto por parte do Governo e demais autoridades.

Palavras-chave: Fora Celulose; Rio Grande/RS; Universidade Federal do Rio Grande (FURG); Ativismo ambiental; Fábrica de Celulose.

SOCIAL AND ENVIRONMENTAL RESISTANCE PRACTICES IN THE COASTAL GAUCHA AREA: THE CASE OF THE “OUTSIDE CELLULOSE” MOVEMENT

ABSTRACT

The final years of the 1980s put the city of Rio Grande / RS at the stage of socio-environmental manifestations. This was due to the announcement by the Government of the State of Rio Grande do Sul, in its interest in the installation of a pulp mill in the city. Seen by politicians and businessmen as the solution to economic problems, the announcement quickly drew attention to researchers from the Federal University of Rio Grande (FURG) and the community in general, who organized to stop the installation of the venture in Rio Grande. Thus, this article seeks to understand and explore the relationship between academy and environmental movement, resulting in the "Out of Cellulose" movement. We will deal here with an extremely fruitful relationship created in the union between university and environmental movements, resulting in the movement entitled "outside cellulose", directly responsible for the abandonment of the project by the Government and other authorities.

Key-words: Out ofCellulose; Rio Grande/RS; Federal Universityof Rio Grande (FURG); Environmental movement; Pulpmill.

INTRODUÇÃO

No final dos anos 1980 o governo do Estado do Rio Grande do Sul, estado da República Federativa do Brasil, anunciou a pretensão de instalar um gigantesco complexo de produção de papel celulose na cidade de Rio Grande, às margens da Laguna dos Patos. O investimento giraria em torno de 400 milhões de dólares e era apresentado como a solução dos problemas econômicos do município, que assim como o restante do país, vivenciava uma séria crise socioeconômica.

Em primeiro momento, o governo do Estado, assim como uma legião de empresários residentes do município, acreditou que o projeto seria aceito sem grandes problemáticas e poderia ser implementado assim que as primeiras empresas interessadas na empreitada estivessem prontas para iniciar as obras.

Entretanto, a notícia da possível instauração da fábrica na cidade, já era de conhecimento de ativistas de movimentos ambientalistas do município que, antecipadamente, se organizavam de forma a pensar maneiras de barrar o empreendimento.

Com a manifestação oficial sobre a instalação da fábrica, os ativistas e diversos outros atores da sociedade civil riograndina passaram a organizar maneiras de convencer a sociedade em geral de que a instalação da fábrica traria mais ônus do que benefícios para o município. Estas pessoas organizadas passariam a fazer parte de um grupo que hoje denominamos de movimento "Fora Celulose".

Em um período de tempo de cerca de um ano, entre fim de 1988 e o fim de 1989, os ativistas foram capazes, através de diversas ações políticas e de educação ambiental, de não só persuadir a população sobre os perigos de que acarretaria a instalação do complexo de celulose na cidade, mas de criar um movimento tão grande e conciso que fez com que o governador do Estado recuasse com as pretensões governamentais.

O episódio em questão é marcado como uma das maiores, se não a maior, ação de resistência socioambiental da Cidade de Rio Grande. Entretanto, o fator ímpar deste fenômeno não reside em seu fator de impacto no imaginário popular ou mesmo pela sua efetividade em resistir ao megaempreendimento. Destaca-se aqui, como a principal singularidade deste fenômeno a sua eficácia em resistir no contexto socioeconômico em que estava inserido.

Como se sabe, década de 1980 é conhecida como década perdida no âmbito econômico. O Brasil passava por uma gigantesca crise social onde os índices de desemprego, violência e miséria eram alarmantes. São estes fatores que tornam interessante o movimento Fora Celulose, pois a narrativa criada pelos ambientalistas foi capaz de persuadir a população em geral a não aceitar a fábrica de celulose mesmo esta sendo, como falado anteriormente, a solução para os problemas socioeconômicos de Rio Grande

Este artigo se origina de uma pesquisa[34] que entende que o movimento Fora Celulose pode fornecer pistas para a realização de ações socioambientais concretas e adequadas para efetuar intervenções no escopo social capazes de convencer as populações de áreas ameaçadas por megaempreendimentos extrativistas, em especial nas zonas costeiras, que estes empreendimentos não são benéficos para as regiões onde pretendem se instalar.

Este trabalho tem como objetivo, apresentar como foi realizado o teste de uma das hipóteses da

[34] FERREIRA, Gabriel, Silva. **—Uma história de luta e resistência- O movimento "Fora Celulose!" no município de Rio Grande no final da década de 1980".** Rio Grande: 2017. 67p. Monografia (graduação em história bacharelado) - Instituto de ciências humanas e da informação, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande,2017.

pesquisa, que visava relacionar uma das ações de educação ambiental promovidas pelos ativistas- a panfletagem na praia- com a produção acadêmica da universidade, referente a instalação da fábrica de celulose.

Para que se possa entender a lógica por trás deste teste, deve-se saber que o Fora Celulose se utilizou de diversas táticas e ferramentas para alcançar seus objetivos. Dentre as estratégias já catalogada a principais eram a distribuição de folhetos informativos, sobre os males de uma fábrica de celulose aos veranistas do balneário cassino. Estes *flyers* eram distribuídos para moradores e turistas durante os momentos de lazer na beira da praia e eram acompanhados por diálogos e explicações sobre o conteúdo do documento.

A fonte em questão- os flyers distribuídos na praia- possui um selo da associação dos professores da Universidade Federal do Rio Grande e em seu texto constam diversos dados que não expõem a fonte de pesquisa. Uma vez que no corpus documental reunido até o momento existem uma série de artigos acadêmicos- produzidos nos anos 1980- que detalham os impactos tanto socioeconômico quanto ambientais que uma fábrica de celulose poderia causar a cidade de rio Grande, entende-se que pode haver alguma relação entre o documento em questão e os artigos encontrados.

Sendo assim, uma das hipóteses de trabalho desta pesquisa é que um dos possíveis fatores que fizeram com que este movimento fosse efetivo em resistir contra a fábrica de celulose, foi por possuir uma relação com a universidade tanto para produzir material de trabalho quanto para realizar estratégias de ação.

Para comprovar ou negar esta hipótese, um dos processos realizados, e que está aqui exposto, foi realizar análise do conteúdo dos folhetos, artigos e posteriormente compará-los em busca de similaridades entre a narrativa dos textos e dos artigos.

Para que este artigo tenha mais consistência e possa transparecer a dimensão dos atos de resistência dos ambientalistas, serão expostas as argumentações utilizadas pelos favoráveis a fábrica de celulose que foram divulgadas no principal periódico da cidade. Este processo tem a intenção de demonstrar como o folheto estava bem estruturado e buscou desconstruir de forma didática todos os argumentos encontrados no jornal naquela época.

Uma vez que esta pesquisa opera com hipóteses de trabalho, é natural que esta possua um escopo teórico a priori. Sendo assim este artigo tem como referência, inicialmente, a compreensão de Enrique Leff (2005) sobre sua percepção a respeito do campo da História Ambiental (HA). Defende-se aqui essa abordagem por entender que as associações que o autor faz entre a pesquisa histórica e a Educação ambiental (EA) encaixam perfeitamente na proposta desta pesquisa que, nada mais é, do que uma pesquisa historiográfica dentro do campo da EA.

A perspectiva de Leff (op.cit) sobre HA não a resume simplesmente em um estudo sobre as interações entre seres humanos e a natureza, mas sim de mudança paradigmática, onde se percebe os homens e as mulheres como sendo a própria natureza. Aqui se propõe que a HA, mais do que um estudo do passado, seja um fator de transformação da sociedade, a partir do resgate de formas de resistência ao que se chama de racionalidade econômica.

> Se a história ambiental é entendida como o devir espaço-temporal em que ocorrem transformações do meio pela ação do homem (pelas racionalidades econômico-culturais de apropriação da natureza), seu campo estará definido segundo a delimitação territorial, cultural e temporal de cada estudo. Nesta perspectiva, se estabeleceria o propósito de recuperar formas sustentáveis de manejo do meio para aplicá-las a estratégias atuais de exploração e manejo da natureza. (LEFF, p.15, 2005)

Essa perspectiva de História Ambiental proposta por Leff (2005) é fruto do desenvolvimento de um conceito também proposto pelo autor que é o de Racionalidade Ambiental que em suma busca construir uma nova racionalidade que desconstrua o modelo mecanicista de se relacionar com o meio ambiente.

Segundo Leff (2005), a lógica da racionalidade mecanicista é uma das responsáveis pela crise socioambiental que vivenciamos, pois é a partir dela que os seres humanos passam a se relacionar de maneira hierarquizada com a natureza, iniciando assim o pensamento de que as técnicas científicas podem transformar os recursos naturais e, assim, o homem pode dominar a natureza. Esta racionalidade é uma das principais bases da Ciência moderna e da modernidade. É entendida por Leff (2005) e por autores como Capra(1998) como a grande responsável por separar a cultura da natureza.

Em síntese, esta separação criou sociedades e pessoas que compreendem o meio ambiente não como parte essencial para o seu pleno desenvolvimento, mas sim sob uma ótica antropocêntrica, como meros recursos naturais que podem ser dominados, domesticados e transformados mediante técnicas cada vez mais desenvolvidas pelo método científico, pautado neste tipo de racionalidade.

Com o intuito de transformar essa lógica paradigmática, de separação entre cultura e natureza, de hierarquização de espécies, pensamentos e modos de vida, Leff (op.cit) propõe a construção de uma nova racionalidade, uma racionalidade ambiental. Esta nova lógica estrutura-se no paradigma complexo e busca na Ecologia Política muitos dos seus referenciais, como pode ser comprovada pelos artigos escritos pelo autor sobre o tema em questão[35].

Entretanto, Leff (2005) afirma que esta nova racionalidade ainda se encontra em construção, assim como a Ecologia Política e as bases para essa nova lógica ou modo de se posicionar frente ao mundo.

> A construção de uma racionalidade ambiental é um processo político e social que passa pelo confronto e concerto de interesses opostos, pela reorientação de tendências (dinâmica populacional, racionalidade do crescimento econômico, padrões tecnológicos, práticas de consumo); pela ruptura de obstáculos epistemológicos e barreiras institucionais; pela criação de novas formas de organização produtiva, inovação de novos métodos de pesquisa e produção de novos conceitos e conhecimentos. (LEFF, 2001, p. 112).

Tendo em vista a conceitualização edificada para a perquisição desta pesquisa, fica nítido a estreita relação entre tal referencial e os objetivos e problemáticas da investigação. Esta pesquisa busca dar profundidade e contribuições ao referencial teórico de Leff(op.cit) quando objetiva justamente contribuir com a construção desta nova racionalidade.

Leff(op.cit) entende que os movimentos de resistência possuem as pistas para a construção da nova racionalidade. Desta forma além de estar buscando métodos de resistir presentes no fora celulose também se está buscando as pistas para a nova racionalidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O corpus documental levantado para essa pesquisa é composto primeiramente por cerca de dois anos de reportagens obtidas através do periódico Jornal Agora, onde foram mapeadas as principais lideranças do movimento, atores importantes tanto favoráveis a fábrica quanto contrariantes, as argumentações dos grupos envolvidos, assim como as principais ações e táticas de resistência empregada pelos grupos.

A partir deste primeiro levantamento, foram selecionados três atores entendidos como importantes para a história do movimento em questão. Os sujeitos

[35]https://revistas.ufpr.br/made/article/view/44381

foram entrevistados seguindo os preceitos propostos por AGUETTE (1992). Destas três entrevistas, buscou-se desvendar as lacunas não informadas nos jornais, assim como se averiguaram novas informações.

A terceira fonte primária que compõem o corpus documental é uma série de relatórios acadêmicos produzidos pela Universidade Federal do Rio Grande. Esta fonte foi descoberta em posse de um dos entrevistados que a doou ao pesquisador.

Junto aos artigos, foram doados também um abaixo assinado contrário à fábrica, adesivos contra a celulose e um folheto elucidativo sobre as implicações de se instalar uma fábrica de celulose no município. É sobre este último documento que nos debruçamos para fazer a análise pretendida neste artigo.

Vista a descrição do corpus da pesquisa, utilizou-se para este trabalho os discursos de empresários favoráveis a instalação da fábrica de celulose presentes do periódico Jornal Agora, os artigos acadêmicos produzidos pela FURG e o Folheto que era distribuído na praia do Cassino. Todos estes documentos podem ser encontrados online no arquivo pessoal do pesquisador que é hosteado em nuvem[36]

Para realizar o que foi pretendido se utilizou da metodologia de análise de conteúdo proposta por MORALES(1999) para analisar o texto dos documentos, assim como todas as figuras, gráficos e selos contidos nos documentos.

Posteriormente, categorizou-se o conteúdo do jornal em três tipos de discursos diferenciados 1- socioeconômicos, 2- ambientais e 3- desmoralização ideológica. Estes discursos são os primeiros expostos no artigo.

A segunda parte, consistiu em analisar o quanto de conteúdo dos artigos estava presente no folheto que era distribuído na praia. Foram verificadas se existem similaridades de discurso, trechos idênticos nos diferentes documentos e principalmente se os dados contidos eram semelhantes ou iguais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A argumentação em favor da celulose

Este capítulo se dedica, inicialmente, a verificar as principais argumentações explanadas pelos defensores da fábrica de celulose. Posteriormente, serão explicitados os contra-argumentos e ações operadas pelos ativistas do "Fora Celulose", elucidando sobre as produções acadêmicas que serviram de referencial, assim como os atores que produziram tais documentos aqui apontados.

Em primeiro lugar, os defensores da instalação da fábrica em Rio Grande afirmavam que tal projeto não prejudicaria de forma alguma o meio ambiente e o ecossistema da cidade; diziam inclusive que este até beneficiaria a preservação da natureza. Segundo as palavras do então secretário estadual de comércio e indústria da época, Carlos Mosmann:

> (...) a fábrica desde o início do seu funcionamento deverá obedecer as normas do DMA e a legislação ambiental em vigor, o que impedirá problemas posteriores. Ressaltou ainda que além de prever harmonia entre a fábrica e o meio ambiente ainda terá a vantagem, pelas características do projeto de beneficiar a recuperação das dunas no litoral da região. (**JORNALAGORA, 26/03/1989, p. 3**).

Pode-se, assim, deduzir que a harmonia com o meio ambiente e preservação do mesmo eram concepções utilizadas pelos defensores do projeto. No entanto, tal argumentação possuía uma base estrutural mais aprofundada, que será exposta nos próximos parágrafos.

[36] https://mega.nz/fm/T7JG2Y6R

A empresa RioCell é apontada como precursora da argumentação favorável à instalação da fábrica de celulose, pois conforme o parecer dos interessados no projeto, esta é um exemplo de como uma indústria de celulose pode ser benéfica para o município e, simultaneamente, conviver em equilíbrio com a natureza.

A fim de defender a importância desta fábrica, Aprigildo Rodrigues, na época presidente da União Riograndina de Moradores dos Bairros, encaminha ao Jornal Agora, um manifesto, publicizado pelo periódico. No texto, embora se posicionasse contra a instalação da indústria de celulose, reconhecia que seguindo os moldes da RioCell, não seria prejudicial à cidade, pelo contrário, aduz que a empresa seria bem-vinda ao município.

A argumentação que utilizava a empresa RioCell como referência modelar, ganhou ainda mais força após um acontecimento: Se deu após a visita de diversos interessados na implementação da fábrica às dependências daquela empresa. Foi o motivo que originou uma onda de informações, amplamente divulgada, de que tal empreendimento possuía toda a tecnologia e equipamentos necessários para mitigar os impactos ambientais, assim como estava gerando mais de dois mil empregos. Ademais, a referida empresa era lembrada por possuir uma comissão de meio ambiente cujas atividades eram apreciadas pela população do município de Guaíba.

> Sobre a RioCell, explicou que produz as linhas branqueadas e não branqueadas de papel e que embora tenha cerca de 600 funcionários na fábrica, apenas de empregados diretos, gera aproximadamente 2 mil. (...) quanto aos aspectos ambientais, Luiz Coimbra disse que a empresa investiu 37 milhões de dólares em resíduos. Neste programa incluiu-se a construção de torres de 120 e 150 metros de altura e o tratamento terciário de efluentes. As normas do Departamento de Meio Ambiente do Estado fizeram com que o cheiro característico da produção do papel fosse reduzido para 1% do que existia anteriormente e que hoje seja sentido apenas em condições especiais de clima. Ainda nas questões ambientais-assunto que predominou nas questões levantadas pelos visitantes – Luiz Coimbra disse que a Riocell está entre as melhores do mundo. (**JORNAL AGORA, 21/04/89, p. 15**).

Ainda durante esta vistoria, foram inspecionadas as áreas de tratamento dos efluentes, posteriormente classificadas como exemplares pelos defensores do projeto. Em seguida, estes últimos reiteraram que uma indústria aos moldes da RioCell traria progresso à Rio Grande.

Indubitavelmente, a questão do progresso e do desenvolvimento econômico são os argumentos mais utilizados pelos defensores do empreendimento na cidade. Como se apurou na cobertura jornalística, praticamente todas as manchetes que se propunham a defender a instalação da fábrica, tocavam na questão do desenvolvimento econômico como fato a ser ponderado pela comunidade riograndina.

O argumento do progresso mostra-se tão veemente, visto que, por meio dele, se defendia a geração de empregos, assim como um grande aumento da circulação de capital no comércio da cidade, que eram motivações comumente apontadas nos textos publicados no Jornal Agora, como pode ser verificado em uma matéria que circulou no dia 25/02/1989, pela qual se assevera que a fábrica de celulose geraria cerca de 2588 empregos diretos para o município.

Ainda sobre a motivação ligada a ideia de progresso e geração de empregos, verifica-se em uma carta assinada pelo Prefeito de São José do Norte/RS – cidade vizinha, que também pleiteava a instalação da indústria - ao governador do Estado, asseverando que tal fábrica era tida como a redenção econômica para a cidade, sendo capaz de acabar com todos os problemas sociais que o município enfrentava, como se observa a seguir:

> (...) Do ponto de vista econômico-social, é bom lembrar que municípios subdesenvolvidos ou com economias irremediavelmente comprometidas, precisam receber uma injeção de progresso para poder acompanhar o desenvolvimento do Estado. Para Rio Grande, por exemplo, a fábrica de celulose seria apenas mais uma grande indústria, entre as muitas que lá se acham instaladas, enquanto para São Jose do Norte será a redenção (...). (**JORNAL AGORA, 13/04/89**).

Este trecho da carta enviada ao então Governador Pedro Simon, faz uma boa síntese de como a questão era tratada pelos defensores do projeto, ou seja, consideravam que a indústria de celulose traria, supostamente, o progresso econômico, consistindo em um elemento que transformaria a economia regional de uma forma redentora.

Outra argumentação também recorrentemente colocada em pauta pelos defensores do projeto consistia na arrecadação dos impostos que a fábrica geraria anualmente, beneficiando, assim, o município. Os pró-celulose argumentavam que a indústria geraria a partir do terceiro ano de funcionamento um ICMS de aproximadamente 4, 55 milhões de dólares.

Em síntese, pode-se sustentar que esta gama de argumentos estava alicerçada, basicamente, no fato de que a instalação do empreendimento proporcionaria a circulação de um grande fluxo de capital no município de Rio Grande e na região, e também na ideia de que promoveria a geração de novos empregos e progresso econômico ao município, que sofria há décadas com a falta de investimentos de grande porte.

Para finalizar a questão político-econômica, era perceptível como os defensores do projeto se utilizavam da pretensão de outros municípios em acolher indústrias de celulose para pressionar a população a aceitá-la. Segundo o pré-projeto que estudou a viabilidade, Rio Grande era caracterizada como *locus* ideal para a sua instalação, entretanto, havia outras cidades apontadas como passíveis de receber o investimento, dentre as quais encontravam-se Pelotas e São José do Norte.

Como fora apontado, o prefeito de São José do Norte já havia demonstrado sua intenção de que o projeto fosse implementado naquele município, porém, uma vez que a comunidade riograndina estava se mostrando contrária ao investimento, segmentos importantes da cidade de Pelotas passaram a pleiteá-lo. O município lindeiro ao de Rio Grande mostrava-se tão interessado em receber o projeto que chegara a entrar em contato com Lutzenberger para convidá-lo a visitar a cidade:

> O prefeito Anselmo Rodrigues pretende estudar pormenorizadamente o assunto, que considera de grande importância. “Afinal serão investidos pela indústria, nada menos que dois bilhões de dólares, com a criação de 7 mil empregos diretos”, disse o vice-prefeito Edgar Cuervello que, agora, agiliza novos contatos com Lutzenberger e a possibilidade de visita ao grupo Aracruz, no Espírito Santo. (**JORNAL AGORA, 13/04/89**).

As argumentações aqui explicitadas tentam criar uma narrativa de que a fábrica além de ser ecologicamente segura, traria as soluções econômicas a região sul. O discurso é centrado na segurança ambiental, na questão da geração de empregos e arrecadação de impostos.

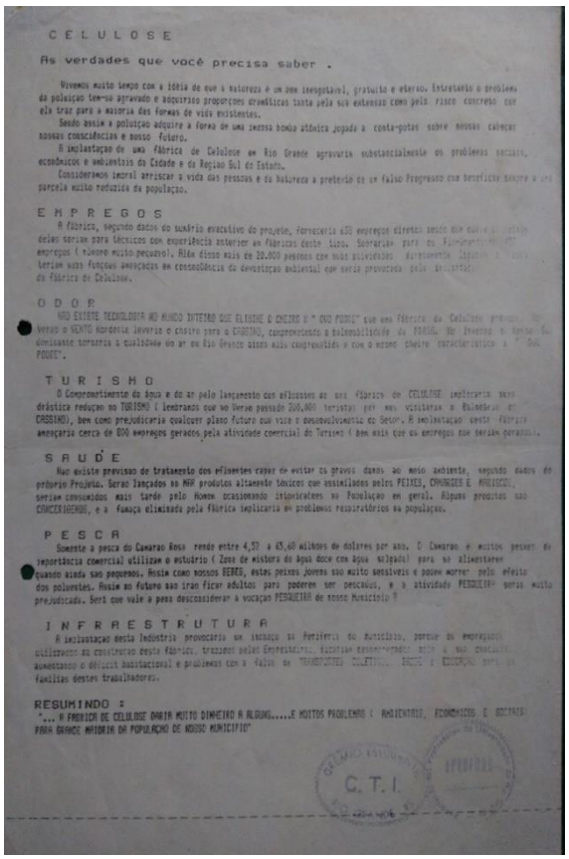
A ação socioambiental

A ação em questão consistia em distribuir folhetos elucidativos sobre os males que a fábrica de celulose causaria ao município, tendo como público alvo os veranistas da Praia do Cassino. Além do material impresso, os ativistas desenvolviam breves diálogos com os banhistas, a fim de esclarecer de forma mais efusiva toda a problemática em questão.

Uma vez que ainda não foi realizada uma investigação mais profunda sobre os diálogos anteriormente apontados, o foco aqui é apontar se

trabalhos acadêmicos sustentam as argumentações presentes no documento aqui analisado. Para isso, far-se-á uma breve descrição sobre esta fonte para que se possa compreender de forma mais clara o seu conteúdo.

O documento se caracteriza inicialmente como uma folha A4, com um texto divididos em 8 tópicos separados, redigido por uma máquina de escrever, destacando dois carimbos ao fim da folha, um do grêmio do Colégio Técnico Industrial (CTI)[37]e outra da associação dos professores da FURG:



CELULOSE

As verdades que você precisa saber .

Vivemos muito tempo com a idéia de que a natureza é um bem inesgotável, gratuito e eterno. Entretanto o problema da poluição tem-se agravado e adquirido proporções gravíssimas tanto pela sua extensão como pelo risco concreto que ele traz para a existência das formas de vida existentes.

Sendo assim a poluição adquire a forma de uma imensa bomba atômica jogada a conta-gotas sobre nossas cabeças, nossas consciências e nosso futuro.

A implantação de uma fábrica de Celulose em Rio Grande agravaria substancialmente os problemas sociais, econômicos e ambientais da Cidade e da Região Sul do Estado.

Consideramos imoral arriscar a vida das pessoas e da natureza a pretexto de um falso Progresso que beneficiará apenas a uma parcela muito reduzida da população.

EMPREGOS

A fábrica, segundo dados do sumário executivo do projeto, forneceria 430 empregos diretos [illegible] deles seriam para técnicos com experiência anterior em fábricas deste tipo. Shorarão para os funcionários [illegible] empregos (número muito pequeno). Além disso mais de 20.000 pessoas com suas atividades [illegible] teriam suas funções ameaçadas em consequências da devastação ambiental que seria provocada pela [illegible] da Fábrica de Celulose.

ODOR

NÃO EXISTE TECNOLOGIA NO MUNDO INTEIRO QUE ELIMINE O CHEIRO E O "GOSTO" que uma Fábrica de Celulose produz. [illegible] verão o VENTO norderste levará o cheiro para o CASSINO, comprometendo a balneabilidade da praia. No inverno o vento [illegible] dominante tornando a qualidade do ar na Vila Grande assim mais comprometida e com o mesmo cheiro característico a "GOSTO PODRE".

TURISMO

O Comprometimento da área e do ar pelo lançamento dos efluentes da uma fábrica de CELULOSE [illegible] seria drástica redução no TURISMO (lembrando que no verão passam 200.000 turistas por aqui visitando o Balneário do CASSINO), bem como prejudicaria qualquer plano futuro que vise o desenvolvimento do Setor. A implantação desta fábrica aniquila cerca de 800 empregos gerados pela atividade comercial do Turismo (bem mais que os empregos que seriam gerados).

SAÚDE

Não existe previsão de tratamento dos efluentes capaz de evitar os graves danos ao meio ambiente, segundo dados do próprio Projeto. Serão lançados ao MAR produtos altamente tóxicos que assassinarão pelos PEIXES, CRUSTÁCEOS E MOLUSCOS, serão consumidos mais tarde pelo Homem ocasionando intoxicações na População em geral. Alguns produtos são CANCERÍGENOS, e a fumaça eliminada pela fábrica [illegible] os problemas respiratórios na população.

PESCA

Somente a pesca do Camarão Rosa rende entre 4,5? a 45,6? milhões de dólares por ano. O Camarão e muitos peixes da importância comercial utilizam o estuário (Zona de mistura da água doce com água salgada) para se alimentarem quando ainda são pequenos. Assim como nossos BEBÊS, estes peixes jovens são muito sensíveis e podem morrer pelo efeito dos poluentes. Assim se futuro não irão ficar adultos para poderem ser pescados, e a atividade PESQUEIRA será muito prejudicada. Será que vale a pena desconsiderar a vocação PESQUEIRA de nosso Município ?

INFRAESTRUTURA

A implantação desta Indústria provocaria um inchaço na Periferia do Município, porque os empregos utilizados na construção desta fábrica, trazidos pelas Empreiteiras, retornam posteriormente para o seu município, aumentando o déficit habitacional e problemas com a falta de TRANSPORTES COLETIVOS. [illegible] famílias destes trabalhadores.

RESUMINDO :

"... A FABRICA DE CELULOSE TRARÁ MUITO DINHEIRO A ALGUNS.....E MUITOS PROBLEMAS (AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS) PARA GRANDE MAIORIA DA POPULAÇÃO DE NOSSO MUNICÍPIO"

C. T. I.

Figura 126 - Folheto contra a celulose. Fonte: Acervo do autor

Em primeira análise, nota-se a clara relação do documento e a universidade. Analisando de forma sucinta esse documento, nota-se inicialmente uma narrativa que visa quebrar a dualidade entre seres humanos e natureza. Aponta-se o caráter finito dos recursos naturais, assim como o risco a todas as formas de vida que a poluição antrópica pode acarretar. O texto associa a poluição a uma bomba atômica em forma de conta-gotas.

Essa narrativa leva à introdução da afirmação de que a instalação da fábrica de celulose agravaria essa crise ambiental, bem como pioraria os problemas socioeconômicos vividos pela cidade e pela metade sul no estado. É apontado neste início que tal empreendimento não passa de um falso progresso para cidade.

Visando dar sustentação às afirmações feitas, o documento faz uma relação entre o número de empregos ofertados pela fábrica em contraponto aos que poderiam ser perdidos com a instalação do complexo. As informações do documento atacam diretamente as argumentações dos defensores do empreendimento de que a aumentaria o número de pessoas empregadas em Rio Grande.

Aqui é interessante observar que o tópico em que estas afirmações são feitas, denominado de "EMPREGOS" é constituído por um trecho com dados idênticos aos encontrado no relatório denominado "Consequências socioeconômicas para Rio Grande com a instalação de uma fábrica de celulose" produzido por Marcelo Domingues(1989).

Em outro subtítulo do documento denominado de "INFRAESTRUTURA", o documento aponta que a implementação da fábrica causaria um inchaço da periferia local, pois os empregados trazidos pelas empreiteiras para a construção da indústria ficariam desempregados logo após a conclusão da obra e isso causaria problemas de infraestrutura e déficit habitacional. Esta argumentação é a mesma do relatório citado anteriormente.

[37] Atualmente, a escola em questão se tornou o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande

Entende-se, assim, que existe uma evidente e concreta relação entre o relatório acadêmico produzido por Domingues e o documento analisado. O fator primordial que indica como real essa ligação é o fato de o professor em questão ter sido um dos tantos ativistas do movimento "Fora Celulose".

Seguindo, o documento passa a investir na narrativa que o mal cheiro causado pelas fábricas de celulose ocasionaria problemas para o turismo e veraneio no balneário Cassino. O documento expõe os mesmos dados e argumentos encontrados no relatório produzido por Renato Carvalho(1989), onde se alega que o regime de ventos predominantes, o nordeste, levaria toda a poluição aérea diretamente para a Praia do Cassino.

O discurso segue no sentido de que o odor poderia afastar os cerca de 200 mil turistas que visitavam a praia, anualmente. Além disso, este fator comprometeria os cerca de 800 empregos que eram gerados todos os verões.

Embora Carvalho não conste como professor da FURG, mas sim como técnico do Núcleo de Estudos e Monitoramento Ambiental (NEMA) na relação de trabalhos produzidos pela Universidade, entende-se que tal relatório denominado de "Turismo" possui caráter acadêmico por conta da histórica parceria entre NEMA e a Universidade Federal do Rio Grande[38].

Por fim, o documento aponta os perigos que os efluentes poderiam causar à saúde da população e na atividade pesqueira no município. A narrativa passa a destacar o potencial cancerígeno dos efluentes produzidos pelas fábricas de celulose e dos problemas respiratórios que a fumaça, oriunda do processo de produção de celulose, poderia causar.

Diversos relatórios tratam da questão tóxica e cancerígena dos rejeitos da celulose, mas aqui, destaca-se o "Parecer médico provisório sobre a instalação desta indústria" produzido por Cesar Chiafftelli(1989), na época professor e diretor do serviço de oncologia da Santa Casa de Rio Grande, que articula de forma clara os perigos à saúde humana dos rejeitos tóxicos da fábrica, dando ênfase da questão cancerígena e dos problemas respiratórios.

Presume-se aqui que o relatório de Chiafftelli(1989) tenha sido uma das principais referências para o documento, pois o tópico sobre saúde fala sobre problemas cancerígenos e respiratórios assim como no documento disponibilizado para os veranistas.

Ao fim do relatório, há a associação da ingestão de pescado contaminado pelos resíduos da celulose com possíveis danos à saúde, em especial à possibilidade do desenvolvimento de câncer pela população. Apesar das observações contidas no documento em relação à saúde da população, o foco em que é tratada a pesca no documento se detém a demonstrar a perda econômica que o setor pesqueiro poderia vir a sofrer, caso o empreendimento fosse instalado, uma vez que os efluentes da celulose provavelmente aumentariam a mortalidade destes animais.

Nesta parte fica clara e evidente a ligação entre este documento e o relatório denominado "Principais aspectos na pesca do camarão *Rosa PenaeusPaulensis* na Lagoa dos Patos" (MARCHIORI,1989). Tanto em um quanto no outro, os mesmos dados e conclusões são tirados a respeito, tanto do camarão, quanto das consequências ao setor pesqueiro da cidade.

Como mensagem final, o documento se encerra em uma frase solitária ao fim da página, declarando que a celulose traria muito dinheiro para alguns e muitos problemas econômicos, sociais e ambientais para a

[38] O NEMA foi fundado por estudantes de Oceanologia da Universidade Federal do Rio Grande e possui vínculo institucional com a FURG como consta no site da ONG: http://www.nema-rs.org.br/

maioria dos moradores do município. A qual reproduzimos aqui: “A fábrica de celulose daria muito dinheiro a alguns …. E muitos problemas (ambientais, econômicos e sociais) para grande maioria da população de nosso município”.

Cabe ressaltar, a título de esclarecimento, que os relatórios não fazem parte de um mesmo documento, eles foram encontrados de forma separada durante as investigações da pesquisa. Até onde se investigou, estes documentos foram produzidos individualmente pelos autores, com o intuito de alertar a comunidade acadêmica primeiramente, posteriormente foram reunidos aos outros, mas não existe indícios que foram pensados para ser um único relatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se fazer uma leitura mais ampla de tudo o que foi exposto até aqui, fica evidente que a ação socioambiental explanada neste trabalho foi eficaz em combater boa parte das principais argumentações em defesa da fábrica de celulose. Nota-se que todos os argumentos presentes no documento possuíam um conteúdo sólido e bem estruturado.

Advoga-se que a estratégia de divulgação e atuação dos ativistas também possui papel decisivo para o sucesso da ação. O ato de conversar e informar os veranistas em um momento de lazer à beira mar pode ter contribuído de forma eficaz para a requerida conscientização.

O risco de perder aquele momento recreação em tão bela paisagem, devido à instalação da fábrica, pode ter contribuído com o processo de sensibilização dos veranistas a respeito de toda a problemática aqui debatida. Assim fica claro que apesar da importância do conteúdo do folheto, de nada adiantaria se não estivesse atrelado ao fator ativismo.

Ao se examinar o documento de forma mais profunda, assim como todo seu conteúdo, fica evidente a estreita ligação entre esta produção e os relatórios de possíveis impactos produzidos pelo corpo acadêmico da FURG. Acredita-se que existem evidências suficientes para afirmar que o folheto em questão foi pensado e produzido a partir dos dados presentes nos relatórios dos cientistas da universidade.

Toda a argumentação pró celulose girava em torno da geração de empregos da fábrica e da segurança ambiental. Nota-se ao analisar o folheto que a geração de empregos era algo apenas momentâneo e que mesmo com todos os processos para mitigar os impactos ao meio ambiente, a fábrica ainda poderia causar muitos danos ambientais, estéticos e econômicos.

Entende-se, assim, que fica evidente neste estudo de caso, a simbiose entre comunidade acadêmica e comunidade em geral, unidas para a preservação do meio ambiente riograndino.

Muitas vezes acusada de gerar conhecimento exclusivo dentro dos “muros acadêmicos”, durante as manifestações do “Fora Celulose” da década de 1980 na cidade do Rio Grande, a FURG foi uma das grandes responsáveis, ou quem sabe, a maior responsável, pela produção de material cientificamente embasado, capaz de fazer com que o poder público recuasse em seu projeto, a despeito de todo o “progresso” econômico que traria para o município.

É importante também destacar que a comunidade em geral e ambientalistas não mediram esforços para trazer à cena pública debates que proporcionassem o esclarecimento da população, alertando sobre os perigos da implantação de tal empreendimento.

Desta forma, espera-se que este trabalho tenha o condão de contribuir para a elucidação sobre as potencialidades e avanços que os movimentos de resistência socioambientais podem vir a ter, unindo o saber acadêmico e a militância em prol do bem-estar da vida no planeta. O “Fora Celulose” foi e continua sendo

uma demonstração do quão proveitosa pode ser essa união.

REFERÊNCIAS

CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação.** São Paulo: Cultrix, 1998.

CARVALHO, Renato. "Turismo"in**: Relatórios de impactos da indústria de celulose em Rio Grande:** Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (NEMA), Rio Grande:1989,3f.

CHIAFFITELLI, Cesar. "Parecer médico provisório sobre a instalação desta indústria". In:

Relatório de impactos da indústria de celulose em Rio Grande, Rio Grande: 1989, 2 f.

DOMINGUES, Marcelo. "Consequências Socioeconômicas para Rio Grande com a instalação de uma fábrica de celulose"**. In: Relatório de impactos da indústria de celulose em Rio Grande: FURG** /Departamento de Geociências. 1989, 12 f.

FERREIRA, Gabriel, Silva. **—Uma história de luta e resistência- O movimento "Fora Celulose!" no município de Rio Grande no final da década de 1980".**Rio Grande: 2017. 67p. Monografia (graduação em história bacharelado) - Instituto de ciências humanas e da informação, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande,2017.

LEFF, Enrique. *Construindo a história ambiental da América Latina*. **Esboços-Revista do Programa de Pós-Graduação em História da UFSC**, v. 12, n. 13, p. 11-29, 2005.

LEFF, Enrique. Epistemologia ambiental. Tradução de Sandra Valenzuela: revisão técnica de Paulo Freire Vieira. São Paulo: Cortez, 2001

HAGUETTE, Teresa Maria Frota. **Metodologias qualitativas na sociologia**. 3ª ed.; Petrópolis: Vozes, 1992.

MARCHIORI. "Principais aspectos na pesca o camarão rosa PenaeusPaulensis na Lagoa dos Patos - Rio Grande -RS**. In: Relatório de impacto da indústria de celulose em Rio Grande:** FURG/Departamento de Oceonográfia.1989,2f.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. ***Revista Educação,* Porto Alegre**, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.

Periódicos Consultados

Jornal Agora, Rio Grande, p13. Ano XIV, 13/04/1989.

Jornal Agora, Rio Grande, p 3. Ano XIV, 26/03/1989.

Jornal Agora, Rio Grande, p 15. Ano XVI, 21/04/1989.

Capítulo 25

Implicações do aumento do nível do mar para a orla norte de Porto Seguro (Bahia, Brasil): desafios para Gestão Costeira Integrada

IMPLICAÇÕES DO AUMENTO DO NÍVEL DO MAR PARA A ORLA NORTE DE PORTO SEGURO (BAHIA, BRASIL): DESAFIOS PARA GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA

Gerson Fernandino[1]* & Carla I. Elliff[2]

[1]*Departamento Interdisciplinar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Km 92, RS-030, 11700, Tramandaí-RS, Brasil, CEP 95590-000, gerson.fernandino@yahoo.com.br.

[2] Rede Iberoamericana PROPLAYAS, Nodo Paranoá, Grupo de Pesquisa Paranoá/IFBaiano/CNPq, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBAIANO, Rua Rouxinol, 115, CEP 41720-052, Salvador, Bahia, Brasil, carlaelliff@gmail.com.

RESUMO

Uma das principais ameaças dos efeitos das mudanças climáticas sobre a população e ecossistemas costeiros é o aumento do nível médio do mar (ANMM). O município de Porto Seguro, Nordeste do Brasil, apresenta densa urbanização em diversos trechos de sua porção costeira e já sofre com os efeitos do avanço do mar, como é o caso da intensa erosão observada, em especial, na orla norte. Assim, o presente estudo teve como objetivo discutir os possíveis efeitos do ANMM na orla Norte do município de Porto Seguro na Bahia, a partir do uso de ferramentas de modelagem costeira contidas no Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil). Dados de projeção para variação do nível médio do mar (NMM) para os anos-horizonte de 2070 e 2100 foram obtidos através do SMC-Brasil. Os cenários utilizados para tais projeções foram os cenários de emissão de carbono, ou vias de concentrações representativas (*Representative Concentration Pathways*, em inglês), RCP 4.5 e RCP 8.5, tanto regionais quantos globais, elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC). Os resultados indicaram que, até o final do século, o NMM para a região de Porto Seguro poderá subir em mais de 0,5m no cenário mais conservador, e ultrapassar os 0,7m sob o cenário mais pessimista (com intervalos de confiança de 90% de 0,19m e 0,30m, respectivamente), valores esses muito similares em relação ao padrão geral global para ambos os cenários em ambos anos-horizonte. Como Porto Seguro já apresenta focos de intensa erosão sob as condições climáticas-oceanográficas atuais, esse aumento projetado até 2100 pode representar danos socioeconômicos e ambientais para o município. Acredita-se que estratégias de gestão baseadas em ecossistemas devam ser elaboradas e aplicadas a fim de mitigar os impactos já existentes e os possíveis impactos futuros gerados pelo ANMM. Outras medidas, como por exemplo a remoção/realocação dos complexos recreativos, em função de impasses legais e dos diversos conflitos existentes entre os atores envolvidos, dificilmente seriam aceitas em um cenário político-social-ambiental real. Assim, recomenda-se fortemente a preservação dos trechos de praia ainda não ocupados e a não-realização de intervenções futuras na linha de costa (sem estudo prévio), principalmente por estruturas rígidas que possam interromper o trânsito de sedimentos e levar à criação de novos focos erosivos. Análises de impactos futuros na linha de costa devem ser conduzidas afim de munir o poder público e demais atores das informações necessárias para enfrentar os desafios futuros impostos pelas mudanças climáticas.

Palavras-chave: Erosão costeira, Serviços ecossistêmicos, Estratégias adaptativas, Gestão costeira

IMPLICATIONS OF SEA-LEVEL RISE FOR THE NORTHERN SHORE OF PORTO SEGURO (BAHIA, BRAZIL): CHALLENGES FOR INTEGRATED COASTAL MANAGEMENT

ABSTRACT

One of the main threats of climate change effects to coastal populations and ecosystems is mean sea level rise (MSLR). The municipality of Porto Seguro, Northeastern Brazil, presents dense urbanization in several coastal sectors, and already experiences the effects of incoming waves, as occurs in the intense coastal erosion observed, especially along the northern shoreline. Therefore, the objective of the present study was to discuss the likely effects of MSLR along the northern shoreline of the municipality of Porto Seguro, state of Bahia, using the coastal modelling tools within the Coastal Modelling System (SMC-Brasil). Projection data for mean sea level (MSL) variation for the horizon-years of 2070 and 2100 were obtained using SMC-Brasil. The scenarios used for these projections were carbon emission scenarios or Representative Concentration Pathways (RCP 4.5 and RCP 8.5), both regional and global, elaborated by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Results indicated that by the end of the century, MSL for the region of Porto Seguro could rise up to 0.5m in the most conservative scenario, and be above 0.7m under the most pessimistic scenario (with confidence intervals of 90% of 0.19m and 0.30m, respectively), which were similar to those of the overall global patterns for both scenarios in both horizon-years. Considering that Porto Seguro already presents focuses of intense erosion under current climatic-oceanographic conditions, this projected rise by 2100 might represent socioeconomic and environmental losses to the municipality. Ecosystem-based management strategies should be elaborated and applied in order to mitigate the already-existing impacts the possible future impacts produced by MSLR. Other actions, such as removal/relocation of recreational complexes, due to legal bottlenecks and the various conflicts that exist between stakeholders, would hardly be accepted in a real political-social-environmental scenario. Therefore, the preservation of shoreline sectors that have not yet been occupied and not conducting future interventions in the coastline (without previous studies), especially using hard structures that may interrupt sediment movement and lead to the creation of new erosional focuses, is strongly recommended. Analyses of future impacts on the coastline should be conducted in order to arm the local government and stakeholders with the necessary information to face future challenges imposed by climate change.

Keywords: Coastal erosion, Ecosystem services, Adaptive strategies, Coastal management

INTRODUÇÃO

A temperatura tanto da atmosfera quanto dos oceanos vem apresentando, ao longo do século XXI, uma nítida tendência de aumento fortemente atribuída à capacidade humana de alteração na composição atmosférica (SEMEDO et al., 2013). Em resposta a isso, algumas mudanças ambientais relacionadas às alterações climáticas já podem ser observadas em diferentes locais do planeta. Essas mudanças incluem, por exemplo, alterações no clima de ventos (i.e. McINNES et al., 2011; SYDEMAN et al., 2014; GALLAGHER et al., 2016; DAVY et al., 2018) e no clima de ondas (i.e. MORI et al., 2010; HEMER et al., 2013; CAMUS et al., 2017). Além dessas, o aquecimento e a acidificação dos oceanos também são indicados como importantes consequências das mudanças climáticas (i.e. IPCC, 2014; HUGHES et al., 2017), assim como enchentes e ondas de calor observadas em diversos locais do planeta (MANN et al., 2017).

Entretanto, o aumento do nível do mar, medido e projetado, em diferentes taxas e para diversos locais do planeta, pode ser observado em vários estudos (i.e. RHEIN et al., 2013; CARSON et al., 2016; FERNANDINO et al., 2018a) como um dos principais problemas causados pelo aquecimento global. A principal forçante é a combinação entre fatores naturais

e antropogênicos relacionados ao aumento da concentração de gases estufa na atmosfera (i.e. ORESKES, 2004; IPCC, 2013; SEMEDO, et al. 2013) e suas principais consequências recaem diretamente sobre populações costeiras (ALBERT et al., 2016).

Para embasar a teoria antropogênica e eliminar críticas em função das limitações dos modelos preditivos, estudos recentes já incorporam em projeções regionais relativas à superfície sólida da Terra, estimativas baseadas em observações de gelo continental, depleção de águas subterrâneas e ajuste isostático glacial, além da variação do nível do mar em função de expansão térmica (CARSON et al., 2016). Modelos recentes também são capazes de avaliar a importância da contribuição natural e antropogênica, de forma conjunta ou separadamente, no sistema climático.

SLANGEN et al. (2014) apontaram que tendências de variação do nível do mar não podem ser explicadas apenas através de forçantes naturais ou pela variabilidade interna. Seus experimentos, que incluíram forçantes antropogênicas, demonstraram mudanças de magnitude próxima à variação observada. Dessa forma, indicando que forçantes antropogênicas são responsáveis em grande parte pela variação do nível do mar observada no último século.

O aumento do nível do mar pode levar à inundação das áreas baixas, erosão costeira, e salinização de água subterrânea e superficial, o que deixará milhões de pessoas em todo o mundo vulneráveis (FERNANDINO et al., 2018a). A maior parte da população dos países costeiros está concentrada em até 100km da costa (MARTÍNEZ et al., 2007) e esse número deve crescer ainda mais (NEUMANN et al., 2015) com a migração e realocação de milhões de pessoas em todo o mundo (ALBERT et al., 2016).

Desde a década de 1990 já se observava que mais de 90 milhões de pessoas na África e Ásia se encontravam vulneráveis ao aumento do nível do mar (NICHOLLS & LEATHERMAN, 1995). No início dos anos 2000, mais de 100 milhões de pessoas viviam em até 1m acima do nível do mar (DOUGLAS & PELTIER, 2002). Nações-ilha do Oceano Pacífico já desapareceram por completo ou sofrem sério risco de desaparecer nos próximos anos (ALBERT et al., 2016). Isso gera a necessidade de realocação de comunidades costeiras inteiras, representando um grande desafio de gestão.

No Brasil, grande parte da população que se concentra na zona costeira está principalmente em áreas metropolitanas, resultando em grandes extensões não ocupadas (MUEHE, 2010). TESSLER (2008) indicou que diversos municípios dos estados da Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia estariam ameaçados pelo aumento do nível do mar, incluindo suas capitais. Regiões costeiras com baixa altitude e alta densidade populacional associadas à incapacidade de evacuação e realocação da população em caso de aumento do nível do mar podem ser seriamente afetadas.

A região do município de Porto Seguro, escolhida para o desenvolvimento do presente estudo, apresenta características naturais e de ocupação que a deixam vulnerável aos impactos promovidos por essas mudanças. De acordo com MUEHE (2018), cerca de 60% da costa da região Nordeste do país está sofrendo erosão. No estado da Bahia, cerca de 240km (aproximadamente 24%) de sua linha de costa apresenta tendência erosiva (DOMINGUEZ et al., 2018), e muitos trechos da costa sul do estado da Bahia já se encontram sob erosão (SILVA, 2004; BITTENCOURT et al., 2005). As perspectivas futuras de subida do nível do mar podem implicar em uma intensificação dessa situação. A área escolhida pode

sentir os efeitos do aumento do nível do mar e da alteração da dinâmica costeira de maneira particular. Suas características geomorfológicas (ex. presença de recifes de corais ou bancos de arenitos adjacentes à costa) e de uso e ocupação da zona costeira, por exemplo, podem afetá-la diretamente, amenizando ou intensificando a situação erosiva já instalada.

Com base no exposto, o presente estudo teve como objetivo discutir os possíveis efeitos da subida do nível do mar projetados utilizando o conjunto de ferramentas SMC-Brasil para o trecho norte da orla do município de Porto Seguro, Bahia, inferindo suas possíveis consequências e ações de mitigação e enfrentamento baseado em exemplos da literatura internacional.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Seguro, litoral sul do estado da Bahia, está inserido no contexto da chamada Costa do Descobrimento, que recebe esse nome, pois foi o primeiro local visitado pelos navegadores portugueses quando chegaram ao Brasil em 1500. Está inserido na costa leste do Brasil e compartilha com a macrorregião Nordeste, da qual o estado faz parte, características comuns, como o fato de ser intensamente procurada por turistas de todo o mundo em função da beleza natural, principalmente, de suas praias arenosas. Portanto esse trecho do litoral baiano apresenta grande relevância histórico-cultural e ambiental, e configura um dos principais destinos turísticos do estado e do país.

Porto Seguro é um município com densa urbanização em diversos trechos de sua porção costeira. No final da década de 1990, de acordo com dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), Porto Seguro era o município mais populoso de toda Costa do Descobrimento, com 67.945 habitantes (CARNEIRO, 2000). Segundo dados mais recentes, Porto Seguro apresentava, em 2010, uma população de 126.929 habitantes, com densidade populacional de 52,70hab./km² (IBGE, 2010), reforçando a importância de estudos de impacto causados pela subida do nível do mar na região.

Porto Seguro está localizado a 710km ao sul da capital baiana, Salvador, e seu principal acesso se dá através da rodovia BR-101 até a junção com a BR-367 que dá acesso ao centro e às praias do município. A área escolhida para o desenvolvimento do presente projeto se estende da desembocadura do rio Buranhém, ao sul, até o limite com o município de Santa Cruz Cabrália, ao norte (Figura 1).

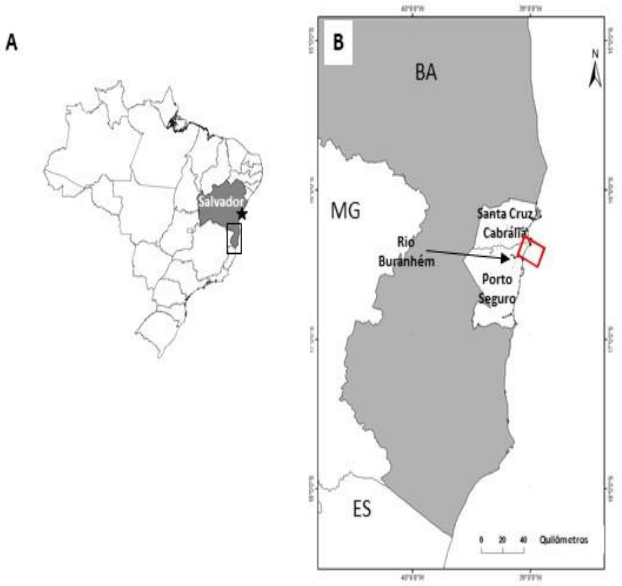


Figura 1: Localização da área de estudo, Porto Seguro, Bahia, Brasil. A) Mapa do Brasil destacando o estado da Bahia (cinza escuro), o litoral sul do estado (retângulo preto) e a localização da capital do estado, Salvador (estrela preta); B) Localização da área de interesse entre o Rio Buranhém, ao sul, e a divisa com Coroa Vermelha, município de Santa Cruz Cabrália, ao norte (retângulo vermelho).

A geodiversidade da região se reflete na ocorrência de vários ambientes ao longo da costa estudada: recifes de coral, praias arenosas e manguezais, por exemplo. Bancos de recifes de coral e arenitos de praia (*beachrocks*) são encontrados na

plataforma continental adjacente à área de estudo, bordejando a costa de Coroa Vermelha, Ponta Grande e demais áreas de Porto Seguro (LEÃO & KIKUCHI, 1999). Devido a essa riqueza natural combinada à relevância histórico-cultural da região, foram delimitadas duas unidades de conservação na área: a Área de Proteção Ambiental (APA) de Coroa Vermelha e o Parque Estadual do Recife de Fora. Do ponto de vista de sua geologia, a região é formada principalmente por sedimentos neogênicos (Formação Barreiras) e secundariamente por sedimentos quaternários (recifes de coral, arenitos de praia, e depósitos praiais e lagunares) (DOMINGUEZ et al., 2002) (Figura 2).

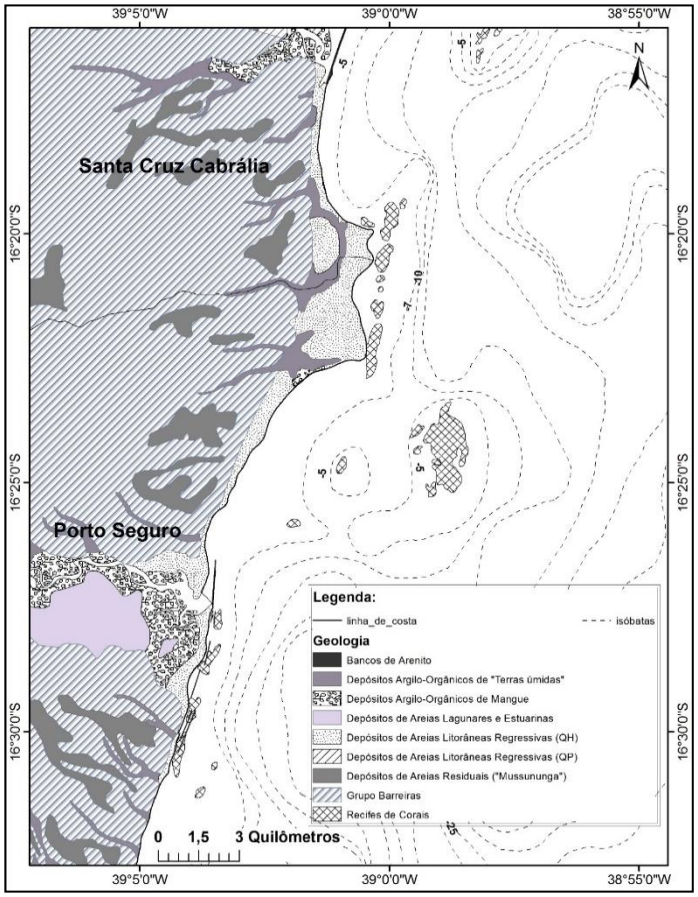


Figura 2: Geologia da área de estudo indicando a distribuição dos principais depósitos e a localização dos bancos recifais e de arenito praial (*beachrocks*). Fonte dos dados: DOMINGUEZ, 2000.

O município está inserido em área de predomínio de mesomaré, semi-diurna, com amplitude aproximada de 2m (DOMINGUEZ et al., 2000). A batimetria da plataforma adjacente ao trecho estudado apresenta-se bastante sinuosa, sendo fortemente influenciada pela presença de bancos de recifes de coral (ver Figura 2). No que diz respeito ao clima de ondas da região, as direções mais frequentes são: E (35%), NE (31%), SE (21%) e SSE (13%) (HOGBEN & LUMB, 1967). Ondas de N, NE, e E predominam durante o verão austral, enquanto que aquelas oriundas de S estão associadas à chegada de frentes frias e predominam durante o outono austral (PIANCA et al. 2010). A presença de recifes de coral interage de forma interessante com as ondas incidentes na região podendo influenciar ou até mesmo criar/controlar focos erosivos (FERNANDINO et al., 2018b).

Ao longo da orla norte de Porto Seguro é possível identificar diversos focos de erosão. Indicadores naturais (i.e. raízes expostas de coqueiros, presença de minerais pesados e ausência de faixa de areia seca) e antropogênicos (i.e. estruturas de contenção e fragmentos de concreto oriundos de estruturas pretéritas, com restaurantes, por exemplo) podem ser observados nesse trecho (Figura 3). Dentre esses focos, o que apresenta maior intensidade é aquele situado na Praia de Ponta Grande, onde é possível observar o colapso de parte da rodovia BR-367 e a presença de enrocamentos na tentativa de conter o avanço do mar.

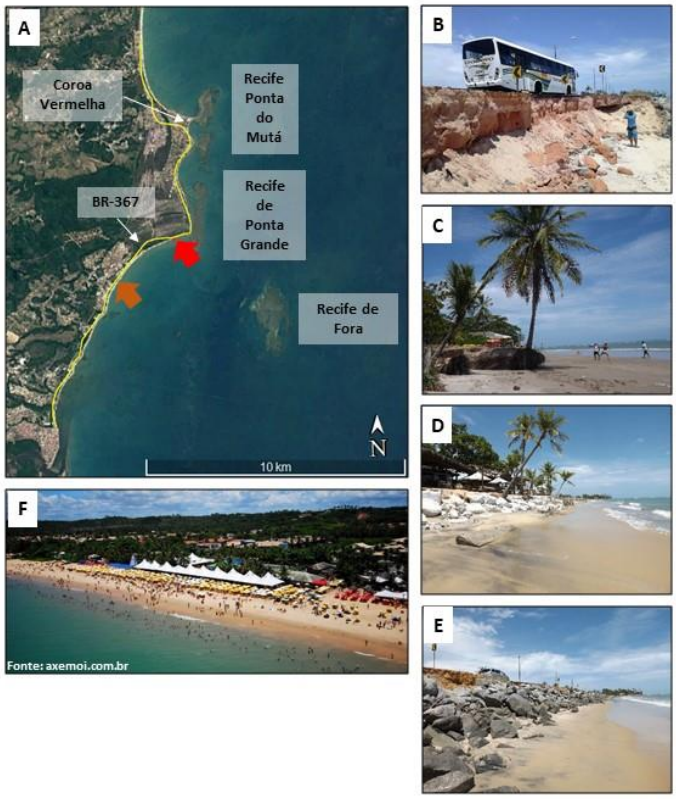


Figura 3: A) Imagem de satélite da área de interesse onde se vê a distribuição das manchas urbanas, recifes de coral, trecho costeiro da rodovia BR-367 (linha amarela) e seu principal foco de erosão (seta vermelha), e a localização aproximada de um dos maiores complexos recreativos (seta marrom) (fonte: Google Earth Pro); B) Foco de erosão crônica ameaçando a estrutura da rodovia costeira BR-367, parcialmente colapsada, localizada na praia de Ponta Grande, próximo ao limite norte da área de estudo; C) Praia arenosa destacando indicador natural de erosão (raízes expostas); D) Iniciativa particular de tentativa de proteção de infraestrutura (restaurante) utilizando sacos de areia e estacas de madeira. Note a presença de fragmentos de concreto na faixa de areia resultante da destruição de estruturas anteriores e coqueiros inclinados prestes a colapsar; E) Enrocamento disposto na tentativa de se conter a erosão da BR-367; e F) Vista aérea (oblíqua) de um dos maiores complexos recreativos de Porto Seguro instalado diretamente no pós-praia (indicado pela seta marrom na Figura 3A). Note que a exposição de minerais pesados na faixa de areia (manchas escuras – Figuras 3D e 3E) e a ausência de areia seca (Figuras 3C, 3D e 3E) são indicadores naturais de erosão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção de dados de subida do nível do mar

Para a obtenção dos dados de projeção de variação do nível do mar, foi utilizado o conjunto de ferramentas computacional do sistema de modelagem costeira SMC-Brasil. O SMC-Brasil possui, integrado à sua base de dados, resultados de grande esforço de reanálise de dados, projeções regionais e formulações para cálculo de variação do nível do mar e seus efeitos propostos por PELTIER (2001), CHURCH et al. (2004), MÍNGUEZ et al. (2012a, 2012b), CEPAL (2011, 2012a, 2012b), IPCC (2013) e SLANGEN et al. (2014) (Figura 4).

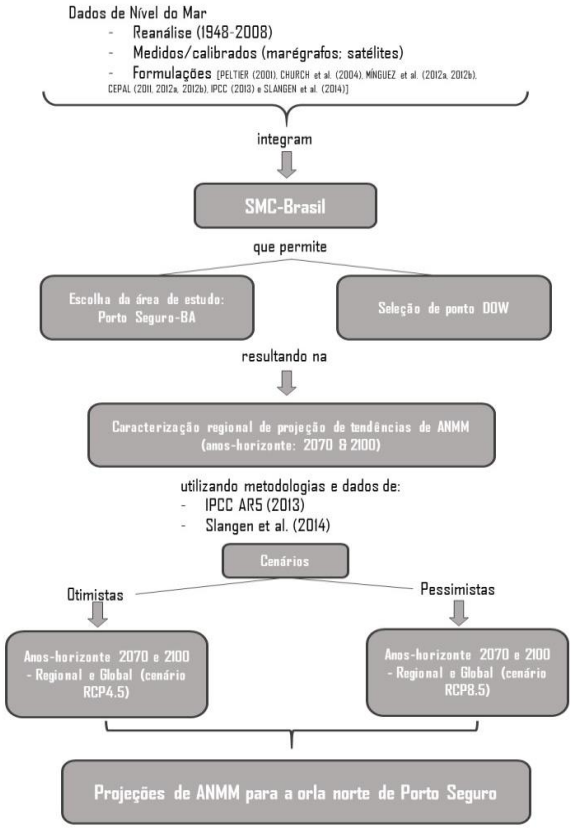


Figura 4: Fluxograma metodológico indicando a origem dos dados, formulações e os passos seguidos, utilizando a ferramenta SMC-Brasil, até a obtenção dos valores de projeção de aumento do nível médio do mar (ANMM) para a orla norte do município de Porto Seguro.

Um ponto DOW (*Downscaled Ocean Waves*) foi escolhido em águas profundas adjacente à área de interesse para obtenção do clima de ondas desse ponto até a linha de costa (Figura 5). Essa etapa da modelagem teve por objetivo caracterizar regionalmente a projeção de tendências de mudanças climáticas, mais especificamente do nível do mar, para a área de interesse tendo em vista os anos horizonte de 2070 e 2100. Cada ponto DOW (espaçado a cada 1km próximo à costa e a cada 10km em águas profundas) origina-se de um banco de dados global GOW (*Global Ocean Surge*), já integrado no SMC-Brasil (CAMUS et al., 2013), onde cada ponto apresenta estados de mar com resolução horária para o período de 1948 a 2008.

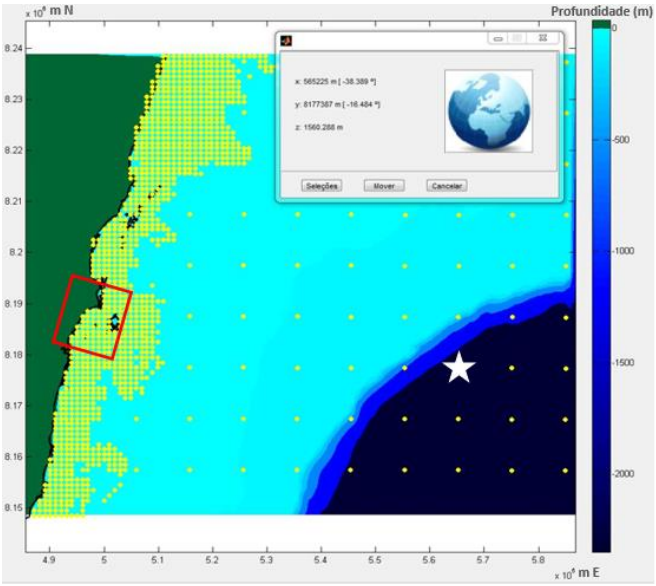


Figura 5: Mapa ilustrando a distribuição de pontos DOW (*Downscaled Ocean Waves*) (em amarelo) e a localização do ponto escolhido (estrela branca) para propagação de ondas e simulação de subida do nível do mar. O retângulo vermelho indica a localização da área de interesse.

Os resultados apresentados pelo SMC-Brasil são baseados nos cenários de emissão de carbono, ou vias de concentrações representativas (*Representative Concentration Pathways*, em inglês), RCP 4.5 e RCP 8.5, tanto regionais quantos globais, elaborados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013). O primeiro, RCP 4.5, refere-se a um cenário futuro de estabilização de emissão de carbono, sem ultrapassar 4,5W/m² de forçante de radiação em 2100. O segundo, RCP 8.5, reflete um cenário de aumento da emissão de carbono e, consequentemente da RCP, elevando a 8,5W/m² em 2100.

Note que resultados referentes ao clima de ondas propagado até a linha de costa não serão apresentados nesse estudo. Essa informação poderá ser consultada em FERNANDINO et al. (2018b). Mais detalhes sobre a metodologia podem ser encontrados no documento temático "Mudanças Climáticas em Praias" disponível em <http://smcbrasil.ihcantabria.com/descargas/>.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendências de subida do nível médio do mar

As metodologias e formulações integradas no SMC-Brasil foram utilizadas para produzir resultados de estimativas de variação do nível médio do mar para os anos-horizonte de 2070 e 2100 em um cenário mais conservador (RCP 4.5) e outro mais pessimista (RCP 8.5) (Tabela I).

	RCP 4.5 Global[1]		RCP 8.5 Global[1]		RCP 4.5 Regional[2]		RCP 8.5 Regional[2]	
Ano	**Mediana**	**IC90%**	**Mediana**	**IC90%**	**Mediana**	**IC90%**	**Mediana**	**IC90%**
2070	0,35	0,20	0,42	0,23	0,36*	0,11*	0,42*	0,15*
2100	0,53	0,35	0,74	0,45	0,55	0,19	0,74	0,30

Tabela I: Variação do nível médio do mar (em metros) para a orla norte do município de Porto Seguro para os anos-horizonte de 2070 e 2100 de acordo com os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

*A projeção regional para o ano de 2070 foi obtida a partir da estimada para o ano de 2100, considerando a porcentagem de mudança em nível global entre os dois anos-horizonte.

[1]Projeção de acordo com as formulações propostas por IPCC AR5 (IPCC 2013).

[2]Projeção de acordo com as formulações propostas por Slangen et al. (2014).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela I, para o ano horizonte 2070, a variação de subida do nível do mar estimada foi de 0,36 a 0,42m (IC90% 0,11 a 0,15). No entanto, até o final do presente século, o nível médio do mar para a região de Porto Seguro poderá subir em mais de 0,5m no cenário mais conservador e ultrapassar 0,7m sob o cenário mais pessimista (com intervalos de confiança de 90% de 0,19m e 0,30m, respectivamente) de acordo com IPCC, (2013) e SLANGEN et al., (2014). Os valores encontrados na modelagem correspondem a uma taxa de subida do nível do mar de até 0,88 cm/ano até o ano de 2100 no cenário mais pessimista. Considerando o cenário mais pessimista para o ano horizonte mais próximo de 2070, essa taxa de subida é de 0,77cm/ano, indicando uma aceleração do aumento do nível médio do mar. Além disso, essa aceleração pode implicar em maior dificuldade adaptativa dos ecossistemas impactados pelo fenômeno.

Ao contrário do que é observado em muitos locais do planeta, onde taxas de projeções de subida do nível do mar em nível regional são diferentes em relação às taxas média globais (i.e. RHEIN et al., 2013; CARSON et al., 2016), os valores das medianas regionais produzidos pelo SMC-Brasil foram muito semelhantes ao padrão geral global para ambos os cenários em ambos anos-horizonte.

No que se refere a mudanças no clima de ondas, FERNANDINO et al. (2018b) apontaram, através da modelagem de clima de ondas usando a ferramenta SMC-Brasil, que ao aumentar o ângulo de incidência de ondas que aproximam da costa em questão, há um maior potencial erosivo observado em função do posicionamento de características dos recifes de coral adjacentes à costa e, em especial, devido ao fato de ondas com maiores angulações estarem associadas a eventos mais energéticos (frentes frias). HEMER et al. (2013), usando comparativamente dados da reanálise ERA-Interim/C-ERA40, estimaram, através de projeções multi-modelo de ondas-clima, uma redução no ângulo de incidência das ondas no Atlântico Sul. Entretanto, os mesmos autores também indicaram que poderá haver um aumento no ângulo de incidência das ondas oriundas de sul na região sul-equatorial.

Projeções realizadas por CAMUS et al. (2017) utilizando o cenário RCP 8.5 apontam que para boa parte do Atlântico Sul, incluindo a região do sul da Bahia, praticamente não haverá mudança na altura significativa de ondas. No entanto, ondas tipo *swell* geradas remotamente podem influenciar localmente uma região (DOBRYNIN et al., 2015). Um aumento na ordem de 0,2m é projetado para essa região geradora de *swell* (CAMUS et al., 2017) e, apesar de acreditar-se que ondas tipo *swell* geradas em cinturões de altas latitudes exerçam pouca influência no clima de ondas atual da região Nordeste do Brasil (BITTENCOURT et al., 2005), a geração de ondas mais energéticas nestas novas condições pode atingir a região, representando um maior potencial erosivo. Para projeções de alterações nos períodos de pico, uma pequena diminuição na ordem de 0,1s, pode ser observada para a região onde Porto Seguro está inserida, com aumento de cerca de 0,2s no cinturão de alta latitude do hemisfério sul (CAMUS et al., 2017).

Com base no que foi exposto acima, é possível que até o final do século, o clima de ondas no que tange à altura, período e direção de incidência de ondas, não deverá sofrer alterações significativas, atribuindo, assim, os principais impactos relativos às mudanças climáticas ao aumento no nível médio do mar, que potencializaria os problemas de erosão já existentes na região.

Implicações para a gestão

Como mencionado anteriormente, um aumento do nível médio do mar implicaria diretamente na inundação de áreas baixas e na intensificação da erosão costeira. Como o município de Porto Seguro já apresenta focos de intensa erosão sob as condições climáticas-oceanográficas atuais, esse aumento projetado até 2100 pode representar sérios danos para o município.

A rodovia BR-367 margeia toda a área de estudo e é o principal acesso entre a região central de Porto Seguro e Coroa Vermelha. Esta importante infraestrutura apresenta sérios danos (ver Figura 3) causados pela intensa e crônica erosão costeira, que é resultante principalmente da concentração de energia de ondas nesse ponto, resultante principalmente da difração causada pelas extremidades do Recife de Fora (FERNANDINO et al., 2018b). Espera-se que estes danos sejam agravados com a subida do nível do mar estimada, trazendo grandes transtornos para a população e prejuízos econômicos caso, até lá, nenhuma medida seja tomada. Com o aumento do nível do mar, há um aumento na profundidade da coluna d'água. Assim, ondas incidentes serão capazes de atingir a costa com maior energia, sem sofrer atenuações em sua magnitude pelo efeito de arrasto contra o fundo, potencializando os danos estruturais observados.

Além disso, as barracas de praia (oficialmente chamadas de "complexos recreativos" – ver Figura 3F), e estabelecimentos à beira-mar, como restaurantes, por exemplo, teriam sua integridade física ameaçada em função do avanço do mar sobre essas estruturas (ver Figura 3D). Isso representaria grande prejuízo econômico para seus proprietários e, indiretamente, uma possível perda de receita para o município através do turismo. Isso ocorreria, pois as praias e complexos se tornariam menos atrativos para os milhares de turistas que as procuram anualmente por não apresentarem faixa de areia durante a preamar e pelas estruturas abandonadas no pós-praia que comprometem a beleza cênica e o tráfego de banhistas pela faixa de areia, como já observado nas proximidades do saliente de Ponta Grande. Além disso, como já observado em outras partes do mundo (i.e. ALBERT et al., 2016), parte da população que vive nas proximidades do mar pode ter que ser realocada em função do aumento do nível do mar.

No que diz respeito a implicações ambientais, parte do ecossistema de restinga encontrado no local pode ser comprometido em função de sua remoção direta (erosão) ou pela alteração das características físico-químicas do local onde estão inseridos em função do avanço da água do mar. O mesmo poderia acontecer com as manchas de manguezal presentes na região. Esses ecossistemas podem, no futuro, vir a ser substituídos por ecossistemas terrestres, como apontando por WOODROFFE et al. (2016). Por outro lado, outros ecossistemas transicionais podem se beneficiar das novas condições impostas pelo aumento do nível do mar (RAABE & STUMPF, 2016). Uma análise mais aprofundada deve ser conduzida nesse sentido no futuro, avaliando as possíveis respostas dos ecossistemas locais às novas condições. Outro possível problema seria a intrusão da cunha salina na água subterrânea e superficial, o que poderia levar à sua salinização e, consequentemente, comprometer seu uso pela população local, como já apontado por NICHOLLS & LEATHERMAN (1995) e MASCIOPINTO & LISO (2016).

Os recifes de coral presentes na área poderiam também sofrer consequências em relação ao aumento do nível do mar. Como demonstrado por FERNANDINO et al. (2018b), os bancos de recifes de coral encontrados ao longo (e *offshore*) do litoral norte de Porto Seguro não fornecem atualmente o serviço de

proteção à linha de costa. Ao contrário, estes autores indicam que alguns focos de erosão, como o da BR-367 em Ponta Grande, são induzidos por sua presença que, em função da difração dos raios de onda, concentram maiores energias de onda em determinados locais. É possível que, com o aumento do nível do mar, a capacidade de atenuação de ondas desses recifes seja ainda mais reduzida, permitindo a chegada de ondas mais energéticas na linha de costa.

Do ponto de vista da inundação, os resultados dos modelos incorporados no SMC-Brasil já apontam a recorrência de eventos mais energéticos com períodos de retorno variados que afetariam diretamente a erosão costeira (FERNANDINO et al., 2018b). Esses eventos associados a um maior nível do mar poderiam implicar em um maior *run-up* das ondas, permitindo que estas atinjam regiões mais internas, causando inundação costeira e sérios danos à população local (SEMEDO et al., 2013). É importante que gestores locais tenham ciência da ocorrência desses eventos periódicos e os incorporem na avaliação da eficiência e vida útil das estruturas existentes e quando da realização de possíveis novas intervenções na linha de costa.

Um relatório sobre estratégias de enfrentamento e gestão perante a subida do nível do mar foi elaborado a pedido do conselho municipal da cidade de Wellington, Nova Zelândia – *Wellington City Council* (WCC, 2013). Nesse relatório, cinco caminhos de gestão foram listados: não intervenção, recuo gerido, estabilização da linha de costa, acomodação, e expandir em direção à zona costeira. O relatório mostra que, de acordo com as características físicas e o uso e ocupação de cada área do município, diferentes estratégias devem ser tomadas levando em consideração um "risco tolerável", que é o nível de risco que indivíduos ou comunidades estão preparados a tolerar sob certas circunstâncias em troca de um benefício específico.

De posse dessas informações, estratégias de gestão baseadas em ecossistemas devem ser elaboradas e aplicadas a fim de mitigar os impactos já existentes na costa de Porto Seguro e os possíveis impactos futuros gerados, principalmente, pelo aumento do nível do mar. Se possível, no que tange aos complexos recreativos, uma estratégia adaptativa de acomodação ou recuo para a zona costeira (WCC, 2013) poderia ser empregada. No primeiro caso, elas poderiam ter seu design alterado e reconstruídas sobre pilares de forma a não serem afetadas pela subida do nível do mar. No segundo caso, elas poderiam ser removidas para minimizar os efeitos da erosão induzida por suas estruturas, e realocadas para a retaguarda de trechos onde a duna frontal e a vegetação de restinga ainda se encontram preservadas e, desse modo, ainda apresentam seu potencial de oferta do serviço de proteção à linha de costa. Isso deve ser feito de modo que não comprometa os serviços oferecidos por tais ecossistemas, mantendo os ecossistemas e suas características preservados o máximo possível.

Além disso, um trabalho de recuperação de vegetação costeira deveria ser realizado no local onde as barracas existiram, de modo a garantir, no futuro, que a presença dessa vegetação e o estoque sedimentar do pós-praia proteja a população adjacente dos efeitos erosivos de eventos mais energéticos.

No caso da BR-367, estratégias de enfrentamento ou recuo para a zona costeira poderiam ser empregadas, a exemplo do que foi mostrado por WCC (2013). No primeiro caso, sugere-se que a mesma seja elevada e/ou, como sugerido pela segunda estratégia, realocada mais para o interior, afastando-se da costa. Dessa forma, o risco de colapso em função do avanço do mar poderia ser eliminado.

Complementarmente, os enrocamentos presentes no local (ver Figura 3E) deveriam ser removidos de modo a permitir que a praia se recupere naturalmente.

Após essas ações, outras estratégias de enfrentamento poderiam ser empregadas, como o engordamento de praia ou o uso de dissipadores de energia de ondas emersos e submersos (i.e. Bagwall e Geotube®). Sempre que possível, deve-se dar preferência a obras não-rígidas, combinadas com o uso do potencial natural de dunas e de vegetação para a contenção da erosão (work with nature) (FERNANDINO et al., 2018a). Para definir qual a melhor estratégia, estudos direcionados à avaliação do seu uso aplicados à realidade local devem ser conduzidos, sempre levando em consideração tendências futuras de subida do nível do mar e a incidência de eventos mais energéticos com períodos de retorno mais longos, com 10, 20 e 50 anos, por exemplo.

CONCLUSÃO

O aumento do nível do mar projetado para o trecho norte da orla de Porto Seguro apresentou valores similares aos da média global. Suas implicações representam um grande desafio para a gestão costeira do município. Sua população, infraestrutura e ecossistemas costeiros poderão enfrentar importantes mudanças nos próximos anos, requerendo estratégias de adaptação e enfrentamento.

Apesar de existirem exemplos de sucesso, as medidas sugeridas acima não são simples de serem implementadas. Muitas delas, em função de impasses legais e culturais, e dos diversos conflitos existentes entre os atores envolvidos, dificilmente seriam aceitas em um cenário político-social-ambiental real próximo. Assim, recomenda-se fortemente a preservação dos trechos de praia ainda não ocupados e a não-realização de intervenções futuras na linha de costa (sem estudo prévio), principalmente por estruturas rígidas que possam interromper o trânsito de sedimentos e levar à criação de novos focos erosivos.

Além disso, estudos cujos enfoques sejam a avaliação dos impactos da subida do nível do mar sobre ambientes transicionais (i.e. restinga, manguezais), efeitos da intrusão salina sobre a qualidade da água subterrânea e superficial, e o uso de estratégias de engenharia para combate à erosão costeira (engordamento de praia, Bagwall, Geotube®), quando necessárias, devem ser conduzidos a fim de munir o poder público, ONGs e a iniciativa privada das informações necessárias para enfrentar os desafios futuros impostos pelas mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Nº 40817/2014-0) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, através das bolsas de doutorado de G. Fernandino e C.I. Elliff, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALBERT, S.; LEON, J.X.; GRINHAM, A.R.; CHRUCH, J.A.; GIBBES, B.R. & WOODROFFE, C.D. 2016. Interactions between sea-level rise and wave exposure on reef island dynamics in the Solomon Islands. Environmental Research Letters, 11 054011:1-10. (doi:10.1088/1748-9326/11/5/054011)

BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. & SILVA, I.R. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: an overview. Marine Geology, 219: 219 -234. (doi:10.1016/j.margeo.2005.06.006)

CAMUS, P.; LOSADA, I.J.; IZAGUIRRE, C.; ESPEJO, A.; MENÉNDEZ, M. & PÉREZ, J. 2017. Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. Earth's Future, 5: 918-933. (doi:10.1002/2017EF000609)

CAMUS, P.; MENDEZ, F.J.; MEDINA, R.; TOMAS, A. & IZAGUIRRE, C. 2013. High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. Coastal Engineering, 72:56-68. (http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.09.002)

CARNEIRO, R.A.F. 2000. Diagnóstico socioeconômico. In: DOMINGUEZ, J.M.L. (Org.). Projeto costa descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro e Prado, pp. 7-16, CBPM, Salvador, Bahia, Brasil. (CDU 553.041(814.2)(047.))

CARSON, M.; KÖHL, A.; STAMMER, D.; SLANGEN, A.B.A.; KATSMAN, C.A.; VAN DE WAL, R.S.W.; CHURCH, J. & WHITE, N. 2016. Coastal sea level changes, observed and projected during the 20th and 21st century. Climatic Change, 134:269-281. (doi:10.1007/s10584-015-1520-1)

CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2011. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Dinámicas, tendencias y variabilidad climática, Espanha. In: http://www.cepal.org/id.asp?id=45542 (acesso: Março 2018)

CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2012a. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Efectos teóricos, Espanha. In: http://www.cepal.org/id.asp?id=47536 (acesso: Março 2018)

CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2012b. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Impactos, Espanha. In: http://www.cepal.org/id.asp?id=48023 (acesso: Março 2018)

CHURCH, J.A.; WHITE, N.J.; COLEMAN, R.; LAMBECK, K. & MITROVICA, J.X. 2004. Estimates of the regional distribution of sea level rise over the 1950 to 2000 period. Journal of Climate, 17:2609-2625. (https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2609:EOTRDO>2.0.CO;2.

DAVY, R.; GNATIUK, N.; PETTERSSON, L. & BOBYLEV, L. 2018. Climate change impacts on wind energy potential in the European domain with a focus on the Black Sea. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81(2):1652-1659. (doi:10.1016/j.rser.2017.05.253)

DOBRYNIN, M.; MURAWSKI, J.; BAEHR, J. & ILYINA, T. 2015. Detection and attribution of climate change signal in ocean wind waves. Journal of Climate, American Meteorological Society, 28:1578-1597. (doi: 10.1175/JCLI-D-13-00664.1)

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. & MARTIN, L. 2000. Processos e Riscos Geológicos da Planície Quaternária e Plataforma Continental Adjacente. In: J. M. L. Dominguez (Ed.), Projeto Costa do Descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabrália, Porto Seguro e Prado, pp. 119-134, CBPM Salvador, BA, Brasil. (disponível em rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/5165/1/rel_costa_redesc_infra.pdf)

DOMINGUEZ, J.M.L; GUIMARÃES, J.K. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 2018. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. (Org.) 2018. Panorama da erosão costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento Ambiental Territorial, pp. 381-432, MMA, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 978-85-7738-394-8) (disponível em http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/procosta2)

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 2002. A Costa do Descobrimento, BA: A geologia vista das caravelas, SIGEP71, In: SCHOBBENHAUS,C.; CAMPOS,D.A.; QUEIROZ,E.T.; WINGE,M.; BERBERT-

BORN,M.L.C. (Edit.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, pp. 233-241, DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, DF, Brasil (disponível em http://sigep.cprm.gov.br/sitio071/sitio071.pdf)

DOUGLAS, B.C. & PELTIER, W.R. 2002. The puzzle of global sea-level rise. Physics Today, 55: 35-40. (doi: 10.1063/1.1472392)

FERNANDINO, G.; ELLIFF, C.I. & SILVA, I.R. 2018a. Ecosystem-based management of coastal zones in face of climate change impacts: Challenges and inequalities. Journal of Environmental Management, 215:32-39. (doi: 10.1016/j.jenvman.2018.03.034)

FERNANDINO, G.; GONZÁLEZ, M.; CÁNOVAS, V.; TANAJURA, C.A.S. & SILVA, I.R. 2018b. Erosional patterns induced by coral reefs in the eastern coast of Brazil, Pesquisas em Geociências, 45:e0750. (doi: 10.22456/1807-9806.91391)

GALLAGHER, S.; GLEESON, E.; TIRON, R.; MCGRATH, R. & DIAS, F. 2016. Wave climate projections for Ireland for the end of the 21st century including analysis of EC-Earth winds over the North Atlantic Ocean. International Journal of Climatology, 36: 4592–4607. (doi:10.1002/joc.4656)

HEMER, M.A.; FAN, Y.; MORI, N.; SEMEDO, A. & WANG, X.L. 2013. Projected changes in wave climate from a multi-model ensemble. Nature Climate Change Letters, 3:471-476. (doi: 10.1038/nclimate1791)

HOGBEN, N. & LUMB, F.E. 1967. Ocean Wave Statistics. 263p., HM Stationery Office, London.

HUGHES, T.P.; KERRY, J.T.; ÁLVAREZ-NORIEGA, M.; ÁLVAREZ-ROMERO, J.G.; ANDERSON, K.D.; BAIRD, A.H.; BABCOCK, R.C.; BEGER, M.; BELLWOOD, D.R.; BERKELMANS, R.; BRIDGE, T.C.; BUTLER, I.R.; BYRNE, M.; CANTIN, N.E.; COMEAU, S.; CONNOLLY, S.R.; CUMMING, G.S.; DALTON, S.J.; DIAZ-PULIDO, G.; EAKIN, C.M.; FIGUEIRA, W.F.; GILMOUR, J.P.; HARRISON, H.B.; HERON, S.F.; HOEY, A.S.; HOBBS, J.P.A.; HOOGENBOOM, M.O.; KENNEDY, E.V.; KUO, C.Y.; LOUGH, J.M.; LOWE, R.J.; LIU, G.; MCCULLOCH, M.T.; MALCOLM, H.A.; MCWILLIAM, M.J.; PANDOLFI, J.M.; PEARS, R.J.; PRATCHETT, M.S.; SCHOEPF, V.; SIMPSON, T.; SKIRVING, W.J.; SOMMER, B.; TORDA, G.; WACHENFELD, D.R.; WILLIS, B.L. & WILSON, S.K. 2017. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature, 543:373-377. (doi: 10.1038/nature21707)

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. In: http://www.censo2010.ibge.gov.br/ (acesso: Agosto de 2015).

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1535p. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (doi:10.1017/CBO9781107415324).

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 151p. R.K. PACHAURI & L.A. MEYER (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. (disponível em https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/)

LEÃO, Z.M.A.N. & KIKUCHI, R.K.P. 1999. The Bahian coral reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD. Ciência e Cultura, 51(3-4):262-273. (disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000102&pid=S0001-37652008000100015000025&lng=pt)

MANN, M.E.; RAHMSTORF, S.; KORNHUBER, K.; STEINMAN, B.A.; MILLER, S.K. & COUMOU, D. 2017. Influence of anthropogenic climate change on planetary wave resonance and extreme weather events. Scientific Reports, 7:1-10. (doi: 10.1038/srep45242)

MARTÍNEZ, M.L.; INTRALAWAN, A.; VÁZQUEZ, G.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SUTTON, P. & LANDGRAVE, R. 2007. The coasts of our world: ecological, economic and social importance. Ecological Economics, 63:254e272. (https://doi.org/10.1016/ j.ecolecon.2006.10.022)

MASCIOPINTO, C. & LISO, I. S. 2016. Assessment of the impact of seal-level rise due to climate change on groundwater discharge. Science of the Total Environment, 569-570: 672-680. (https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.183)

McINNES, K.; ERWIN, T.A. & BATHOLS, J.M. 2011. Global climate model projected changes in 10 m wind speed and direction due to anthropogenic climate change. Atmospheric Science Letters, 12:325-333. (doi: 10.1002/asl.341)

MÍNGUEZ, R.; REGUERO, B. G.; LUCEÑO, A. & MÉNDEZ, F. J. 2012a. Regression models for outlier identification (hurricanes and typhoons) in wave hindcast databases. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 29:267-285. (doi: 10.1175/JTECH-D-11-00059.1)

MÍNGUEZ, R.; TOMÁS, A.; MÉNDEZ, F. J. & MEDINA, R. 2012b. Mixed extreme wave climate model for reanalysis databases. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 27: 757-768. (doi: 10.1007/s00477-012-0604)

MORI, N.; YASUDA, T.; MASE, H.; TOM, T. & OKU, Y. 2010. Projection of Extreme Wave Climate Change under Global Warming. Hydrological Research Letters, 4:15-19. (doi: 10.3178/hrl.4.15)

MUEHE, D. 2010. Brazilian coastal vulnerability to climate change. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5:173-183. ISSN 1809-9009 (disponível em https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_5(2)_173-183.pdf)

MUEHE, D. (Org.) 2018. Panorama da erosão costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento Ambiental Territorial, 759 p., MMA, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 978-85-7738-394-8) (disponível em http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/procosta2)

NEUMANN. B.; VAFEIDIS, A.T.; ZIMMERMANN, J. & NICHOLLS, R.J. 2015. Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. PLoS ONE 10(3):e0118571. (doi:10.1371/journal.pone.0118571)

NICHOLLS, R.J. & LEATHERMAN S.P. 1995. The implications of accelerated sea-level rise for developing countries: a discussion. Journal of Coastal Research, SI 14:303-323. (doi: 10.2112/07A-0003.1)

ORESKES, N. 2004. The Scientific Consensus on Climate Change. Science, 306(5702):1686. (doi: 10.1126/science.1103618)

PELTIER, W.R. 2001. Earth physics and global glacial isostasy: from paleo-geodesy to space-geodesy. In: SIDERIS M.G. (eds). Gravity, Geoid and Geodynamics 2000, pp.7-12. International Association of Geodesy Symposia, vol 123. Springer, Berlin, Heidelberg, (disponível em https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04827-6_2)

PIANCA, C.; MAZZINI, P.L.F. & SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate bases on NWW3 reanalysis. Brazilian Journal of Oceanography, 58:53-70. (http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592010000100006)

RAABE, E.A. & STUMPF, R.P. 2016. Expansion of tidal marsh in response to sea-level rise: Gulf of Florida, USA. Estuaries and Coasts, 39(1):145-157. (https://doi.org/10.1007/s12237-015-9974-y)

RHEIN, M.; RINTOUL, S.R.; AOKI, S., CAMPOS, E.; CHAMBERS, D.; FEELY, R.A.; GULEV, S.; JOHNSON, G.C.; JOSEY, S.A.; KOSTIANOY, A.; MAURITZEN, C.; ROEMMICH, D.; TALLEY, L.D. & WANG, F. 2013. Observations: Ocean. In: STOCKER, T.F.; QIN D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V. & MIDGLEY, P.M. (Eds.). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013, pp. 255-297, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (disponível em https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)

SEMEDO, A.; WEISSE, R.; BEHRENS, A.; STERL, A.; BENGTSSON, L. & GUNTHER, H. 2013. Projection of global wave climate change toward the end of the twenty-first century. Journal of Climate, American Meteorological Society, 26:8269-8288. (doi: 10.1175/JCLI-D-12-00658.1)

SILVA, I. R. 2004. Costa do Descobrimento: uma contribuição para gestão ambiental. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal da Bahia, Brasil, 232 p.

SLANGEN, A. B. A.; CARSON, M.; KATSMAN, C.A.; VAN DE WAL, R.S.W.; KOEHL, A.; VERMEERSEN, L.L.A. & STAMMER, D. 2014. Projecting twenty-first century regional sea-level changes. Climatic Change, 124:317-332. (doi: 10.1007/s10584-014-1080-9)

SYDEMAN, W.J.; GARCÍA-REYES, M.; SCHOEMAN, D.S.; RYKACZEWSKI, R.R.; THOMPSON, S.A.; BLACK, B.A. & BOGARD, S.J. 2014. Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. Climate Change Reports, 345(6192): 77-80. (doi: 10.1126/science.1251635)

TESSLER, M. 2008. Potencial de risco natural. In: Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil, pp. 93-102. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil (disponível em http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/macrodiagnostico).

WCC: WELLINGTON CITY COUNCIL. 2013. Sea level rise options analysis. 169p., Tonkin & Taylor Ltd, Wellington, New Zealand (https://wellington.govt.nz/services/environment-and-waste/environment/climate-change/sea-level-rise-options-analysis).

WOODROFFE, C.D.; ROGERS, K.; MCKEE, K.L.; LOVELOCK, C.E.; MENDELSSOHN, I.A. & SAINTILAN, N. 2016. Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise. Annual Review of Marine Science, 8:16.1-16.24. (doi: 10.1146/annurev-marine-122414-034025)

Capítulo 26

Risco de salinização das terras do Delta do Parnaíba (PI)

RISCO DE SALINIZAÇÃO DAS TERRAS DO DELTA DO PARNAÍBA (PI)

Gustavo Souza Valladares[1], Léya Jéssica Rodrigues Silva Cabral[2], João Victor Alves Amorim[3], Jéssica Cristina Oliveira Frota[4] & Mirya Grazielle Torres Portela[5]

[1] Universidade Federal do Piauí, Coordenação de Geografia, Campus Ministro Petrônio Portella - Ininga - Teresina – PI, Brasil, CEP: 64049-550, valladares@ufpi.edu.br.
[2] Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campus Ministro Petrônio Portella - Ininga - Teresina – PI, Brasil, CEP: 64049-550, leyarodrigues@hotmail.com.
[3] Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campus Ministro Petrônio Portella - Ininga - Teresina – PI, Brasil, CEP: 64049-550, amorim1994@hotmail.com.
[4] Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campus Ministro Petrônio Portella - Ininga - Teresina – PI, Brasil, CEP: 64049-550, jessykcris@hotmail.com.
[5] Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Campus Ministro Petrônio Portella - Ininga - Teresina – PI, Brasil, CEP: 64049-550, mgagronoma@yahoo.com.b.

RESUMO

O presente trabalho objetivou gerar um mapa de risco de salinização, compatível com a escala 1:100.000, com resolução espacial de 30 metros, para o Delta do Parnaíba, litoral do Piauí. O mapa foi gerado a partir do tratamento de mapas digitais dos temas solos, geomorfologia, geologia e uso e cobertura das terras, em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram geradas cinco classes de risco de salinização, onde 10,3 % da área foi classificada como moderado risco de salinização, 30,6 % risco moderado a alto, 24,9 % alto, 21,6 % muito alto e 12,6 % altíssimo ou naturalmente salinizado. A metodologia utilizada foi eficiente na geração do mapa de risco de salinização e diante dos resultados faz um alerta pelo elevado percentual de solos com grande risco de salinização na área de estudo.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Método Multicritério Aditivo; Litoral piauiense; Pedologia.

RISK OF SALINIZATION OF PARNAÍBA DELTA LAND (PI)

ABSTRACT

This work aimed to generate a salinization risk map for the Parnaíba Delta, Piauí coast, compatible with the 1:100,000 scale, with spatial resolution of 30 meters. Digital maps about soil, relief, geology and land use and coverage were treated in Geographic Information System (GIS) environment, to make the salinization risk map. Five classes of salinity risk were obtained, where 10.3% of the area was classified as moderate risk of salinization, 30.6% moderate to high risk, 24.9% high, 21.6% very high and 12.6% very high or naturally salinized. The methodology used was efficient in the generation of risk of salinization map, providing an alert for the high percentage of soils with elevated risk of salinization in that study area, and for the importance of soil conservation.

Key-words: Geosciences; Multicriteria Additive Method; Coast of Piaui; Pedology.

INTRODUÇÃO

A atual ocupação das zonas costeiras e sua utilização para fins econômicos vêm gerando impactos e provocando alterações na paisagem natural dos ecossistemas litorâneos, podendo chegar à própria inviabilidade das atividades econômicas diante do quadro de expansão desordenada. Esses impactos induzidos pela pressão antrópica podem trazer sérios problemas, sendo muitas vezes superior a capacidade de suporte dos sistemas naturais, exercendo pressões no ambiente ou produzindo impactos negativos, como remoção da vegetação nativa, degradação dos solos, a modificação do escoamento superficial, drenagem subterrânea, desmatamento de áreas naturais, poluição do solo, impermeabilização do solo, alterações da dinâmica praial e de dunas móveis e oxidação de solos hidromórficos (SVYVITSKI *et al*. 2009). De acordo com pesquisadores essas mudanças estão ocorrendo em deltas mundialmente (SVYVITSKI *et al*. 2009, WORLDBANK, 2009).

O estado do Piauí, na Região Nordeste do Brasil, apresenta somente 66 km de linha de costa, portanto deveria ser objeto de muita atenção no planejamento e conservação dessa área. Todavia, diversos atores que têm algum domínio sobre esse território, não o manejam de forma sustentável. Na área em questão ocorre mineração, aquicultura, desmatamento, aterros inapropriados, caça e pesca irregular, uso agrícola acima da capacidade de suporte do solo, entre outras atividades que levam a degradação ambiental, incluindo a do solo.

Como proposta de pesquisa, é considerada como área de estudo terras próximas da costa do estado do Piauí, que estão inseridas na microrregião do litoral piauiense, segundo dados do IBGE e, do território de Desenvolvimento da Planície Litorânea, conforme o Plano de Ação para o desenvolvimento integrado da Bacia do Parnaíba (PLANAP).

O objeto em estudo ainda integra parte da Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba, criada pela União através do Decreto de 28 de agosto de 1996, com grandes extensões de praias arenosas que formam diferentes paisagens de importância socioeconômica e ambiental o que justifica o desenvolvimento de atividades antrópicas em toda a planície costeira, a citar a pesca artesanal, o turismo, a extração mineral e vegetal, pecuária, lavouras, aquicultura e a urbanização.

O objetivo do presente trabalho é mapear o risco de salinização das terras do Delta do Parnaíba, estado do Piauí, com base em método multicritério aditivo, utilizando geoprocessamento e mapas básicos de geologia, geomorfologia, solos e cobertura das terras.

INVENTÁRIO, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

A geologia tem um papel importante no planejamento e gestão ambiental interferindo em vários aspectos, como drenagem, porosidade, fonte de sais solúveis. Esse fator exerceu ao longo da história forte influência na sociedade, na civilização e na diversidade cultural da humanidade (SCHOBBENHAUS & SILVA, 2010).

O conhecimento sobre o uso e cobertura das terras é de fundamental importância para o planejamento e a gestão territorial. Sendo inventário básico para o domínio dos recursos naturais que se têm em determinada área. É ferramenta para a fiscalização e base para a capacidade de suporte ambiental e adequação do uso das terras. Portanto, fundamental na conservação dos recursos naturais e na sustentabilidade ambiental, social e econômica (IBGE, 2013).

A geomorfologia é básica no estudo da paisagem e no suporte das tomadas de decisão sobre o meio ambiente (SUGUIO, 2000). Interfere fortemente no risco de salinização dos solos (MOTA et al., 2012).

A degradação dos solos é definida como sua perda ou a redução da capacidade de exercer suas funções. Cada vez mais é um problema para a humanidade, sendo que mais de dois bilhões de hectares foram degradados ou estão em processo de degradação. A salinização é uma das formas de degradação dos solos, devendo ser avaliada (JIE et al., 2002). Em bacias hidrográficas que desembocam no mar e em deltas de rios a salinização dos solos têm sido objeto de pesquisas (VALLADARES & FARIA, 2004; FAN et al., 2012; MOTA et al., 2012).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) caráter sódico é utilizado para distinguir horizontes ou camadas do solo que apresentem saturação por sódio > 15% e solódico variando de 6 a <15%. Solos com caráter sálico são caracterizados por condutividade elétrica no extrato saturado maior ou igual que 7dS/m (a 25ºC) e salino com valores entre 4 e 7dS/m. Segundo RAMALHO & BEEK (1995) condutividade elétrica do solo entre 4 e 8 e saturação por sódio entre 8 e 20%, já representam grau de limitação moderado à agricultura por deficiência de fertilidade; a condutividade elétrica entre 8 e 15 e a saturação por sódio superior a 15% indicam forte limitação ao desenvolvimento vegetal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Delta do Parnaíba está localizado na planície costeira do estado do Piauí, situada na porção norte do litoral piauiense e no nordeste setentrional do Brasil. A zona costeira piauiense apresenta uma linha de costa de 66km no sentido Leste-Oeste, que vai desde a baía das Canárias (no Delta do Parnaíba, limite com o Maranhão), até o limite com Ceará, na baía formada pela foz dos rios Ubatuba e Timonha. No sentido sul-norte ela se localiza entre o limite dos depósitos holocênicos com o Grupo Barreiras e o Oceano Atlântico (BAPTISTA, 1975; FUNDAÇÃO CEPRO, 1996).

Nesse litoral foi criada a Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba (APA) pelo Decreto Federal de 28 de Agosto de 1996, envolvendo municípios do Maranhão, Piauí e Ceará, num total de 313809 hectares e perfazendo um perímetro de 460812m, incluindo uma faixa de área marítima. No Piauí a APA abrange parte dos municípios de Parnaíba, Luís Correia, Ilha Grande de Santa Isabel e Cajueiro da Praia.

O Delta do Parnaíba fica em uma zona de transição de acordo com suas condições climáticas e oceanográficas. Sua área total é de cerca de 2700km², sendo que sua maior parte está situada no estado do Maranhão e apenas 35% dessa área se encontra em território piauiense, formando pequenas ilhas e a Ilha Grande de Santa Isabel. Esta ilha se encontra entre o canal principal do rio Parnaíba e o canal secundário de leste: o rio Igaraçu. O rio Parnaíba possui uma moderada descarga de sedimentos em suspenção a qual é principalmente atribuída a geologia e condições climáticas da sua bacia de drenagem (SILVA et al., 2015; SILVA, 2015).

Para o desenvolvimento da pesquisa foi selecionada a área localizada na parte oriental do Delta, inserida nos limites do estado do Piauí, de aproximadamente 290km², com praias de até 200m de largura e ilhas barreiras, que caracterizam a geomorfologia costeira (SZCZYGIELSKI et al., 2015). A figura 1 ilustra a localização da área.

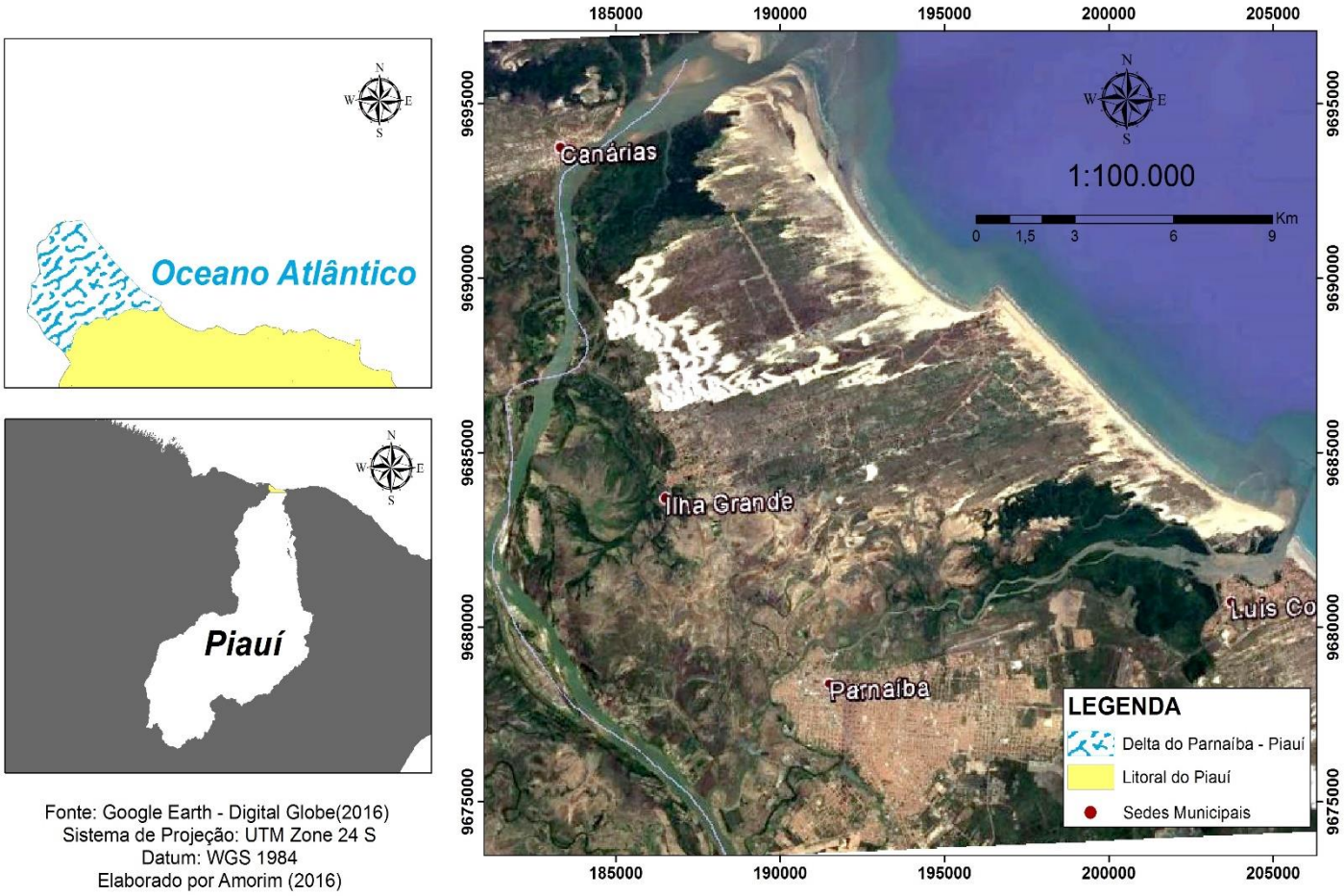


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no litoral do Piauí. Fonte: Imagem Digital Globe (2016), adaptado por Amorim (2016).

Para a análise dos dados climáticos da área de estudo foram analisados os dados das Normais Climatológicas do Brasil para o período de 1961 a 1990 (INMET, 1992). Esses dados foram obtidos da estação meteorológicas da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no Estado do Piauí próximas a área de estudo, como por exemplo Parnaíba, onde os dados extraídos representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. Os valores obtidos das médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados (figura 2).

As condições climáticas do município de Ilha Grande (com altitude da sede a 10m acima do nível do mar) apresentam temperaturas médias mínimas de 25ºC e médias máximas de 35ºC (INMET, 1992), com clima quente tropical. A precipitação pluviométrica média anual é definida no Regime Equatorial Marítimo, com média anual de 1300mm, cerca de 5 a 6 meses como os mais chuvosos e período restante do ano de estação seca. O trimestre mais úmido é o formado pelos meses de fevereiro, março e abril (INMET, 1992).

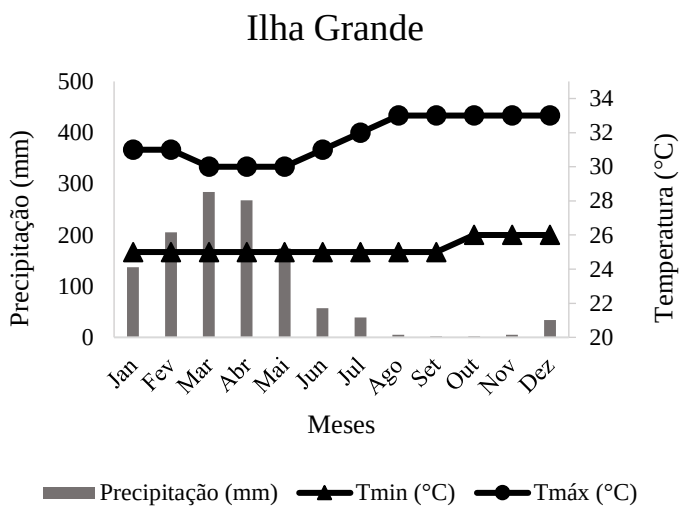


Figura 2 – Comportamento da Temperatura do Ar Atmosférico (médias das máximas e mínimas) e Precipitação ao longo do ano no município de Ilha Grande – Piauí. Fonte dos dados: INMET/CFS/Interpolação.

A caracterização geológica, do relevo e dos solos foi baseada nos trabalhos de SOUSA & VALLADARES (2016); FROTA (2017); CABRAL (2018) e serão apresentados nos resultados.

No mapeamento do uso e cobertura das terras foram utilizadas imagens RapidEye (CATÁLOGO-MMA, s.d.). Os produtos datam dos dias: 30 de Julho, 23 de Outubro e 02 de Dezembro de 2012, obtido no Geocatálogo do Ministério do Meio ambiente (CATÁLOGO-MMA, s.d.). FLORENZANO (2011) ressalta que o tipo de imagem (resolução, banda, composição colorida, data), deve ser selecionado considerando os objetivos e as características da área de estudo, deve ser observado através do tipo de textura topográfica, o tipo de clima, e o tipo de cobertura e uso da terra presente na área que se pretende estudar. Dessa forma, como os ambientes da superfície terrestre são dinâmicos, a data da imagem é uma informação extremamente importante, pois a imagem é uma representação de uma parte da superfície da Terra no momento da passagem do satélite, e sua escolha dependerá do tipo de aplicação que se fará, bem como o objetivo, levando-se em consideração a sazonalidade (FLORENZANO, 2011).

Para o mapeamento do uso e cobertura das terras, o método de classificação utilizado para a pesquisa consistiu na classificação automática não-supervisionada, na qual o próprio computador, sem o auxílio usuário e com base em regras estatísticas, decide quais são as classes a serem separadas e quais os "pixels" pertencentes a cada uma (BERNARDI et al., 2007). Na imagem RapidEye foi selecionada a composição de bandas falsa cor RGB 4-5-3 (infravermelho limítrofe, infravermelho próximo e vermelho), utilizando classificação não supervisionada. Após esse procedimento foi manuseada, no ArcGIS 10.2, o conjunto de ferramentas Spatial Analyst Tools presente no ArcToolbox e aplicou-se a função Multivariate → Iso Cluster Unsupervised Classification (BERNARDI et al., 2007), onde selecionou-se 20 classes para a classificação inicial, de modo a diferenciar mais detalhadamente os elementos da imagem.

O mapa de risco de salinização foi gerado com o uso de um método multicritério ordinal aditivo, definido por XAVIER-DA-SILVA (2001) como média ponderada. A integração entre Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Apoio Multicritério à Decisão é abordada na literatura (GOMES & ESTELLITA LINS, 2002). Na metodologia os mapas temáticos recebem pesos e as unidades de mapeamento dos mapas notas. Quanto maior forem as notas maior o risco daquela unidade de mapeamento. Na sequência os mapas são sobrepostos.

Um algoritmo sugerido para a sobreposição dos mapas e a geração do mapa de risco, utilizado em vários trabalhos sobre inferência espacial de riscos ambientais (VALLADARES & FARIA, 2004; GARCIA et al., 2006; MEIRELLES et al., 2007;

MOTA et al., 2012), e que é adequado aos mapas raster utilizados, é apresentado a seguir (Eq. 1):

$$Aij = \sum n\ (Pk.\ Nk) \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Em que: k = 1; Aij = qualquer célula da matriz (alternativa); n = número de parâmetros envolvidos; P = peso atribuído ao parâmetro, transposto o percentual para a escala de 0 a 1; N = nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.

O modelo foi aplicado individualmente aos temas, de forma a atribuir valores de risco para que fossem analisados em conjunto com os mapas temáticos da área de estudo, gerados por meio do software ArcGIS com a função RASTER CALCULATOR, permitindo o tratamento dos dados e as análises do risco de salinização dos solos.

Para a realização das avaliações foram utilizadas informações de pedologia, geologia, geomorfologia e uso e cobertura das terras. Para esses temas é que foram atribuídos os pesos e as notas do risco de salinização.

Os pesos e notas foram atribuídos com base na experiência e por consenso de equipe multidisciplinar especializada em meio físico e na interpretação de mapas de riscos ambientais. Os resultados quantitativos foram transformados em classes qualitativas como, por exemplo, baixo, moderado, alto, muito alto, etc. Metodologia semelhante foi empregada nos trabalhos de CREPANI et al. (1996), VALLADARES & FARIA (2004) e MOTA et al. (2012).

O mapa de risco de salinização foi gerado utilizando o método multicritério citado acima, os pesos para cada um dos temas considerados foram 40% para pedologia e 20% para os demais temas. As notas do risco salinização foram atribuídas às unidades de mapeamentos dos mapas de cada tema, numa escala de 0 a 10, indicando que quanto maior a nota, maior o risco de salinização da unidade de mapeamento. Para as áreas fora de análise como, por exemplo, corpos d'água e zona urbana, foram atribuídas notas altíssimas (1000), como um artifício matemático para fácil identificação.

RESULTADOS

A geologia da área de estudo foi totalmente mapeada como sedimentar, devido a escala do trabalho. Somente em uma pequena extensão na praia Pedra do Sal afloram rochas cristalinas do Pré-Cambriano, conhecidas como Granito Chaval ou Granito Pedra do Sal (GORAYEB & MEIGUINS, 2018). PFALTZGRAFF et al. (2010) destacam que os terrenos cenozoicos da planície do Delta do Parnaíba estão contidos nos domínios da Província Costeira, correspondendo basicamente a sedimentos Quaternários (depósitos de origens flúvio aluvionar, fluviomarinha, marinha e eólica), constituindo as feições geológico-geomorfológicas que compõem o Delta do Parnaíba.

Com base nos trabalhos de CPRM (2006) e PFALTZGRAFF et al. (2010) a geologia da área de estudo foi mais detalhada (CABRAL, 2018) com intensos trabalhos de campo e interpretação de imagens de 5 metros de resolução espacial, conforme segue:

•Depósitos litorâneos de praias recentes (Q21p)- Formações geológicas do Quaternário com acumulações de areias de granulação fina a grossa, ocasionalmente cascalhos, moderadamente selecionadas, contendo restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados. Forma um alongado depósito contínuo, por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Nesta formação incluem-se os Granitos na praia da Pedra do Sal. Recebeu nota 10 para risco de salinização

devido a proximidade com o mar e a adição diária de sais.

•Depósitos eólicos litorâneos móveis (Q2e)- originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados. Muitas vezes encerram níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita além de estratificações cruzadas de médio a grande porte e marcas ondulares eólicas. São caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximas à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Recebeu nota 7 para risco de salinização pela maior distância da fonte de sal, no caso o mar.

•Depósitos eólicos litorâneos fixos (Qe)- originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzo feldspáticas, ocorrem à retaguarda ou entremeadas com as dunas móveis e apresentam incipiente desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal pioneiro ou de pequeno porte que impede ou atenua a mobilização eólica. Esses depósitos provavelmente representam uma geração de idade intermediária entre as paleodunas e as dunas móveis ou atuais. Recebeu nota 8 por estar mais próximo ao mar e receber por via aérea sais.

•Depósito fluvioaluvionares (Qfa)- Os maiores depósitos aluvionares ocorrem ao longo das planícies fluviais dos rios Parnaíba e Igaraçu, e em menores proporções, nos outros rios da região, são resultante da acumulação fluvial, sujeito a inundações periódicas. Formados, essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica. Recebeu a nota 5, intermediária, pois apesar desses sedimentos terem baixos teores de sais na sua origem, os mesmos são finos, de baixa permeabilidade e pela cota baixa já sofreram adições de sais de origem marinha. A elevada evapotranspiração também favorece a concentração de sais.

•Depósito de Pântanos e Mangues (Qpm)- são ambientes transicionais ou mistos, formados pela sedimentação de origem continental e marinha. O contato de água doce com água salgada proporciona, pelas diferenças de pH entre os dois meios, a floculação ou precipitação de argilas em suspensão, resultando na deposição de material escuro e lamacento, rico em matéria orgânica, que aumenta a cada período de maré cheia, até formar o ambiente propício à instalação dos manguezais, com o desenvolvimento de vegetação típica de tais ambientes. Esses depósitos estuarinos são acumulados nas desembocaduras fluviais, penetrando no continente até onde se faz sentir a influência das marés. Na área do Delta, as principais planícies fluviomarinhas são aquelas associadas aos rios Parnaíba e Igaraçu. O entrelaçado labiríntico dos canais distributários que formam o Delta isola um grande número de ilhas (mais de 70), muitas delas contendo importantes formações de manguezais. Naturalmente salinos recebeu nota 10.

•Depósitos arenosos (Qd)- As acumulações são constituídas por areias inconsolidadas, de coloração acastanhada, acinzentada e/ou esbranquiçada, de granulação média a fina, bem selecionadas, de composição quartzosa/quartzofeldspática, com grãos de quartzo foscos e arredondados e granulação fina em nível de silte. A estabilização é mantida pela cobertura vegetal. Corresponde à primeira geração de dunas da área, formadas provavelmente em um episódio de nível relativo do mar mais elevado que o atual ocorrido durante o Pleistoceno, este movimento regressivo propiciou a geração de um terraço marinho, que foi, em parte, retrabalhado eolicamente, fornecendo material

para a construção das paleodunas. Pela distância da linha da costa recebeu nota 7.

A feições geomorfológicas da área de estudo foram caraterizadas por SOUSA et al. (2014) e revisadas e melhor detalhadas por FROTA (2017):

•Cordão arenoso- correspondendo a uma área plana resultante de acumulação marinha, dentre eles, praias, canais de maré, cristas de praia, restingas, ilhas barreira. Ocorre nas baixadas litorâneas sob a influência dos processos de agradação marinhos. Recebeu nota 8 para o risco de salinização.

•Planície eólica- área aplainada entre as dunas constituídas de sedimentos eólicos em laminações lisas, bem como estratificações cruzadas truncadas entre as dunas ativas. A extensão das interdunas varia em função do suprimento sedimentar e da presença de água no sistema (lençol freático). Recebeu nota 6.

•Dunas móveis- esta unidade de paisagem corresponde a depósitos arenosos paralelos à linha de costa, produzida pelo transporte e deposição de partículas pelo vento, sua assimetria é justificada pela inclinação maior no lado sotavento que no lado barlavento. Tal feição geomorfológica não apresenta cobertura vegetal ou ocorrem em sua superfície somente espécies pioneiras e de pequeno porte, sendo instáveis e migratórias. Recebeu nota 3.

•Dunas fixas- são dunas em processo de estabilização, sendo estas, parcialmente recobertas por vegetação pioneira devido o maior teor de matéria orgânica e a ocorrência de um estrato superficial em processo de edafização, propiciando a presença do caráter eutrófico que favorece o desenvolvimento de espécies vegetais. Recebeu nota 6, por localizarem-se mais próximas ao mar e conterem formas com acumulação sazonal de água e início de processo de paludização.

•Paleodunas- corresponde às dunas antigas que estão recobertas por uma vegetação herbácea ou arbustiva, estando, portanto, imobilizado e bioestalizadas. Por serem mais antigas, favorecem a estabilização do relevo, que ocasionam melhoria das condições edáficas, contribuindo para uma maior estruturação das camadas superficiais, através de suportes de matéria orgânica. Recebeu nota 3.

•Planície flúvio-marinha- representa a área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e deltas, ocorrendo nas baixadas litorâneas, próximo às embocaduras fluviais, e está localizada em áreas onde há influência das oscilações da maré. Recebeu nota 10, pela adição diária de sais durante as marés.

•Planície e terraço-fluvial- corresponde a áreas planas resultantes de acumulação fluvial, periodicamente alagada, com meandros abandonados. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial, contendo material fino a grosseiro, pleistocênico e holocênico. Recebeu nota 3.

•Praia- são depósitos de areias acumuladas pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos. As praias representam cintas anfíbias de grãos de quartzo, apresentando uma largura maior ou menor, em função da maré. Algumas vezes podem ser totalmente encobertas por ocasião das marés de sizígia. Quanto ao material que compõe as praias, há um domínio quase absoluto dos grãos de areia de quartzo. Recebeu nota 10 por conta da presença de sais misturados ao quartzo e outros minerais primários.

O mapa de solos é de nível de reconhecimento de alta intensidade, adotou a metodologia proposta por EMBRAPA (1995), SANTOS et al. (2005) e SANTOS et al. (2018). As unidades de mapeamento de solos foram definidas conforme o quadro 1.

SIMBOLOGIA	UNIDADES DE MAPEAMENTO	NOTA
SNo	Associação complexa de: PLANOSSOLO NÁTRICO Sálico neofluvissólico, textura média e média/argilosa + NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, textura indiscriminada + NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico, textura indiscriminada + CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico vertissólico salino, textura indiscriminada + VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico, textura argilosa, todos A moderado, fase relevo plano, não erodida e erodida, fase floresta tropical de várzea com carnaúba e sem carnaúba.	7
GXve	Complexo de: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissólico, todos A moderado, textura indiscriminada, fase relevo plano, fase floresta tropical de várzea com carnaúba e sem carnaúba / floresta tropical de várzea com aninga e dendê.	8
GJ1	Associação de: GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico, textura média e argilosa + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissólico, textura média, ambos A moderado, fase relevo plano, fase de vegetação de mangue.	10
GJ2	Associação de: GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico, A moderado + GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico, A fraco e A moderado, textura indiscriminada, fase relevo plano, vegetação de mangue.	10
RQo1	Associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico, fase relevo suave ondulado e plano, restinga arbustiva e arbórea + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico sálico sódico + ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico ârenico sódico + ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico neofluvissólico sódico, todos A fraco, fase relevo plano, campo hidrófilo de várzea e restinga arbustiva.	10
RQo2	Associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico A fraco, fase vegetação de restinga + Dunas, ambos fase relevo plano e suave ondulado.	10

Quadro 1: Simbologia, unidades de mapeamento de solos e notas do risco de salinização.

A partir da classificação da imagem digital RapidEye do ano de 2012, foram mapeadas 12 classes de uso e cobertura das terras. Para a área, as classes observadas são apresentadas no quadro 2.

CLASSES DE USO E COBERTURA DAS TERRAS	DESCRIÇÃO	NOTA
Água – Corpos Lênticos	Ambientes aquáticos de água parada.	FA
Água – Rios e Oceano	Compreende os principais cursos d'agua da região, tais como o rio Parnaíba e rio Igaraçu, além do Oceano Atlântico.	FA
Área Urbana	São áreas em que a vegetação natural foi modificada pelo homem, para diversos usos, principalmente construção e edificação.	FA
Campos	Campos naturais abertos com predominância de vegetação herbácea e/ou arbustiva, associada a terrenos alagadiços ou não.	6
Dunas e Cordões Arenosos	Compreende a grandes massas individuais de areias em movimento, constituídas de dunas eólicas simples e/ou compostas, além de grandes faixas de areia alongadas próximo a linha de praia.	4
Praia	Acumulações de areias que ficam entre a base das ondas modais e o limite do espraiamento e que são depositadas principalmente pelas ondas, mas também são influenciadas pelas marés e pela topografia	10
Solo Exposto	Corresponde às áreas em que toda ou quase toda a cobertura vegetal do solo foi removida, principalmente pelo uso antrópico. No período de estiagem podem ocorrer áreas com vegetação rasteira.	8
Vegetação arbórea arbustiva	Correspondem às áreas com presença de árvores de médio a grande porte, como cajueiros, por exemplo, além de gramíneas e outras espécies de vegetação herbácea e, ainda, proporções variadas de alguns arbustos, com predominância de vegetação secundária.	3
Vegetação arbustiva densa	Representam as áreas em que predominam vegetação de porte arbustivo e fechado/denso.	3
Vegetação de Mangue	Compreende a área próxima ao litoral com o predomínio de manguezais. Essas áreas possuem vegetação arbórea composta por espécies que são típicas para estes locais.	10
Vegetação Paludosa	Compreende aos tipos de Vegetação próximos as margens dos rios, associadas a planícies de inundação.	8
Vegetação rasteira	Compreende áreas de campos naturais abertos, com vegetação rasteira, utilizado principalmente pela pecuária extensiva.	3

Quadro 2. Descrição das classes de cobertura das terras definidas para a área de estudo.

FA- fora de análise. Fonte: Adaptado de Sousa (2015).

O mapa de risco de salinização é apresentado na figura 3 e as classes de risco de salinização (Quadro 3).

A legenda do mapa foi a seguinte: moderado, moderado a alto, alto, muito alto e altíssimo ou naturalmente salino/sódico.

Classes de risco de salinização	Área	
	km²	%
Moderado	23,07	10,3
Moderado a Alto	68,91	30,6
Alto	56,03	24,9
Muito Alto	48,60	21,6
Altíssimo ou solos naturalmente salinos/sódicos	28,34	12,6
TOTAL	224,95	100

Quadro 3. Áreas das classes de risco de salinização das terras do Delta do Parnaíba (PI).

O equivalente a 10,3 % da área foi classificado como moderado risco de salinização, 30,6 % risco moderado a alto, 24,9 % alto, 21,6 % muito alto e 12,6 % altíssimo ou naturalmente salino/sódico.

DISCUSSÃO

As terras que apresentaram moderado risco de salinização são formadas por sedimentos de origem aluvial, formando terraços aluviais geralmente bem drenados e solos classificados como Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos da unidade SNo, de textura variando de média a argilosa, com vegetação arbórea ou arbustiva. Parte desses solos são utilizados com pastagem ou lavouras de sequeiro. Esses são os solos com melhor aptidão para agricultura de sequeiro ou até mesmo para irrigação por aspersão ou gotejamento da área de estudo. O manejo adequado dessas terras pode conduzir a elevadas produtividades, mas deve-se levar em consideração a qualidade da água para a irrigação, assunto não abordado no presente trabalho.

As terras classificadas como risco moderado a alto de salinização apresentam grandes diferenças nos aspectos geoambientais e de potencialidades de uso. Uma parte tem a mesma geologia e geomorfologia das terras da classe moderada, isto é, sedimentos de origem aluvial em terraços aluviais, porém os solos nessas terras apresentam maior impedimento a drenagem, condutividade elétrica e sodicidade mais elevadas, ocorrendo na associação de solos, até mesmo solos com maior risco de salinização, mas devido a escala do trabalho, não foi possível individualizar. O uso com agricultura irrigada desses solos pode conduzir a salinização. Outra unidade de paisagem que possui solos com a classe moderada a alta corresponde a geologia de sedimentos aluviais, formando terraços ou planícies. Nessa situação, os solos têm impedimento a drenagem, sendo na sua maioria mal drenados. São principalmente Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos com boa aptidão para culturas adaptadas a essa condição, como arroz irrigado e açaí, usos já observados de forma esparsa nessas terras, que também possuem pastagem de boa qualidade. E a terceira unidade de paisagem que se enquadrou na classe moderada a alta correspondem a sedimentos arenosos, muito permeáveis, de dunas e Neossolos Quartzarênicos com saturação relativamente elevada de sódio, mas baixa condutividade elétrica. Esses solos têm como vocação a extração de frutos como o caju (Anacardium occidentale), mas também são utilizados com pastagem, que não apresentam boa aptidão, levando a degradação dos solos e baixa capacidade de suporte.

A classe alta corresponde a duas unidades de paisagem distintas, uma parte corresponde a planícies muito mal drenadas, com sedimentos de origem aluvial argilosos ou de textura média, sendo solos com grande risco de acúmulo de sais pela forte restrição a drenagem, possuem pastagem, tanques de aquicultura e extração vegetal como o de açaí (*Euterpe oleracea*

Mart.). A outra correspondem a solos arenosos originários de sedimentos eólicos em cordões arenosos próximos ao litoral que recebem grande quantidade de sais, principalmente sódio. O uso mais comum dessas terras é com pastagem, não obtendo bom retorno econômico, devido a baixa qualidade da forragem e baixa biomassa, sendo o pastoreio um agente que conduz a degradação desses solos.

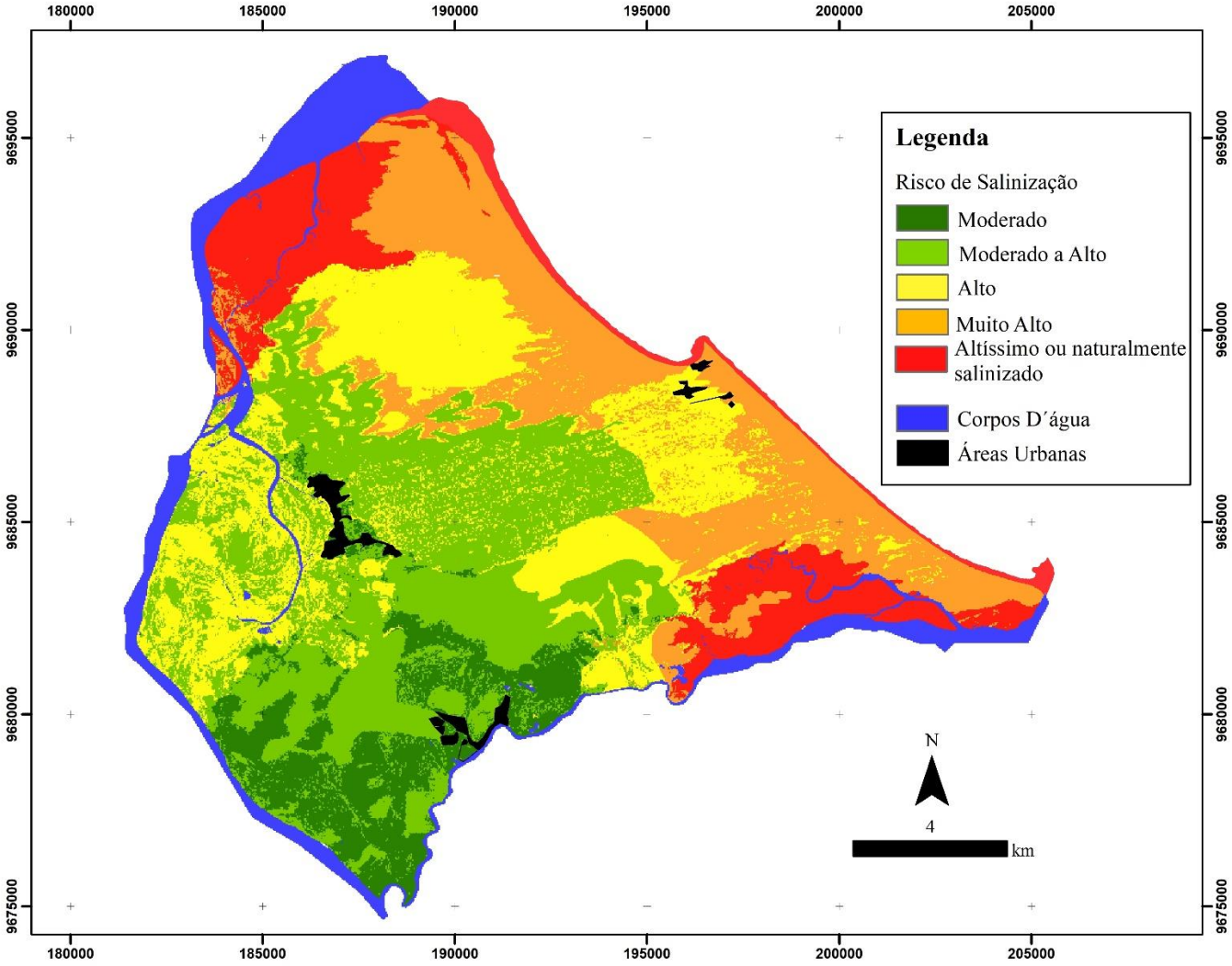


Figura 3 – Risco de salinização das terras do Delta do Parnaíba – Piauí.

A classe muito alta são terras semelhantes a essas, ainda mais próximas do litoral e com cobertura vegetal herbácea ou sem cobertura vegetal. Paisagem com beleza cênica e que podem ser utilizadas para o turismo.

A classe altíssimo risco ou naturalmente salinizado correspondem a planícies flúvio-marinhas, com Gleissolos Tiomórficos, ácidos, com elevada condutividade elétrica, muito mal drenados, formados por sedimentos finos e vegetação de mangue. Essas terras carecem de políticas públicas efetivas para a sua preservação, pois além de serem berçários naturais para várias espécies, são importantes para a extração do caranguejo-açu, a pesca, e com grande potencial de

estocagem de carbono, tanto nos solos como na vegetação, carbono conhecido como “blue carbon”. São áreas próximas ao mar e aos canais por onde entram as águas com maiores concentrações de sais das marés cheias. Além de praias e de bermas com alta saturação por sódio e formada por sedimentos arenosos.

CONCLUSÃO

A utilização do método multicritério aditivo foi adequada na modelagem do risco de salinização. E em aplicação com SIG foi possível ter a dimensão espacial dos solos salinizados ou com maior risco de salinização, que ocupam uma área superior a metade de todo o território estudado. Foi possível fazer relação do processo de salinização dos solos com as características geoambientais, e ainda fazer inferência ao uso do solo, seja para agricultura ou extrativismo. O mapa gerado pode auxiliar na gestão agroambiental da área estudada, pois áreas salinizadas e com maior risco podem ser direcionadas a preservação ambiental e produzir serviços ambientais, ao contrário de se tornarem áreas degradadas. As áreas com maiores riscos são próximas ao mar e aos canais fluviais, as terras mais distantes apresentam menor risco de salinização, o que se deve pela fonte marinha rica em sais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa, processo 443176/2014-0 e pela bolsa de produtividade e pesquisa nível 2 do primeiro autor. A CAPES e FAPEPI pela bolsa de estudos dos demais autores.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, J.G. 1975. Geografia Física do Piauí. Teresina: 2. ed. COMDEPI.

BERNARDI, H.V.F; DZEDZEJ, M. & CARVALHO, L.M.T. 2007. Classificação digital do uso do solo comparando os métodos “pixel a pixel” e orientada ao objeto em imagem QuickBird. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, SC. In: Anais... Florianópolis, SC, p. 5595-5602.

CABRAL, L.J.R.S. 2018. Levantamento Pedológico Da Planície Do Delta Do Parnaíba, PI. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí. Teresina.

CATÁLOGO-MMA. Disponível em: < http://geocatalogo. ibama. gov. br/> (acesso: 10-06-2016).

CLIMATEMPO. Disponível em: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/>. (acesso: 20-12-2018).

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2006. Mapa Geológico do Estado do Piauí: 2ª versão. Piauí. Teresina: CPRM. 1CD Rom. Escala 1:1.000.000

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. 1996. Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico. São José dos Campos: INPE. 25 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solo. 1995. Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos – Humberto Gonçalves dos Santos – Brasília: EMBRAPA –SPI.

FAN, X.M.; LIU, G.H.; TANG, Z.P. & SHU, L.C. 2010. Analysis on main contributors influencing soil salinization of Yellow River Delta. Journal of Soil and Water Conservation, 24: 139-144.

FLORENZANO, T.G. 2011. Iniciação em sensoriamento remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos.

FROTA, J.C.O. 2017. Potencial de Expansão Urbana na Planície Costeira do Estado do Piauí. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí. Teresina.

FUNDAÇÃO CEPRO. 1996. Macrozoneamento Costeiro do Estado do Piaui: Relatório Geoambiental e Socioeconômico. Teresina: [S.e].

GARCIA, J.M.P.; XAVIER-DA-SILVA, J.; GOES, M.H.B. & DIAS, J.E. 2006. Avaliação ambiental por geoprocessamento para delimitação e classificação de áreas de susceptibilidade a movimentos de massa na região de Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro. Caminhos da Geografia (UFU. Online), 17: 199-209.

GOMES, E.G. & ESTELLITA LINS, M.P. 2002. Integrating Geographical Information Systems and Multi-criteria Methods: a case study. Annals of Operations Research, 116: 243-269.

GORAYEB, P.S. & LIMA, A.M.M. 2018. Aspectos texturais do magmatismo e tramas da tectônica impostas ao Granito Chaval na Zona de Cisalhamento Santa Rosa, extremo Noroeste da Província Borborema. Brazilian Journal of Geology, 44: 653-668.

IBGE. 2013. Instituto de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra, 3ª ed., 171 p.

INMET. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento de Meteorologia. 1992. Normais Climatológicas (1961– 1990). Brasília, DF.

JIE, C.; JING-ZHANG, C.; MAN-ZHI, T. & ZI-TONG, G. 2002. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. Journal of Geographical Sciences, 12: 243-252.

MEIRELLES, M.S.P.; MOREIRA, F.R. & CAMARA, G. 2007. Técnicas de inferência espacial. In: MEIRELLES, M.S.P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C.M. (ed.). Geomática. Modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 105-190.

MOTA, L.H.O.; GOMES, A.S.; VALLADARES, G.S.; MAGALHÃES, R.M.F.; LEITE, H.M.F. & SILVA, T.A. 2010. Risco de salinização das terras do baixo Acaraú (CE). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36: 1203-1209.

PFALTZGRAFF, P.A. dos S. Geodiversidade do Piauí: programa geologia do Brasil. Levantamento da geodiversidade. Recife: CPRM, 2010.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 1995.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; & CUNHA, T. 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa.

SANTOS, R. D.; et al. 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100 p.

SCHOBBENHAUS, C.; SILVA, C.R. 2010. O papel indutor do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques. Brasília: CPRM–Serviço Geológico do Brasil.

SILVA, A.G.A. 2015. The parnaíba river delta - from modern hydro and morphodynamics to sea level change. Dissertation : Zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

SILVA, A.G.A.; STATTEGGER, K.; SCHWARZER, K.; VITAL, H. & HEISE, B. 2015. The Influence of Climatic Variations on River Delta Hydrodynamics and Morphodynamics in the Parnaíba Delta, Brazil. Journal of Coastal Research, 31: 930-940.

SUGUIO, K. 2000. A importância da geomorfologia em geociências e áreas afins. Revista Brasileira de Geomorfologia, 1: 80-87.

SOUSA, R.S. & VALLADARES, G.S. 2016. Mapeamento das unidades de paisagem da Planície Costeira do estado do Piauí. In: SCABELLO, Andrea Lourdes Monteiro; SILVA, Cleonice Carvalho; ANDRADE, Maria do Socorro P. Sousa; ARAÚJO, Raimundo Lenilde de. Geografia em debate. Teresina : EDUFPI, 2016.

SOUSA,, R.S.; VALLADARES,, G.S. & AQUINO,, R.P. 2014. Mapeamento das Unidades

Geomorfológicas Da Planície Costeira Do Estado Do Piauí. Revista Geonorte, 5: 110 - 114.

SZCZYGIELSKI, A.; STATTEGGER, K.; SCHWARZER, K.; DA SILVA, A. G. A.; VITAL, H. & KOENIG, J. 2015. Evolution of the Parnaíba Delta (NE Brazil) during the late Holocene. Geo-Marine Letters, 35:105-117.

SVYVITSKI, J.P.M.; KETTNER, A.J.; OVEREEM, I.; HUTTON, E.W.H.; HANNON, M.T.; BRAKENRIDGE, G.R.; DAY, J.; VOROSMARTY, C.; SAITO, Y.; GIOSAN, L. & NICHOLLS, R.J. 2009. Sinking deltas due to human activities. Nature Geosciense. 2, 681–686.

VALLADARES, G.S. & FARIA, A.L.L. 2004. SIG na análise do risco de salinização na Bacia do Rio Coruripe, AL. Engevista, 6: 86-98.

WORLDBANK. 2009. World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography. Washington.

XAVIER DA SILVA, J. 2001. Geoprocessamento para Análise Ambiental. Rio de Janeiro: [S.e.].

Capítulo 27

Padrões de distribuição de associações de macroinvertebrados bentónicos em pequenos estuários da costa portuguesa - terão utilidade na gestão costeira?

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EM PEQUENOS ESTUÁRIOS DA COSTA PORTUGUESA - TERÃO UTILIDADE NA GESTÃO COSTEIRA?

Inês Cardoso[1], Henrique N. Cabral[1] & Luís Cancela da Fonseca[2,3]

[1] MARE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal, ipcardoso@fc.ul.pt, hncabral@fc.ul.pt
[2] Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal, lfonseca@ualg.pt
[3] MARE, Laboratório Marítimo da Guia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Av. Nossa Senhora. do Cabo, 939, 2750-374, Cascais, Portugal, lcfonseca@fc.ul.pt.

RESUMO

As comunidades de macroinvertebrados bentónicos são altamente variáveis, mesmo em pequenas escalas espaciais, mas desempenham um papel fundamental em ambientes estuarino-lagunares na: i) sua elevada produtividade; ii) implementação de planos de monitorização; iii) aplicação de ferramentas de avaliação da qualidade ecológica. A compreensão dos respectivos padrões de distribuição é relevante para diferenciar a variabilidade natural, dos padrões induzidos por impactos antrópicos. Estas comunidades foram estudadas em cinco pequenos estuários do sul e sudoeste português, para perceber, entre e dentro dos sistemas, a influência de características ambientais na respectiva estrutura. O conhecimento dos padrões de distribuição em cada sistema é determinante para: i) quantificar factores concretos de impacto; ii) mitigar o risco de perda do seu valor ecológico e funcional; iii) futuras comparações entre sistemas, iv) quantificar a sua vulnerabilidade. Os cinco sistemas mostraram composições distintas das comunidades bentónicas, com a dominância de espécies diferentes entre eles. Numa escala mais ampla (entre sistemas), os componentes dos sedimentos explicam as principais diferenças nessas comunidades. Dentro dos sistemas, os padrões não podem ser atribuídos à heterogeneidade dos sedimentos. Além disso, a sazonalidade, um proxy da salinidade, não teve o mesmo impacto em sistemas equivalentes, subjacente à complexidade de fatores que podem atuar em pequenas escalas em sistemas de reduzidas dimensões. Para fins de monitorização, concluiu-se que a análise da comunidade não deve descartar a composição especifica, pois esta pode fornecer informações fundamentais sobre as características do sistema quando os dados disponíveis são escassos. Concluiu-se igualmente neste contexto, que: i) os procedimentos de amostragem devem cobrir não só a heterogeneidade do sistema (não apenas por amostragem ao longo de gradientes estuarinos), mas também abarcar a variação sazonal que pode ser de grande importância para alguns pequenos estuários; ii). as associações de macroinvertebrados bentónicos, usualmente consideradas como bons indicadores do estado ambiental em sistemas estuarinos, só terão utilidade na gestão costeira se combinados com outros indicadores relativos às actividades antrópicas, avaliando os respectivos impactos. Toda esta informação poderá interessar autoridades e "stakeholders" em termos de gestão e conservação.

Palavras-chave: Variabilidade natural; Impactos antrópicos; Macrozoobentos; Costa sul de Portugal

DISTRIBUTION PATTERNS OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES ASSEMBLAGES IN SMALL ESTUARIES OF THE PORTUGUESE COAST - WILL IT BE USEFUL IN COASTAL MANAGEMENT?

ABSTRACT

Benthic macroinvertebrate communities are highly variable, but play a key role in estuarine and lagoonal environments, even at small spatial scales, related to: i) their high productivity; ii) implementation of monitoring plans; iii) application of ecological quality assessment tools. The understanding of benthos distribution patterns is relevant to discriminate their natural variability from that induced by anthropic impacts. These communities were studied in five small estuaries from the Portuguese south and south-west coasts, in order to perceive the influence of environmental characteristics in their structure. Knowledge of distribution patterns in each system is essential for: i) quantifying tangible impact factors; ii) mitigate the risk of ecological and functional value's loss; iii) future comparisons between systems; iv) quantify their vulnerability. The five systems' benthic communities showed distinct compositions, with the dominance of different species among them. On a larger scale (between systems), sediment parameters explain the major differences between these communities. Within systems, patterns cannot be attributed to sediment heterogeneity. Moreover, seasonality, a salinity proxy, did not have the same impact on equivalent systems, viewing the complexity of factors that can act on small scales in small-sized systems. For monitoring purposes, it was concluded that community analysis should not discard the specific composition as it can provide fundamental information about the characteristics of the system when other available data are scarce. It was also concluded in this context that: i) sampling procedures should cover not only the heterogeneity of the system (not only by sampling along estuarine gradients) but also cover the seasonal variation which may be of great importance for some small estuaries; ii) associations of benthic macroinvertebrates, usually considered as good indicators of the environmental state in estuarine systems, will only be useful in coastal management if pooled with other indicators related to anthropic activities, evaluating the respective impacts. All this information may interest authorities and stakeholders in what concerns management and conservation.

Key-words: Small estuaries, benthic communities, patterns of distribution, Portuguese south coast.

INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados bentónicos desempenham um papel fundamental em ambientes estuarinos, pois são parcialmente responsáveis pela sua elevada produtividade biológica (ROSENBERG, 2001; MERMILLOD-BLONDIN et al., 2003; DOI et al., 2005). Além da indiscutível relevância ecológica dessas comunidades, elas são frequentemente utilizadas na avaliação da qualidade ambiental de sistemas costeiros (CHAINHO et al., 2008; PINTO et al., 2009; BORJA & TUNBERG, 2011). No entanto, para a implementação de planos de monitorização e aplicação de ferramentas de avaliação da qualidade ecológica, o conhecimento dos padrões de distribuição das associações de macroinvertebrados é de grande utilidade para a diferenciação adequada entre a variabilidade natural e a que resulta dos impactos antrópicos (HIRST & KILPATRICK, 2007). Na realidade, as comunidades bentónicas são altamente variáveis, mesmo em pequenas escalas espaciais, uma vez que são influenciadas pela dinâmica e heterogeneidade das condições ambientais (MORRISEY et al., 1992; EDGAR & BARRETT, 2002; HIRST & KILPATRICK, 2007).

Além da distribuição aleatória destas associações (MORRISEY et al., 1992), diversos forçadores ambientais, como a granulometria, influenciam de forma significativa a estruturação espacial das comunidades macrobênticas estuarinas (ANDERSON et al., 2004). Embora a selecção de um conjunto restrito de factores ambientais responsáveis pela distribuição

dos organismos bentónicos seja ainda objecto de controvérsia (LINDEGARTH & HOSKIN, 2001; EDGAR & BARRETT, 2002; THRUSH et al., 2005), diversas variáveis são de reconhecida relevância, tais como: granulometria (TESKE & WOOLDRIDGE, 2003; YSEBAERT et al., 2003; ANDERSON et al., 2004; HIRST & KILPATRICK, 2007; ANDERSON, 2008), teor de matéria orgânica no sedimento (MAGNI et al., 2009), salinidade média (ATTRILL, 2002; TESKE & WOOLDRIDGE, 2003; GIBERTO et al., 2004) e variabilidade hidrodinâmica (THRUSH et al., 2005).

O conhecimento dos padrões de distribuição num dado estuário é fundamental para futuras comparações entre estuários (HIRST & KILPATRICK, 2007). Esses padrões devem refletir a resposta da comunidade ao ambiente e, porque podem ser influenciados pelas escalas de observação, várias escalas temporais e espaciais devem ser consideradas para reduzir a potencial incompatibilidade entre observações e heterogeneidade natural (LEVIN, 1992; DAUVIN & RUELLET, 2009). É igualmente fundamental reconhecer que o Homem e as suas respectivas actividades são uma parte integrante, tanto da paisagem como do ecossistema, sob pena de se tornar impraticável o desenvolvimento de planos futuros, tendo em vista quer a gestão, quer a reabilitação/restauração e conservação dos ecossistemas estuarinos (FAIRWEATHER, 1999; WEINSTEIN, 2008; DUARTE et al., 2015). Assim, tal conhecimento é determinante para: i) quantificar factores concretos de impacto; ii) a mitigação do risco de perda do seu valor ecológico e funcional; iii) futuras comparações entre sistemas e quantificar a sua vulnerabilidade; iv) perspectivar futuros cenários de gestão e conservação.

Nos pequenos estuários, com barras de comunicação com o mar de reduzidas dimensões e com influxos de água doce dependentes principalmente do regime de chuvas, são esperadas grandes oscilações no ambiente físico (FIDALGO E COSTA et al., 2002; RIDDIN & ADAMS, 2008). O desenvolvimento de cordões de areia pode impedir, sazonalmente, essa ligação ao mar e só a abertura artificial de canais de comunicação com o ambiente marinho, poderá permitir a renovação dos elementos halófitos, minorando os irregulares processos de abertura natural, os quais são estritamente dependentes das condições ambientais (HEYDORN & TINLEY, 1980). Essas flutuações naturais e o seu impacto nas associações de organismos bentónicos fazem-se sentir em diversas escalas espaciais e temporais. Além disso, os gradientes ambientais não são, frequentemente, tão bem estruturados como em sistemas de maiores dimensões (POTTER et al., 2010). Em pequenos estuários, fluxos torrenciais pontuais, deposição de sedimentos ou inversões do gradiente de salinidade podem ter um impacto importante no estabelecimento das comunidades bentónicas. Apesar da conhecida influência das características ambientais nessas comunidades, a sua importância em sistemas muito pequenos ainda necessita de ser esclarecida. Devido à reduzida dimensão de tais sistemas, nos quais a natureza e dinâmica das barras, os processos hidrológicos e o transporte de sedimento estão estreitamente interligados (HEYDORN & TINLEY, 1980; FIDALGO E COSTA et al., 2002, COSTA et al., 2009), as comunidades bentónicas serão provavelmente estruturadas e distribuídas em função de uma sucessão de eventos a longo prazo, alguns deles assumindo facilmente proporções catastróficas.

Face às necessidades atuais de programas de monitorização adequados e da subjacente escolha de sistemas de referência, a pertinência deste estudo baseou-se numa questão principal: será o ambiente sedimentar um fator determinante para a análise de

comunidades bentónicas em sistemas estuarinos pequenos?

A costa sudoeste portuguesa, com vários sistemas estuarinos pequenos, tem um importante papel ecológico no ciclo de vida de várias espécies costeiras (SILVA E COSTA et al., 1983; MAGALHÃES et al., 1987; CARDOSO et al., 2011). No entanto, é ainda escasso o conhecimento sobre tais sistemas e as comunidades bentónicas que os habitam.

Neste trabalho, estudaram-se comunidades bentónicas em cinco pequenos sistemas estuarinos das costas sul e sudoeste portuguesas, para perceber o modo como as principais características ambientais acima mencionadas as estruturam.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Cinco pequenos sistemas estuarinos localizados na costa portuguesa foram amostrados: Mira, Odeceixe e Aljezur (na costa sudoeste), Gilão e Bensafrim (na costa sul) (Fig.1).

O estuário de Mira está localizado na área do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV), sendo considerado o estuário menos impactado da costa portuguesa, quando comparado com os de maiores dimensões (VASCONCELOS et al., 2007). Com 30 km de comprimento e 100 m de largura na desembocadura, é o maior dos sistemas considerados neste estudo, com um caudal médio de 2,9m^3s^{-1}. Os estuários de Odeceixe e Aljezur, também incluídos na PNSACV, têm, respectivamente, 6 km e 7 km de comprimento e caudais médios de 2,84m^3s^{-1} e 0,97m^3s^{-1} ambos têm desembocaduras 50 m de largura. Estes dois sistemas estão localizados em áreas com pequenas aldeias, com um baixo número de habitantes, mas com uma procura turística de veraneio cada vez mais acentuada. Os dois últimos estuários, Bensafrim e Gilão, têm 4 km e 6 km de comprimento, com barras artificializadas de 65 e 150 m de largura e um caudal médio de 0,25 m^3s^{-1} e 1,29 m^3s^{-1}, respectivamente; estão localizados perto de

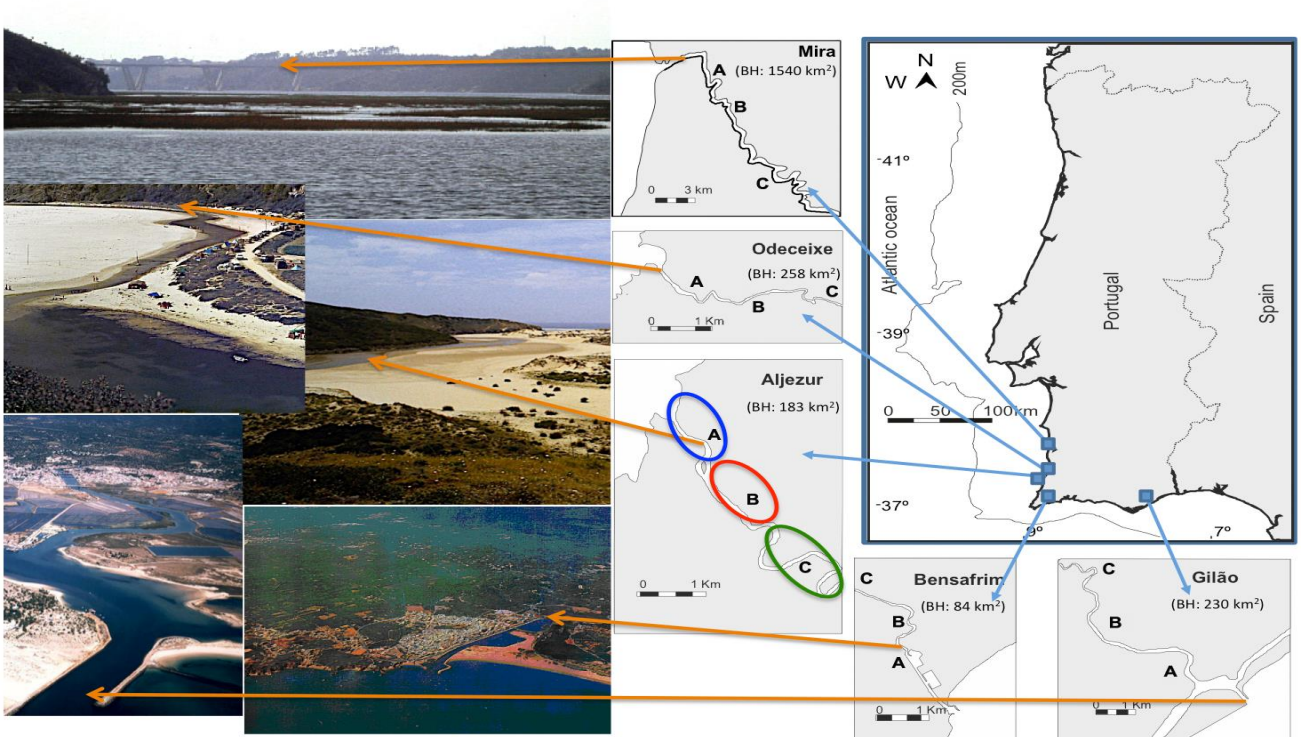


Figura 1. Sistemas estuarinos estudados: Mira, Odeceixe, Aljezur, Bensafrim e Gilão. A, B e C representam os setores amostrados em cada estuário

cidades (Lagos e Tavira), em áreas onde o turismo é a principal atividade económica, com flutuações populacionais sazonais elevadas e cargas de efluentes desconhecidas. A parte terminal do Gilão está incluída num parque natural (Parque Natural da Ria Formosa - PNRF).

As escorrências dos rios são principalmente torrenciais em todos os estuários, diretamente dependentes da precipitação e com influência nas variações espaciais e temporais dos respetivos valores de salinidade (FIDALGO E COSTA et al., 2002; VASCONCELOS et al., 2007; COSTA et al., 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e procedimento laboratorial

Para atingir os objetivos do presente estudo, a variabilidade pontual das características ambientais foi descartada. Na ausência de dados prévios consistentes que permitissem compreender a variação entre sistemas, escolhemos uma metodologia de amostragem que representasse quer a faixa de salinidade potencial, quer a composição sedimentar desses sistemas, para todos eles e em várias escalas temporais e espaciais. Durante o inverno (janeiro) e verão (junho) de 2010 foram recolhidas amostras dos povoamentos bentónicos. Definiram-se, para cada sistema, três sectores equivalentes de modo a incluir toda a faixa potencial de maré e gama de salinidades: sector A, próximo à foz do estuário; sector B, intermediário e sector C, na parte superior do estuário, com menor influência marinha (cf. CANCELA DA FONSECA et al., 2009 para Odeceixe e Aljezur). Com excepção do estuário do Mira, o limite a montante do sector C foi definido principalmente pela sua navegabilidade (Fig. 1).

Em cada sector, a macrofauna bentônica foi amostrada com uma draga tipo Van Veen modificada (modelo Sousa Reis/LMG, SOUSA REIS et al., 1985) com uma área de ataque de 0,05 m2. Foram recolhidas 3 sub-amostras (0,15 m2), próximas umas das outras para minimizar a variabilidade inter-amostras devido à distribuição irregular das comunidades bentónicas. Após a colheita, as amostras de sedimento foram crivadas no local (crivos de malha quadrada com 0,5 mm de lado), preservadas em álcool (70º) e coradas com Rosa de Bengala. No laboratório, procedeu-se à triagem do material biológico e os organismos assim obtidos foram identificados, sempre que possível, até ao nível específico e contados.

O estudo da granulometria e a determinação do teor de matéria orgânica no ambiente sedimentar foi efetuado em amostras adicionais recolhidas durante os períodos de amostragem das comunidades bentónicas por sector e em cada um dos estuários. A essas amostras foram, no entanto, adicionados mais dois eventos amostrais a fim de maximizar o número de repetições e superar a variabilidade potencial atribuída a acontecimentos pontuais. Os sedimentos foram secos numa estufa a 60ºC até atingir peso constante. O teor de matéria orgânica foi determinado pela perda por ignição (4h numa mufla a 500ºC). Para a análise granulométrica foram separadas as fracções menores (silte e argila) e maiores (areias e cascalho) que 0,063 mm. Esta separação foi feita com um crivo de 0,063 mm de malha, por via húmida, e cada uma das fracções foi, posteriormente, seca e pesada. A separação desta última fracção foi realizada, após a secagem, com base numa série de crivos de diferentes tamanhos de malha segundo a escala de Wentworth (BULLER & McMANUS, 1979). Cada fracção retida em cada um dos crivos foi pesada e expressa em percentagem do peso total do sedimento obtendo-se sete fracções: silte+argila, fracção obtida por via húmida (< 0,063 mm), areia muito fina (0,063 - 0,125 mm), areia fina (0,125 - 0,250 mm), areia média (0,250 - 0,500 mm), areia grosseira (0,500 - 1,000 mm), areia muito grosseira (1,000 – 2,000 mm) e cascalho (> 2,000 mm).

Análise de dados

A riqueza de espécies, os índices de diversidade e equitabilidade de Shannon-Wiener, Simpson e Pielou (MAGURRAN, 2004) foram calculados para cada sistema e estações do ano dentro dos sistemas. A diversificação de habitat também foi calculada com base no índice de Shannon-Wiener para componentes dos sedimentos.

As diferenças na distribuição espacial das comunidades dentro e entre os estuários foram testadas usando uma Análise de Permuta Multivariada de Variância (PERMANOVA), utilizando matrizes de distância como em McARDLE & ANDERSON (2001), sendo as variáveis de agrupamento: estuário, estação do ano e sector estuarino (dentro de cada sistema). Os testes foram baseados em dissimilaridades de Bray-Curtis, calculadas entre observações para dados de macrofauna transformados (raiz quadrada). Os dados dos replicados foram utilizados em vez das médias de abundância das espécies. Para esta análise foi utilizado o software R versão 2.13.0 (função *adonis* do pacote *vegan*).

As relações entre as comunidades de macroinvertebrados estuarinos e as características dos sedimentos foram examinadas usando a correlação canónica de coordenadas principais com a dissimilaridade de Bray-Curtis (análise CAP: ANDERSON et al., 2004; ANDERSON & WILLIS, 2003). Habitat e diversidade de espécies também foram incluídos. Para esta análise, utilizaram-se os valores médios das abundâncias transformados pela raiz quadrada. Esta análise também foi aplicada aos replicados das abundâncias para pesquisar diferenças significativas entre as comunidades bentónicas em cada estuário, entre as estações do ano e entre os sectores amostrados. Para esta análise foi utilizado o software R versão 2.13.0 (função *capscale* do pacote *vegan*).

RESULTADOS

O estuário de Mira foi caracterizado por uma gama de sedimentos mais finos e é o sistema com maior percentagem de matéria orgânica. As fracções silto-argilosas dominaram em todos os sectores. Entre sectores, as diferenças ocorreram principalmente entre A e C, com ausência de cascalho em A e areia fina em C (Fig. 2). O estuário de Odeceixe foi caracterizado por uma percentagem importante das fracções de areia média e silto-argilosa, com diferenças entre os sectores resultantes, principalmente da maior contribuição de areia grosseira e cascalho no sector C. No estuário de Aljezur, com componentes sedimentares semelhantes, o sector C também se diferenciou pela maior contribuição de cascalho e areias muito grosseiras (Fig. 2).

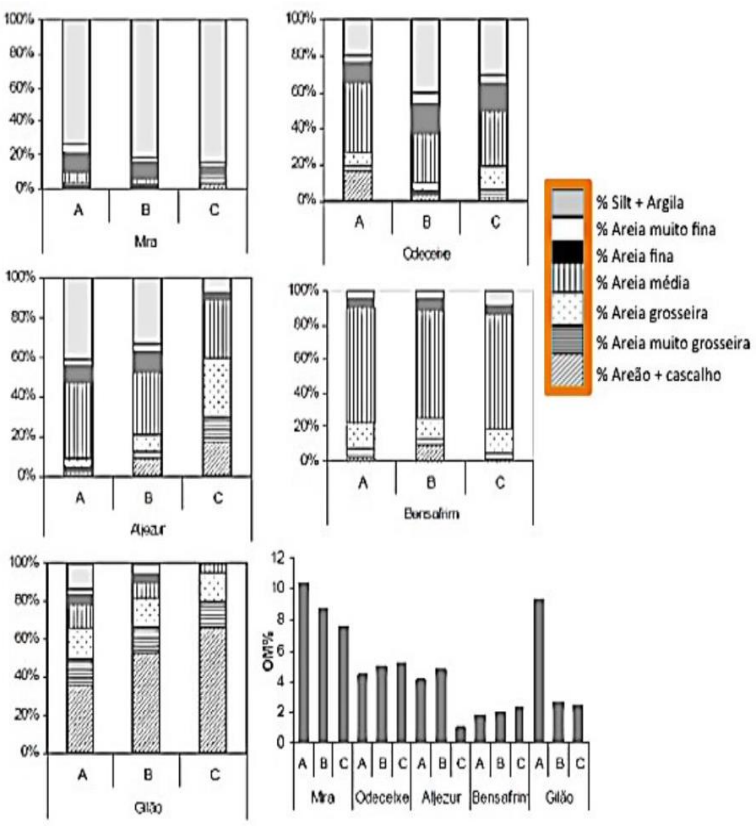


Figura 2. Composição granulométrica e teor de matéria orgânica do sedimento para os sectores amostrados, nos cinco estuários estudados.

No estuário de Bensafrim, caracterizado fundamentalmente por areias médias, o sector C diferenciou-se por apresentar maiores percentagem silto-argilosa e teor de matéria orgânica (Fig. 2). Por fim, o estuário do Gilão foi caracterizado por areias grosseiras, sendo a maior contribuição de areias médias e finas nos sectores A e B responsáveis pelas diferenças entre sectores. O sector A foi também o que apresentou maior enriquecimento em matéria orgânica (Fig. 2). Nas colheitas efectuadas recolheu-se um total de 19000 indivíduos repartidos por 79 taxa. Nas duas épocas amostradas, o estuário do Gilão foi o que apresentou maior diversidade, com 38 *taxa*, seguido do Mira com 28. Nos estuários de Aljezur e Bensafrim foram recolhidos 21 *taxa* e em Odeceixe 27 (Tabela I).

Tabela I- Lista de taxa (valores médios de densidade por 1 m^2) nos estuários de Mira, Odeceixe, Aljezur, Bensafrim e Gilão. Valores para riqueza total de espécies (S), índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Simpson (1-lambda), e equitabilidade de Pielou (J')

Abreviatura	*Taxa*	Mira		Odeceixe		Aljezur		Bensafrim		Gilão	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Cnid	**Cnidaria**	2									
Nema	**Nematoda**		2					17			
Polyc	**Polychaeta**										
Aromi	*Alkmaria romijni*	0	11		56		24		79		2
Ccapi	*Capitella capitata*	15			139	53	29	58	51	195	431
Capi	Capitellidae	47						4		37	
Hfili	*Heteromastus filiformis*	172	82		4						2
Spio	Spionidae n.id.	33									
Peleg	*Pygospio elegans*	22		136	20	90		88		9	
Sshru	*Streblospio shrubsolii*	36	38	172	56		47	4	2720		342
Poly	*Polydora* sp.								2		
Hdive	*Hediste diversicolor*	18	16	45	162	397	89	18	511	157	109
Nhomb	*Nephtys hombergi*	108	193								
Neph	Nephtyidae	2								3	
Gconv	*Glycera tridactyla*		7								
Galba	*Glycera alba*									3	
Meli	*Melinna* sp.	6									
Amag	*Amage* sp.	2									
Aadsp	*Amage adspersa*	22									
Eteo	*Eteone* sp.					1					
Epict	*Mysta cf picta*								2		
Mpapi	*Magelona papillicornis*							18			
Neos	*Neosabellides* sp.	133				193				5	

Abreviatura	Taxa	Mira		Odeceixe		Aljezur		Bensafrim		Gilão	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Cirr	Cirratulidae									4	
Onup	*Onuphis* sp.									1	
Ofusi	*Owenia fusiformis*									4	
Amph	Ampharetidae									8	
Fenig	*Ficopomatus enigmaticus*										4
Mpapi	*Magelona papillicornis*									1	
Tmari	*Aphelochaeta marioni*									13	
Scol	*Scolelepis* sp.									15	
Chon	*Chone* sp.									1	
Olig	**Oligochaeta**		11		76		53	861	504	39	
Sipu	**Sipuncula**		4								
Crus	**Crustacea**			3							
Corie	*Corophium orientale*			11		308	7			17	
Cvolu	*Corophium volutator*	13									
Gchev	*Gammarus chevreuxi*			3		20				3	
Gamm	Gammaridae										9
Gamma	*Gammaropsis* sp.	25									
Lpilo	*Leptocheirus pilosus*										2
Mpalm	*Melita palmata*										582
Melit	Melitidae									3	0
Mgryl	*Microdeutopus gryllotalpa*										4
Hoers	*Heterotanais oerstedii*				1				20		13
Ccari	*Cyathura carinata*	58	124	763	873	87	564	75	1349	76	1058
Pform	*Paragnathia formica*				3		7		2		
Gnat	Gnathiidae					10	2				
Lhook	*Lekanesphaera hookeri*			2		46	58			68	
Peleg	*Palaemon elegans*							15			
Upog	Upogebiidae									1	
Cmaen	*Cyathura carinata*			4	2		2			3	
Cope	**Copepoda**	2									2
Ostr	**Ostracoda**				2				4		
Molu	**Mollusca**										
Hulva	*Peringia ulvae*		342	507	469	3	13	1508	2357	27	218
Vvent	*Ecrobia ventrosa*			2		348	18			11	102
Hacut	*Hydrobia acuta*				11				4		
Rtrun	*Retusa truncatula*		16								

Abreviatura	*Taxa*	Mira		Odeceixe		Aljezur		Bensafrim		Gilão	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Tell	*Tellina* sp.				2						
Tdona	*Moerella donacina*					1					
Vene	Veneridae				9						
Rdecu	*Ruditapes decussatus*									1	
Pseu	*Pseudopythina* sp.									1	
Aabra	*Abra alba*			13							
Atorn	*Acteon tornatillis*									7	
Cera	*Cerastoderma* sp.								63		
Cglau	*Cerastoderma glaucum*	14	67		33						
Cedul	*Cerastoderme edule*			3	11						7
Card	Cardiidae				7						
Seme	Semelidae						2				
Splan	*Scrobicularia plana*	2	89	14	28	4		39	182	2	
Bryo	**Bryozoa**										
Mmemb	*Membranipora membranacea*										2
Phor	**Phoronida**					28				4	
Neme	**Nemertina**									2	
Inse	**Insecta**		53		1			13		13	78
Quir	Quironomidae										2
	S	20	15	14	21	15	14	13	15	32	19
	H'	2.35	2.07	1.43	1.76	1.99	1.48	1.22	1.62	2.41	1.85
	1-lambda	0.87	0.83	0.68	0.73	0.83	0.6	0.59	0.75	0.86	0.79
	J'	0.79	0.76	0.54	0.58	0.73	0.56	0.48	0.6	0.69	0.63

As comunidades de macrozoobentos do estuário de Mira, com os valores de equitabilidade mais elevados, foram dominadas pela classe Polychaeta, representada por 15 espécies, com predomínio do capitelídeo *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864) (Tabela I). Nas do estuário de Odeceixe, com os menores valores de equitabilidade, as espécies dominantes foram, nas duas épocas de amostragem, o crustáceo *Cyathura carinata* (Kroyer, 1847) e o gastrópode *Peringia ulvae* (Pennant, 1777) (Tabela I).

No estuário de Aljezur o macrozoobentos foi dominado, no inverno, pelos poliquetas *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776) e *Neosabellides* sp., pelo crustáceo *Corophium orientale* Scheellenberg, 1923 e pelo gastrópode *Ecrobia ventrosa* (Montagu, 1803). O verão, com uma diminuição substancial na abundância das espécies, foi caracterizado por maiores densidades de *Cyathura carinata* (Tabela I).

Em Bensafrim, os povoamentos bentónicos caracterizaram-se pela dominância do poliqueta *Streblospio shrubsolii* (Buchanan, 1890) e *Cyathura carinata* durante o verão, e densidades elevadas de *Peringia ulvae* nos dois períodos de amostragem (Tabela I). O estuário do rio Gilão foi caracterizado, em

ambas as estações de amostragem, pelo capitelídeo *Capitella capitata* (Fabricius, 1780) e pelas densidades elevadas dos crustáceos *Melita palmata* (Montagu, 1804) e *Cyathura carinata*, durante o verão.

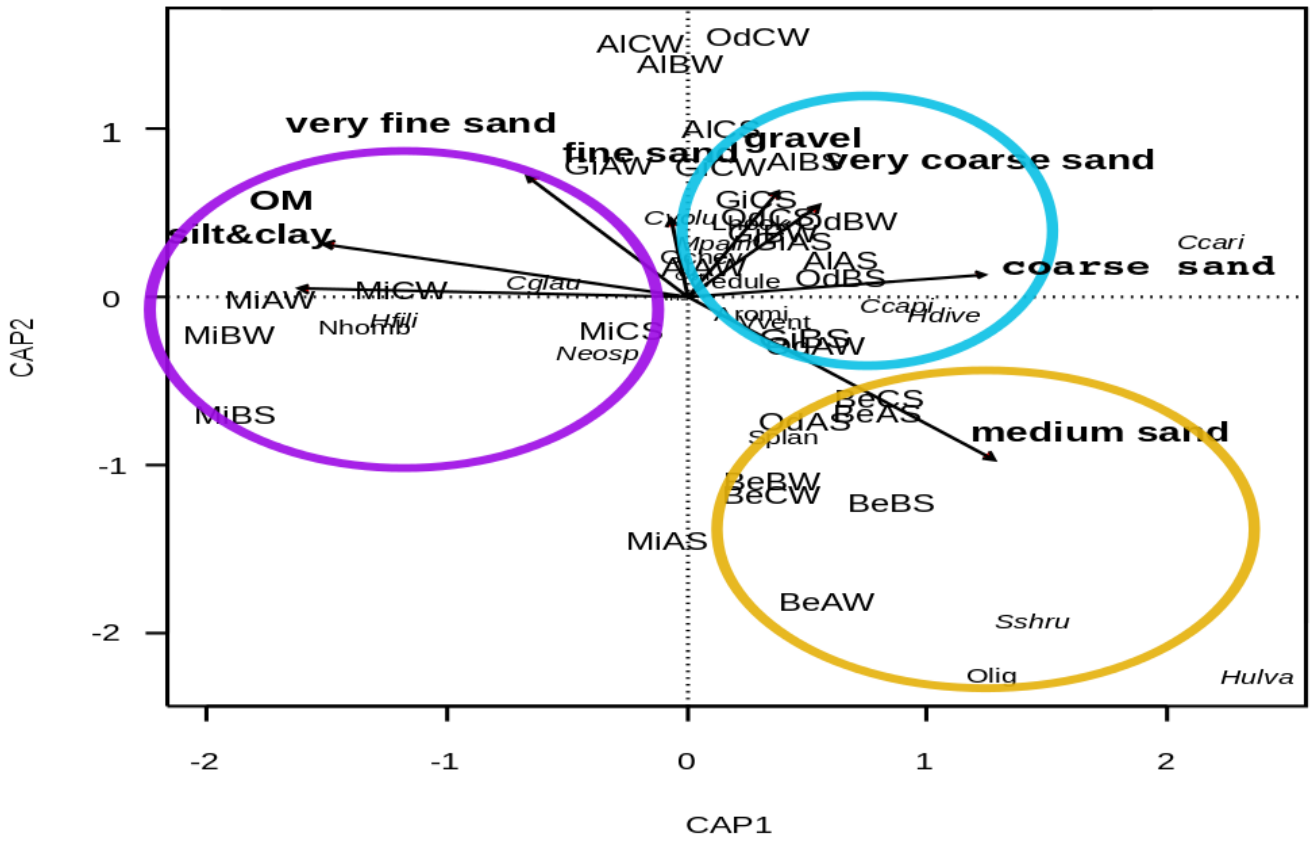


Figura. 3. Análise CAP para a correlação entre associações de macroinvertebrados estuarinos e características de sedimentos. Os estuários são indicados pelas duas primeiras letras: Mi (Mira), Od (Odeceixe), Al (Aljezur), Be (Bensafrim), Gi (Gilão). As estações do ano são abreviadas pela primeira letra: Inverno (W), Verão (S). A diversidade de Shannon-Wiener (H') e a diversidade de habitats também estão incluídas nesta análise. Abreviaturas das espécies como na Tabela I

Os resultados da PERMANOVA permitiram distinguir comunidades entre sistemas ($F = 6,49$, $p < 0,001$). A correlação canónica das coordenadas principais (CAP) permitiu explicar essas diferenças pelos parâmetros do sedimento e diversidade considerados, com 60% da variância total explicada pelas duas primeiras componentes (Fig. 3). No estuário do Mira, com sedimentos mais finos e conteúdo de matéria orgânica elevado, as comunidades apresentaram uma maior diversidade de pequenos poliquetas (Fig. 3). Nos estuários de Odeceixe e Aljezur, caracterizados pela presença de todas as frações sedimentares, mas com uma forte contribuição de silte e argila e de areia média, verificou-se uma maior diversidade e abundância de pequenos crustáceos. Em Bensafrim, quase exclusivamente caracterizado por areias médias, os povoamentos diferenciaram-se dos demais, principalmente, devido ao predomínio de *Streblospio shrubsolii* e de *Peringia ulvae*. Nos sistemas estudados, não foi possível relacionar as diversidades de espécies com a

diversidade de habitats em termos das componentes sedimentares (Fig. 3).

A PERMANOVA hierarquizada permitiu distinguir associações de macroinvertebrados dentro dos sistemas, entre períodos e sectores ($F = 7,42$ e $F = 2,63$, respectivamente, $p < 0,001$). A análise CAP confirmou que esses dois fatores têm importância relativa diferente em todos os sistemas, com exceção de Bensafrim, onde sectores e sazonalidade não foram significativamente diferentes (Fig. 4d). No Mira, as associações de macroinvertebrados permitiram diferenciar melhor os sectores durante o verão (Fig. 4a). Em Odeceixe, a diferenciação entre setores prevaleceu sobre a sazonalidade (Fig. 4b). Em Aljezur e Gilão, a diferenciação entre setores foi mais pronunciada durante o inverno. (Fig. 4c, e).

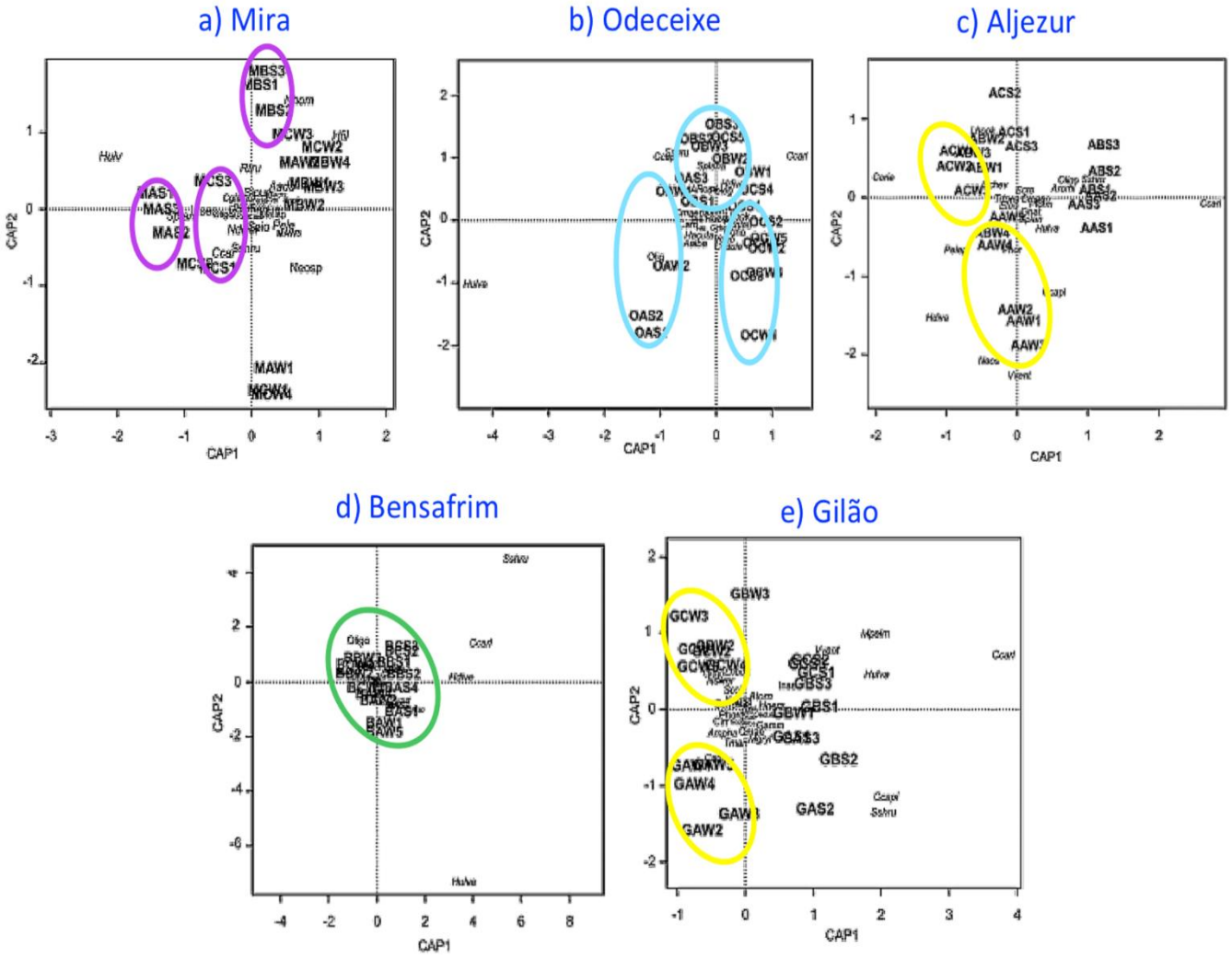


Figura 4. Análise CAP para distribuição das comunidades de macroinvertebrados por estuário, sectores (A, B e C) e época de amostragem (Inverno - W, Verão - S: a) Mira (M), b) Odeceixe (O), c) Aljezur (A), d) Bensafrim (B), e) Gilão (G). Abreviaturas das espécies como na Tabela I

DISCUSSÃO

Neste estudo, tentou fazer-se a cobertura das características mais importantes que influenciam os padrões de distribuição das comunidades de macroinvertebrados. Os sedimentos foram caracterizados pela granulometria e teor de matéria orgânica; a salinidade foi um factor indirecto cujos gradientes de distribuição dentro de cada sistema foram considerados, com o estabelecimento de três sectores ao longo do gradiente longitudinal de salinidade. Foi igualmente um factor subjacente aos dois momentos de amostragem, inverno com elevada entrada de água doce e verão com maior influência das correntes de maré. As comunidades bentónicas, nos cinco sistemas estuarinos, apresentaram composições distintas com a dominância de diferentes espécies entre eles. Embora sujeitos a diversas entradas de água doce, reflexo das bacias hidrográficas diferenciadas que os sustentam, a variância explicada pelos componentes sedimentares e o conteúdo de matéria orgânica mostraram que, tal como referido por diversos autores (e.g. MEIRE et al., 1991; YSEBAERT et al., 2003; ANDERSON et al., 2004; DETHIER & SCHOCO, 2005; HIRST & KILPATRICK, 2007; ANDERSON, 2008; MAGNI et al., 2009), essas diferenças entre sistemas são bem explicadas pelos parâmetros do sedimento. Estes factos estão de acordo com a sugestão de HIRST & KILPATRICK (2007), de que a salinidade *per se* não é o principal responsável pelas diferentes associações faunísticas entre sistemas, respondendo estas principalmente às mudanças nas características do sedimento.

Todavia, as comunidades não podem ser consideradas entidades independentes. Compreender e ser capaz de distinguir padrões neste nível de organização não é independente de um olhar mais atento às espécies que os integram (LEVIN, 1992), pois tais padrões, quando existem, refletem a resposta de cada espécie individualizada às condições ambientais e não simplesmente uma resposta da comunidade como um todo (LEVIN, 1992; CAIRNS Jr. et al., 1993). Assim, no estuário do Mira, encontramos povoamentos bentónicos típicos de sedimentos silto-argilosos com elevados teores de matéria orgânica, caracterizados por pequenos poliquetas, como *Heteromastus filiformis* (WARWICK & CLARKE, 1994; YSEBAERT & HERMAN, 2002). Em Odeceixe e Aljezur encontramos povoamentos semelhantes não só com pequenos poliquetas como *Capitella capitata*, *Pygospio elegans* Claparéde, 1863 e *Streblospio shrusbsolii*, mas também com uma clara dominância e diversidade de pequenos crustáceos. Embora a composição do sedimento diferencie esses dois sistemas dos demais, entre Aljezur e Odeceixe, as diferenças podem também ser devidas à respectiva gama de salinidades. Prova disso, para além do fluxo fluvial respectivo, é a presença de dois gastrópodes, *Peringia ulvae* em Odeceixe, e *Ecrobia ventrosa* em Aljezur, que parecem ter diferentes tolerâncias aos valores de salinidade durante a fase de assentamento larvar (GRUDEMO & ANDRÉ, 2001; YSEBAERT & HERMAN, 2002). MAGALHÃES et al. (1987) também referem uma composição similar de sedimentos entre esses dois sistemas.

No estuário de Bensafrim, caracterizado principalmente por areia fina, as comunidades são maioritariamente dominadas por pequenos poliquetas oportunistas (*S. shrubsolii*), oligoquetas e o gastrópode *P. ulvae*. A dominância óbvia destes *taxa* está provavelmente relacionada não apenas com o tipo de sedimento, mas também com os níveis de poluição induzidos pelo Homema (SARDÁ & MARTIN, 1993) que não se repercutiram no conteúdo em matéria orgânica. De facto, Bensafrim foi relatado como o

sistema mais impactado dos considerados no presente estudo (CARDOSO et al., 2011).

No estuário do Gilão, caracterizado por sedimentos grosseiros, a elevada diversidade detetada poderá não estar relacionada com a granulometria, mas ser devida à proximidade da Ria Formosa, um sistema lagunar com uma elevada diversidade previamente reportada em comunidades macrobênticas (CALVÁRIO, 1995; GAMITO, 2008). Isto está de acordo com DETHIER & SCHOCO (2005), que sugeriram que a diversidade de espécies não é independente de sistemas adjacentes e que a conectividade pode ocorrer via processos de dispersão das espécies por correntes e larvas pelágicas.

Em resumo, numa escala mais vasta de comparação de povoamentos de macroinvertebrados bentónicos (entre sistemas), os componentes sedimentares parecem explicar as principais diferenças entre essas comunidades. Nessa escala, a variação sazonal e a gama subjacente de salinidades não serão factores fundamentais, o que está de acordo com a afirmação de JOHNSON et al. (2008) que as diferenças intra sistemas são maiores que as diferenças sazonais. No entanto, este estudo aponta para que, independentemente de contextos sedimentares semelhantes ou substancialmente diferentes, outros processos podem ser responsáveis pela composição específica das comunidades, que são mais afectadas pela dominância relativa do que pela composição global das espécies. Isto é especialmente relevante quando há uma clara dominância de espécies consideradas indicadoras, como *S. shrubsolii* para poluição ou como tolerante a grandes variações de salinidade, e *H. filiformis* para ambientes ricos em matéria orgânica (PEARSON & ROSENBERG, 1978; RYGG, 1985; CHAINHO et al., 2006).

Dentro dos estuários, foram encontrados diferentes padrões dificilmente explicáveis pela heterogeneidade dos respectivos sedimentos. Contrariamente a outros estudos, onde a variância sazonal foi muito menor do que a variância espacial (EDGAR & BARRETT, 2002), tal não foi o caso para todos os estuários considerados no presente estudo, com excepção de Bensafrim, em que as comunidades não diferiram entre os sectores ou períodos de amostragem, e Odeceixe, onde o padrão de distribuição espacial prevaleceu sobre a variação sazonal. Nos estuários do Mira, Aljezur e Gilão, a diferenciação sazonal parece ser importante para a definição da heterogeneidade espacial na distribuição das comunidades. Além disso, descobriu-se que essa heterogeneidade espacial nas distribuições do macrozoobentos não ocorreu na mesma estação do ano. Reconhece-se que o procedimento de amostragem pode produzir padrões falsos, se os replicados não forem suficientes para superar a distribuição desigual desses povoamentos; no entanto, esse fator em si não pode explicar a heterogeneidade sazonal consistente dessas comunidades. Para o estuário do Mira, a heterogeneidade espacial foi mais evidente no verão, o que pode estar relacionado o gradiente de salinidade longitudinal estratificado mais estável, promovido pelo baixo influxo de água doce e pela grande influência das marés. Para Aljezur e Gilão, esta heterogeneidade entre sectores ocorreu no inverno. No caso de Aljezur, o fluxo torrencial de água doce que ocorre durante o inverno pode promover uma ligação mais permanente e mais ampla ao mar e, consequentemente, um menor tempo de residência e uma renovação de água mais eficaz (COSTA et al., 2009). No verão, uma diminuição drástica na abundância de espécies limitou, provavelmente, a capacidade de diferenciar padrões espaciais. Isso pode estar relacionado com um processo de eutrofização causado pela fraca renovação de água, conjuntamente com níveis elevados de pressão humana durante este período. Aqui, a estreita desembocadura e

as barreiras de areia podem alterar a influência das correntes de maré neste estuário (COSTA et al., 2009), com uma diminuição da produtividade já reportada (COSTA et al., 1988). No estuário do Gilão, pelo contrário, observou-se um aumento na densidade das espécies durante o verão e menores valores de equitabilidade que, provavelmente, serão indutores de heterogeneidade espacial. Para Odeceixe, no presente estudo, a heterogeneidade sazonal parece ter um impacto menor na distribuição das comunidades, provavelmente devido ao seu maior fluxo fluvial em comparação com Aljezur (COSTA et al., 2009).

Com este trabalho, abordaram-se três das principais escalas de distribuição: padrões inter e intra-estuarinos e heterogeneidade sazonal. Os resultados sustentam que, na escala inter-estuarina, a composição do sedimento é um factor marcante para as comunidades macrozoobênticas, explicando uma grande percentagem da variância total, o que está de acordo com estudos anteriores (e.g. TESKE & WOOLDRIDGE, 2003; GLADSTONE et al., 2006; CANCELA DA FONSECA et al., 2009), no entanto, quando estão presentes *taxa* indicadores nos povoamentos, deve levar-se em conta a importância de outros potenciais agentes forçadores, como poluição e salinidade ou a estrutura e diversidade trófica que se estabelece nas associações da macrofauna bentónica ao longo do gradiente estuarino (CANCELA DA FONSECA et al., 2001).

Concluiu-se igualmente que, em menor escala, a composição do sedimento entre os sectores de cada estuário não é um factor determinante para a distribuição dos povoamentos. Além disso, os factores que regem a distribuição bentónica não são provavelmente os mesmos em sistemas diferentes. De acordo com HEWITT & THRUSH (2009), os resultados mostraram que, nas escalas de distribuição intra estuarinas, deve existir uma relação complexa entre variabilidade espacial e abundância média das espécies numa gama de escalas espaciais e temporais que não representam uma simples relação linear operando em escalas mais amplas de correlação em que os factores limitantes podem variar.

Tanto a heterogeneidade ambiental que ocorre dentro de um estuário, quanto os fatores que variam entre os estuários afetam as relações espécie-ambiente (THRUSH et al., 2005). Como consequência, diferentes espécies podem responder a características distintas de diversas maneiras ao longo do tempo (LEVIN, 1992; GLADSTONE et al., 2006). Isto adiciona vários graus de complexidade à caracterização ecológica dos sistemas. Para fins de monitorização, ou comparação entre diferentes comunidades bentónicas do sistema, os procedimentos de amostragem devem cobrir tanto quanto possível a gama de heterogeneidades intra sistema. No caso dos sistemas presentes ou equivalentes, isso seria alcançado não apenas por amostragem ao longo dos gradientes estuarinos, mas também abrangendo a variação sazonal, frequentemente de grande importância para alguns pequenos estuários. A estrutura dos grupos tróficos das comunidades bentónicas parece ser função de tais gradientes, o que sugere a existência de tendências gerais na organização dos povoamentos, apesar das diferenças sedimentológicas e hidrológicas que possam registar-se (CANCELA DA FONSECA et al., 2001)

Sabe-se igualmente que a artificialização/ocupação das margens e as alterações nas respectivas bacias hidrográficas em valores superiores a 10-12% provocam como resposta uma redução, quer do efectivo populacional, quer da variabilidade, nas comunidades bentónicas, que é consistentemente indicativa de condições de stresse (BILKOVIC et al., 2006).

É inegável que as abordagens actuais questionam acerca do conhecimento científico existente sobre estuários, as comunidades biológicas respectivas e a sua ecologia. No entanto, e reconhecendo que obter dados sobre partes do ecossistema e interpretá-los sem qualquer referência à sua interação não é, provavelmente, a melhor abordagem (e.g. DIAZ et al., 2004), novas metodologias devem ser testadas, nomeadamente desenvolvendo ferramentas mais integradoras e que incluam aspectos que têm vindo a ser negligenciados (dimensão dos sistemas, largura das desembocaduras, desenvolvimento dos povoamentos de macrófitas, carga de efluentes, alteração e ocupação antrópica das margens e bacia hidrográfica) e que são extremamente importantes para a diversidade e estrutura das comunidades, que depende claramente dos factores ambientais envolventes e sua estabilidade (DYE & BARROS, 2005; DE JONGE, 2007; WEINSTEIN, 2008; DUARTE et al., 2015).

Em termos de monitorização/avaliação do estado ecológico isto levante grandes problemas – Como e quando amostrar? Como discernir os efeitos antrópicos? Quais as perturbações efectivas? Como definir/estabelecer integridade ecológica (integridade funcional)? Percebe-se cada vez mais que é indispensável considerar o Homem e as suas actuações como parte integrante dos ecossistemas (WEINSTEIN, 2008) e isso implica ter que encontrar métricas e índices que tornem possível avaliar e monitorizar os sistemas, não apenas com indicadores biogeoquímicos e ecológicos *stricto sensu*, mas igualmente com outros que avaliem factores das actividades humanas (CARDOSO, 2011), as suas aspirações e o seu bem-estar. Estas interligações entre actividades humanas e estado do ambiente são, cada vez mais, consideradas essenciais para avaliação do estado da "saúde ambiental" (CAIRNS Jr. et al., 1993; WEINSTEIN, 2008). Não obstante o uso de indicadores específicos, a ecologia da paisagem poderá ser uma ferramenta fundamental que integre observações numa escala que permita fazer um diagnóstico a processos dominantes, e/ou torrenciais, de sistemas (TURNER & GARDNER, 2015) como os pequenos estuários. Apesar das comunidades biológicas poderem ser indicadoras de muitas características de um sistema, dificilmente serão, por si só, os melhores indicadores em sistemas muito dinâmicos (CARDOSO, 2011). As alterações hidro-morfológicas, a vegetação ripícola, o tipo de ocupação ou utilização do território da bacia hidrográfica, o tipo de mosaico e as suas alterações, podem ser utilizados para entender o nível de integridade ecológica de um sistema naturalmente dinâmico.

Em termos conceptuais, o que queremos para estes estuários? Há-os em zonas de fraca ocupação humana, mas também em locais de grande ocupação e impactos: Como gerir? Antes do mais há que compreender quais os problemas que carecem de resolução e definir de uma forma criteriosa as metas a atingir. Os objetivos a estabelecer para cada ecossistema devem ser precisos em função dessas metas e, no que respeita às políticas de gestão, devem ser suficientemente englobantes e ponderar a interdependência entre os seres humanos e o ambiente. Tais aspectos poderão permitir decisões sobre quais as informações necessárias e para que fins, visando a obtenção de indicadores mais razoáveis e adequados aos objectivos da gestão (CAIRNS Jr. et al., 1993). E se esses propósitos de gestão se centrarem na conservação isto implica que os técnicos e os responsáveis, para além de terem compreendido os problemas, tenham em consideração não apenas o conhecimento científico, mas também as preocupações e anseios das populações (BARNES, 1999). A primeira questão de fundo: o que queremos para estes estuários? Tem subjacente que, na gestão destes sistemas, como

noutros, estamos a gerir atividades humanas. Sem o impacto Humano os sistemas seguiriam as suas dinâmicas próprias entre sucessões de perturbações naturais e restabelecimento de equilíbrios. Em qualquer modelo de gestão, as políticas, metas e ferramentas territoriais devem ser acompanhados por um exaustivo conhecimento das atividades Humanas que têm um impacto direto ou indireto em cada sistema (WEINSTEIN, 2008; CARDOSO, 2011).

Qual o papel do Homem – ecológico ou desestabilizador? Como integrar o usufruto pelos humanos na gestão e conservação? Como estabelecer prioridades? Finalmente como gerir e para que finalidades? Sabe-se das dificuldades de responder às questões anteriores. Deste estudo sobressai o embaraço da definição de métricas/índices relativos às comunidades de macrozoobentos, de aplicação generalizada e que possibilitem, relativamente aos pequenos estuários, i) a avaliação de factores concretos de impacto, ii) a mitigação do risco de perda do seu valor ecológico e funcional, iii) quantificar a sua vulnerabilidade e iv) futuras comparações entre sistemas. Ressalta, igualmente, que só com um conhecimento profundo do funcionamento dos ecossistemas a longo termo e com alguma criatividade se poderão ultrapassar estas dificuldades levantadas pela utilização de métricas muito dirigidas e pouco abrangentes (cf. CARDOSO et al., 2011; 2012), em sistemas de elevada variabilidade natural que, não raro, se sobrepõe e mascara a influência das perturbações com origem antrópica (DAUVIN & RUELLET, 2009). Acresce o facto que para a implementação da Directiva Quadro da Água (DQA - EC, 2000) será crucial distinguir, nas massas de água europeias, a variabilidade natural dos efeitos das pressões antrópicas nas comunidades de organismos aquáticos, nomeadamente nas bentónicas. Consequentemente, e tal como vem sendo recorrentemente afirmado (e.g. BARNES, 1999; DAUVIN & RUELLET, 2009), tornam-se indispensáveis estudos visando diferenciar as alterações naturais das resultantes da intervenção humana, sob pena de nos faltarem indicadores absolutamente essenciais a uma correcta gestão destes sistemas.

Face às dificuldades e à necessidade de agir, pois de acordo com a DQA (EC, 2000), sempre que os ecossistemas costeiros se encontrem abaixo de um estado ecológico considerado BOM (sendo esse estado avaliado como moderado ou inferior), os Estados são obrigados a tomar medidas para restabelecer o "bom estado" do ecossistema; logo, haverá que procurar métodos holísticos e mais abrangentes de avaliação do estado dos sistemas (WEINSTEIN, 2008; DUARTE et al., 2015). Assim, e concordando com a afirmação de FAIRWEATHER (1999), a abordagem ao estado de "saúde do ecossistema" passa pela contribuição de vários ramos do saber, designadamente pelas "ciências biofísicas (em particular a ecologia), a gestão ambiental, as ciências da saúde e as nossas aspirações socioeconómicas, éticas e de políticas públicas".

Finalmente, o objetivo final da gestão ambiental é evitar uma maior deterioração dos sistemas naturais pelo estabelecimento de prioridades de acção, a fim de prevenir, reduzir e mitigar usos desequilibrados dos recursos naturais (ADGER, 2006).

No âmbito da DQA os pequenos sistemas estuarinos foram excluídos dos esforços de monitorização, mas isto não significa que a sua importância seja insignificante. Pelo contrário, eles têm uma importância ecológica inegável na costa portuguesa (cf. SILVA E COSTA et al., 1983) e podem ser fontes valiosas de informação sobre a ecologia das respectivas comunidades (CARDOSO et al., 2011). De dimensões reduzidas e altos níveis de variabilidade natural para uma ampla gama de parâmetros proporcionam uma oportunidade rara para a

investigação de comunidades biológicas em ambientes nos quais vários gradientes interagem numa diminuta escala espacial

CONCLUSÕES

Neste estudo a variância sazonal não foi menos importante do que a variância espacial, para todos os sistemas considerados. Para as comunidades de macroinvertebrados as características do sedimento podem explicar as diferenças entre sistemas. Todavia, dentro dos sistemas, os padrões encontrados foram insuficientemente explicados pela heterogeneidade dos sedimentos, enfatizando que a presença de *taxa* indicadores obriga a ter em conta a importância de outros potenciais forçadores (e.g. contaminantes e salinidade, estrutura dos grupos tróficos das comunidades da macrofauna bentónica, alterações mais ou menos profundas de partes da bacia hidrográfica), chamando à atenção para as acções antrópicas na vizinhança dos ecossistemas estuarinos e lagunares, que fazem com que as interacções ecológicas entre os seus componentes e os complexos processos evolutivos que neles ocorrem possam ser postos em risco por modificações neles operadas. Estudos mais detalhados, abarcando uma escala temporal mais ampla, serão necessários para avaliar com precisão os principais factores que contribuem para a estrutura das comunidades de macroinvertebrados dentro de cada sistema. Neste contexto, estudos que possibilitem diferenciar as alterações naturais, das resultantes da intervenção humana, são fundamentais a uma correta gestão futura destes sistemas. Toda esta informação poderá ser altamente valiosa para as autoridades e os "stakeholders" em futuros cenários de gestão e conservação.

Podemos igualmente antever que os padrões de distribuição de associações de macroinvertebrados bentónicos, largamente considerados como bons indicadores do estado ambiental em sistemas estuarinos, só terão utilidade na gestão costeira se combinados com outros indicadores que cubram de forma holística as actividades antrópicas, avaliando os respectivos impactos

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer a todos os voluntários envolvidos no trabalho de campo e, em particular, a Miguel Pessanha Pais por todo o apoio. Este estudo foi financiado pela "Fundação para a Ciência e Tecnologia" (PTDC/MAR/64982/2006). Inês Cardoso foi igualmente financiada pela FCT através de uma Bolsa de Doutoramento (SFRH/BD/31261/2006). Agradece -se ainda o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através dos projectos UID/MAR/04292/2013 e UID/MAR/04292/2019, atribuídos ao MARE

REFERÊNCIAS

ADGER, W.N., 2006. Vulnerability. Global Environmental Change 16, 268–281.

ANDERSON, M., 2008. Animal-sediment relationships re-visited: Characterising species' distributions along an environmental gradient using canonical analysis and quantile regression splines. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 366: 16-27.

ANDERSON, M.J. & WILLIS, T.J. 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. Ecology 84: 511-525.

ANDERSON, M.J.; FORD, R.B.; FEARY, D.A. & HOEYWILL, C. 2004. Quantitative measures of sedimentation in an estuarine system and its relationship with intertidal soft-sediment infauna. Marine Ecology Progress Series 272: 33–48.

ATTRILL, M., 2002. A testable linear model for diversity trends in estuaries. Journal of Animal Ecology 71: 262–269.

BARNES, R.S.K. 1999. The conservation of brackish water systems: priorities for the 21st century. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 9: 523–527.

BILKOVIC, D.M.; ROGGERO, M.; HERSHNER, C.H. & HAVENS, K.H. 2006. Influence of land use on macrobenthic communities in nearshore estuarine habitats. Estuaries and Coasts, 29 (6B): 1185–1195.

BORJA, A. & TUNBERG, B.G. 2011. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. Ecological Indicators 11: 295-303.

BULLER, A.T. & McMANUS, J. 1979. Sediment sampling and analysis. In: Estuarine hydrography and sedimentation. A handbook (DYER, K.R., Ed.): 87-130. Cambridge Univ. Press, London. (ISBN: 0-521-29496-7)

CAIRNS Jr., J.; MCCORMICK, P.V. & NIEDERLEHNER, B.R. 1993. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. Hydrobiologia 263: l-44.

CALVÁRIO, J. 1995. Estrutura e dinâmica das comunidades macrobênticas da Ria Formosa (Ria Faro-Olhão). Tese de doutoramento, Universidade do Algarve, 337p+apêndices.

CANCELA DA FONSECA, L.; DUARTE, P. & GASPAR, F.P. 2001. Trophic group patterns of macrobenthos in brackish coastal systems. Bol.Mus.Mun. Funchal, Sup.nº6, 139-165.

CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M.; FRANCO, J.E.; DUARTE, P.; CRISTO, M. & FIDALGO E COSTA, P. 2009. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos dos sistemas estuarino-lagunares costeiros das ribeiras de Seixe e de Aljezur. Actas do 2.º **Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros: 106-123. Escola Superior de Educação "João de Deus**", Lisboa. (ISBN: 978-972-8061-70-8).

CARDOSO, I. 2011. Ecologic relevance of small estuarine systems from portuguese south and southwest coasts : structure, function and ecologic integrity comparative analysis based on fish and macroinvertebrate benthic communities. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal. 162p.

CARDOSO, I.; PAIS, M.P.; HENRIQUES, S.; CANCELA DA FONSECA, L. & CABRAL, H.N. 2011. Ecological quality assessment of small estuaries from the Portuguese coast based on fish assemblages indices. Marine Pollution Bulletin 62: 992–1001.

CARDOSO, I.; CANCELA DA FONSECA, L. & CABRAL, H.N. 2012. Ecological quality assessment of small estuaries from the Portuguese coast based on benthic macroinvertebrate assemblages indices. Marine Pollution Bulletin 64: 1136–1142

CHAINHO, P.; COSTA, J.L.; CHAVES, M.L.; LANE, M.F.; DAUER, D.M. & COSTA, M.J. 2006. Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego River, Portugal – a poikilohaline estuary. Hydrobiologia, 555:59–74

CHAINHO, P.; CHAVES, M.L.; COSTA, M.J. & DAUER, D.M. 2008. Use of multimetric indices to classify estuaries with different hydromorphological characteristics and different levels of human pressure. Marine Pollution Bulletin 56: 1128-1137.

COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M. & CANCELA DA FONSECA, L. 1988. Sistemas Lagunares de Odeceie, Aljezur e Carrapateira (SW de Portugal): confinamento e produtividade. Actas do 5º Congresso sobre o Algarve, pp. 693-698

COSTA, A.M.; CRISTO, M.; FIDALGO E COSTA, P.; BERNARDO, J.M.; FRANCO, J.E.; DUARTE, P. & CANCELA DA FONSECA, L. 2009. Caracterização ecológica dos sistemas lagunares costeiros das ribeiras de Seixe e de Aljezur: factores abióticos. Actas do 2.º Seminário sobre Sistemas

Lagunares Costeiros: 86-95. Escola Superior de Educação "João de Deus", Lisboa. (ISBN: 978-972-8061-70-8).

DAUVIN, J-C. & RUELLET, T. 2009. The estuarine quality paradox: Is it possible to define an ecological quality status for specific modified and naturally stressed estuarine ecosystems? Marine Pollution Bulletin 59: 38–47; doi:10.1016/j.marpolbul.2008.11.008

DE JONGE, V.N., 2007. Towards the application of ecological concepts in EU coastal water management. Marine Pollution Bulletin 55, 407–414.

DETHIER, M.N. & G.C. SCHOCO, 2005. The consequences of scale: assessing the distribution of benthic populations in a complex estuarine fjord. Estuarine, Coastal and Shelf Science 62: 253-270.

DIAZ, R.J.; SOLAN, M. & VALENTE, R.M. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. Journal of Environmental Management 73, 165–181.

DOI, H.; MATSUMASA, M.; TOYA, T.; SATOH, N.; MIZOTA, C.; MAKI, Y. & KIKUCHI, N. 2005. Spatial shifts in food sources for macrozoobenthos in an estuarine ecosystem: Carbon and nitrogen stable isotope analyses. Estuarine, Coastal and Shelf Science 64: 316-322.

DUARTE, C.M.; BORJA, A.; CARSTENSEN, J.; ELLIOTT, M.; KRAUSE-JENSEN, D. & MARBÀ, N. 2015. Paradigms in the recovery of estuarine and coastal ecosystems. Estuaries and Coasts, 38(4): 1202-1212, doi: 10.1007/s12237-013-9750-9

DYE, A. & BARROS, F. 2005. Spatial patterns of macrofaunal assemblages in intermittently closed/open coastal lakes in New South Wales, Australia. Estuarine, Coastal and Shelf Science 64, 357–371

EC., 2000. Establishing a framework for community action in the field of water policy. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Official J. Eur. Commun. L 327, pp. 1–72.

EDGAR, G.J. & BARRETT, N.S. 2002. Benthic macrofauna in Tasmanian estuaries: scales of distribution and relationships with environmental variables. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 270: 1– 24.

FIDALGO E COSTA, P.; BROTAS, V. & CANCELA DA FONSECA, L. 2002. Physical characterisation and microphytobenthos biomass of estuarine and lagoon environments on the southwest coast of Portugal. Limnetica, 21(1-2):69-79.

FAIRWEATHER, P.G. 1999. Determining the 'health' of estuaries: Priorities for ecological research. Australian Journal of Ecology, 24, 441–451.

GAMITO, S. 2008. Three main stressors acting on the Ria Formosa lagoonal system (Southern Portugal): Physical stress, organic matter pollution and the land-ocean gradient. Estuarine, Coastal and Shelf Science 77: 710-720.

GIBERTO, D.A.; BREMEC, C.S.; ACHAAND, E.M. & MIANZAN, H. 2004. Large-scale spatial patterns of benthic assemblages in the SW Atlantic: the Rio de la Plata estuary and adjacent shelf waters. Estuarine, Coastal and Shelf Science 61: 1-13.

GLADSTONE, W.; HACKKING, N. & OWEN, V. 2006. Effects of artificial openings of intermittently opening estuaries on macroinvertebrate assemblages of the entrance barrier. Estuarine, Coastal and Shelf Science 67: 708-720.

GRUDEMO, J. & ANDRÉ, C. 2001. Salinity dependence in the marine mud snails *Hydrobia ulvae* and *Hydrobia ventrosa*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 81: 651-654.

HEWITT, J.E. & THRUSH, S.F. 2009. Do species' abundances become more spatially variable with stress?. The Open Ecology Journal 2, 37–46.

HEYDORN, A.E.F. & TINLEY, K.L. 1980. Estuaries of the Cape, Part I. Synopsis of the Cape coast. Natural features, dynamics and utilization. C.S.I.R. Research Report 380: 1-97.

HIRST, A.J. & KILPATRICK, R. 2007. Spatial and temporal variation in the structure of estuarine macroinvertebrate assemblages: implications for assessing the health of estuaries. Marine and Freshwater Research 58: 866-879.

JOHNSON, R.L.; PEREZ, K.T.; ROCHA, K.J.; DAVEY, E.W. & CARDIN, J.A. 2008. Detecting benthic community differences: Influence of statistical index and season. Ecological Indicators 8: 582-587.

LEVIN, S.A. 1992 .The Problem of Pattern and Scale in Ecology: The Robert H. MacArthur Award Lecture. Ecology 73: 1943-1967.

LINDEGARTH, M. & HOSKIN, M. 2001. Patterns of Distribution of Macro-fauna in Different Types of Estuarine, Soft Sediment Habitats Adjacent to Urban and Non-urban Areas. Estuarine, Coastal and Shelf Science 52: 237–247.

MAGALHÃES, F.; CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.M.; COSTA, A.M.; MOITA, I.; FRANCO, J.E. & DUARTE, P. 1987. Physical characterization of Odeceixe, Aljezur and Carrapateira Lagunary systems (SW Portugal). Limnetica 3: 211-218.

MAGNI, P.; TAGLIAPIETRA, D.; LARDICCI, C.; BALTHIS, L.; CASTELLI, A.; COMO, S.; FRANGIPANE, G.; GIORDANI, G.; HYLAND, J.; MALTAGLIATI, F.; PESSA, G.; RISMONDO, A.; TATARANNI, M.; TOMASSETTI, P. & VIAROLI, P. 2009. Animal-sediment relationships: Evaluating the 'Pearson–Rosenberg paradigm' in Mediterranean coastal lagoons. Marine Pollution Bulletin 58: 478–486.

MAGURRAN, A.E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd, Malden, USA: viii+256 pp. (ISBN: 0-632-05633-9)

McARDLE, B.H. & ANDERSON, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. Ecology 82: 290–297.

MEIRE, P.M.; SAYS, J.J.; YSEBAERT, T.J. & COOSEN, J. 1991. A comparison of the macrobenthic distribution and community structure between two estuaries in SW Netherlands. In ELLIOTT, M. & DUCROTOY, J.P. (Eds), Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Inter-Comparisons. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, pp. 221–230.

MERMILLOD-BLONDIN, F.; MARIE, S.; DESROSIERS, G.; LONG, B.; MONTETY, L.; MICHAUD, E. & STORA, G. 2003. Assessment of the spatial variability of intertidal benthic communities by axial tomodensitometry: importance of fine-scale heterogeneity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 287: 193–208.

MORRISEY, D.J.; HOWITT, L.; UNDERWOOD, A.J. & STARK, J.S. 1992. Spatial variation in soft-sediment benthos. Marine Ecology Progress Series 81: 197-204.

PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology Annual Review, 16: 229-311.

PINTO, R.; PATRÍCIO, J.; BAETA, A.; FATH, B.D.; NETO, J.M. & MARQUES, J.C. 2009. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. Ecological Indicators 9: 1-25.

POTTER, I.C.; CHUWEN, B.M.; HOEKSEMA, S.D. & ELIOTT, M. 2010. The concept of an estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. Estuarine, Coastal and Shelf Science 87, 497-500.

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2015. R version 3.1.3 (2015-03-09) -- "Smooth Sidewalk". R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available at: http://www.R-project.org.

RIDDIN, T. & ADAMS, J.B. 2008. Influence of mouth status and water level on the macrophytes in small

temporarily open/closed estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 79: 86-92.

ROSENBERG, R. 2001. Marine faunal successional stages and related sedimentary activity. Scientia Marina 65: 107-119.

RYGG, B. 1985. Distribution of species along pollution induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian Fjords. Marine Polution Bulletin, 16(12): 469-474.

SARDÁ, R. & MARTIN, D. 1993. Populations of Streblospio (Polychaeta: Spionidae) in Temperate Zones: demography and production. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 73: 769-784.

SILVA E COSTA, A.; PALMA, L. & CANCELA DA FONSECA, L. 1983. La côte Sud-Ouest du Portugal. Une valeur écologique menacée. Le Courrier de la Nature, 87: 12-17.

SOUSA REIS, C.; GUERREIRO, J.; MONTEIRO, A.; CASTRO, J.; DUARTE, P.; RAIMUNDO, L. & SANTOS, A. 1985. Contribuição para o estudo da Bionomia Bentónica da "Ria" Formosa (zona da Ilha de Tavira) - I. Dados preliminares. Text et Res. Sém. "Systèmes Lagunaires - Ria Formosa". Institut Franco-Portugais. Lisboa.

TESKE, P.R. & WOOLDRIDGE, T.H. 2003. What limits the distribution of subtidal macrobenthos in permanently open and temporarily open/closed South African estuaries? Salinity vs. sediment particle size. Estuarine, Coastal and Shelf Science 57: 225–238.

THRUSH, S.F.; HEWITT, J.E.; HERMAN, P.M.J. & YSEBAERT, T. 2005. Multi-scale analysis of species–environment relationships. Marine Ecology Progress Series 302: 13–26.

TURNER M.G. & GARDNER R.H. 2015. Landscape Dynamics in a Rapidly Changing World. In: Landscape Ecology in Theory and Practice. Springer, New York, NY, pp 333-381.

VASCONCELOS, R.; REIS-SANTOS, P.; FONSECA, V.; MAIA, A.; RUANO, M.; FRANÇA, S.; VINAGRE, C.; COSTA, M.J. & CABRAL, H.N. 2007. Assessing anthropogenic pressures on estuarine fish nurseries along the Portuguese coast: a multi-metric index and conceptual approach. Science of Total Environment 374: 199–215.

WARWICK, R.M. & CLARKE, K.R. 1994. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. Marine Biology 118: 739-744.

WEINSTEIN, M.P. 2008. Ecological restoration and estuarine management: placing people in the coastal landscape. Journal of Applied Ecology, 45, 296–304; doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01355.x

YSEBAERT, T. & HERMAN, P.M.J. 2002. Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. Marine Ecology Progress Series 244: 105–124.

YSEBAERT, T.; HERMAN, P.M.J.; MEIRE, P.; CRAEYMEERSCH, J.; VERBEEK, H. & HEIP, C.H.R. 2003. Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. Estuarine, Coastal and Shelf Science 57: 335–355.

Capítulo 28

Discussão sobre as mudanças climáticas como fatores determinantes para a oscilação do nível do mar

DISCUSSÃO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO FATORES DETERMINANTES PARA A OSCILAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

Eduardo de Sousa Marques[1]

[1] Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. Endereço: Rua Joaquim Ribeiro, nº 590, apto 104. Sobral – CE, centro. CEP: 62011-020. E-mail: Eduardocabj@hotmail.com

RESUMO

A discussão sobre o aquecimento global está situada em uma das principais pautas na ciência. A sua afirmação ou não está voltada para diversos interesses (socioeconômicos ou políticos) com a finalidade de justificar as suas ações. As áreas que mais sofrem com as constantes oscilações climáticas, em geral, são as áreas litorâneas, identificadas com o gradual avanço do mar, atingindo a linha de costa e danificando estruturas públicas e particulares que ali se encontram. A principal proposta desse estudo é discutir o atual cenário climático mundial e construir interpretações que possam responder de forma empírica um eventual avanço do mar. O objetivo central está em promover um estudo analítico do atual cenário geoambiental em que se encontram as zonas costeiras cearenses. Para isso, houve um resgate dos principais teóricos desse assunto e se construiu a partir da equação de Bruun uma simulação de um possível avanço do mar, utilizando-se dos dados fornecidos pelo IPCC, na qual promove um prognóstico em dois cenários diferentes (pessimista e otimista) da elevação do nível do mar. A tendência das alterações térmicas dos oceanos e da atmosfera promoverá mudanças drásticas no clima global e um gradual avanço do mar, estabelecendo assim um sinal de alerta para as zonas costeiras.

Palavras – chave: Aquecimento global, avanço do mar, erosão costeira.

DISCUSSION ON CLIMATE CHANGE AS DETERMINING FACTORS FOR SEA LEVEL SWING

ABSTRACT

The discussion on global warming is situated in one of the main guidelines in science. Whether or not it is focused on various interests (socioeconomic or political) in order to justify its actions. The areas that suffer most from the constant climatic oscillations are usually the coastal areas, identified with the gradual advance of the sea, reaching the coastline and damaging public and private structures that are there. The main proposal of this study is to discuss the current global climate scenario and to construct interpretations that can respond in an empirical way to an eventual advance of the sea. The central objective is to promote an analytical study of the current geo-environmental scenario in which coastal zones of Ceará are located. In order to do so, there was a rescue of the main theorists of this subject and a simulation of a possible sea advance was constructed from the Bruun equation using the data provided by the IPCC, in which it prognosticates two different scenarios (pessimistic and optimistic) of sea level rise. The trend of thermal changes in the oceans and the atmosphere will lead to drastic changes in global climate and a gradual advance of the sea, thus establishing a warning signal for coastal areas.

Key-words: Global warming, sea breakthrough, coastal erosion.

INTRODUÇÃO

"A Terra é um sistema aberto que troca energia e massa com o seu entorno" (Silva *et al*., 2008, p. 13). De acordo com os autores (Silva *et al*., 2008, *op cit*), o Sol controla o mecanismo externo, a energia solar é responsável pelo nosso clima e tempo meteorológico. Os mecanismos internos são governados pelo calor aprisionado desde a sua origem e pela constante radioatividade. O calor irradiado equilibra o calor interno. O sistema clima envolve a constante troca de massa e energia entre a atmosfera e a hidrosfera, além de interagir incessantemente com a litosfera.

A discussão sobre um novo período no tempo geológico onde a ação antrópica com as suas atividades de exploração dos recursos da natureza possa ser representado é uma tendência crescente a ser aceita pela comunidade científica. A esse período denomina-se de "Antropoceno", da Era Antropozoica, na qual configura-se na passagem por um tempo onde o homem mudou as condições naturais do planeta (atmosférica, geológicas, hidrológicas e biológicas), causando desequilíbrios ambientais como o "aquecimento global".

Essas atividades humanas tiveram grande êxito e aceleração desde a segunda guerra mundial, mantida por uma tomada crescente. Esse período torna-se presente em todos os processos de ocupação humana, superando os fatores astronômicos e geofísicos, levando-os a escala 0 (zero).

A necessidade de promover uma discussão sobre as mudanças climáticas e os seus principais fatores se consolida na necessidade de diagnosticar as diversas alterações ambientais na qual vem se consolidando por conta das inúmeras práticas antropogênicas que se caracterizam de forma insustentáveis. Esse estudo tem o objetivo de construir um debate acerca das mudanças climáticas, utilizando o litoral semiárido cearense como objeto de estudo. O objetivo específico está em construir um diagnóstico do comportamento térmico dos oceanos e da atmosfera na qual interfere diretamente na ação dos fatores naturais e antropogênicos na zona costeira cearense, quantificando a tendência de recuo da linha de costa diante de um possível avanço do mar.

Em primeiro momento é discutida a relação entre as mudanças térmicas dos oceanos (Atlântico e Pacífico) com as irregularidades pluviométricas no Nordeste brasileiro. As principais consequências estão na desregulação dos processos de formação das praias, emagrecendo-as e intensificando os efeitos erosivos na linha de costa. Em seguida, é discutida a relação entre o comportamento térmico dos oceanos com a atmosfera, propiciando em alterações do nível do mar. Por fim, são levantadas as discussões sobre os processos que influenciam a intensificação da erosão costeira na costa cearense, construindo simulações com uso da equação de Bruun (1962) e dos dados provenientes de pesquisas realizadas pelo IPCC (2018).

O CLIMA E AS IRREGULARIDADES PLUVIOMÉTRICAS NO LITORAL SEMIÁRIDO CEARENSE

Segundo Silva *et al*. (2011) existe uma correlação da anomalia positiva da Temperatura Superfície do Mar (ATSM) dos oceanos pacífico e atlântico com a quantidade de chuvas que atingem o nordeste brasileiro entre os meses de março a julho. Ferreira *et al*. (2004) também correlacionaram os mesmos fenômenos com a concentração de chuvas nas macrorregiões do Estado do Ceará, observando a estação chuvosa no primeiro semestre com relação a anomalia de TSM do oceano Pacífico Equatorial (índices de El Niño) e AT (Atlântico tropical) no período de 41 anos (1962 a 2002).

Ramos *et al*. (2008) relatam que a anomalia climática refere-se a uma flutuação externa de um elemento em uma série climatológica, com desvios acentuados do padrão observado de variabilidade. A variabilidade climática é a variação das condicionantes envolvidas em torno da média histórica climatológica. Mudanças climáticas é um termo que designa a uma tendência de alteração da média no tempo. Observa-se nos mapas fornecidos pela FUNCEME (2019) (Figuras 01a e 01b) sobre a direção do vento e anomalia da temperatura da superfície do mar um superaquecimento das águas do oceano no período de chuvas (primeiro semestre) e um resfriamento do oceano no segundo semestre na costa do Nordeste brasileiro.

Segundo Mendonça e Oliveira (2007) por estar próximo da faixa equatorial, a zona climática onde situa-se o Estado do Ceará recebe a influência direta de duas massas: Massa Equatorial do Atlântico Norte e Sul (MEAN e MEAS, respectivamente). Ambas são atraídas para o continente por conta das diferenças de pressão entre as superfícies continental e oceânica. Uma explicação amplamente aceita é de que as constantes anomalias (variabilidade) da Temperatura da Superfície do Mar – ATSM (Figuras 02a e 02b) do Atlântico Tropical (AT) "sejam as forçantes dominantes das anomalias de precipitações do Nordeste brasileiro, enquanto que as influências remotas do Pacífico poderão acentuar tais anomalias, ou em outras ocasiões, prover efeitos opostos" (SILVA *et al*, 2011).

Tais efeitos poderão acentuar os processos de desertificação no Estado do Ceará, na qual apresenta 11,45% do seu território com áreas degradadas (Diário do Nordeste, 2018). As consequências destes processos poderão ser sentidas no descontrole dos fluxos hídricos e sedimentares dos rios, na qual o destino será depositar tais sedimentos nas praias por meio da ação oblíqua das ondas.

Em litorais que são paralelos ao Equador ocorrerá baixa precipitação em comparação com litorais que formam 45º com a linha do Equador, pelo motivo de não ocorrer mudanças por aquecimento diferencial, não gerando assim perturbações convectivas na corrente (Ribeiro e Gonçalves, 1981). Morais *et al*. (2006) também comentam que há um decréscimo de pluviosidade em direção ao litoral oeste, observando que a frente geradora de chuvas mais importante é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), na qual "atua causando eventos de chuvas mais frequentes na região, e em geral, a ocorrência de ventos mais fracos sobre esta área do Nordeste" (Lira *et al*., 2011). Dessa forma há uma expressiva irregularidade pluviométrica, concentrando boa parte das precipitações no primeiro semestre do ano.

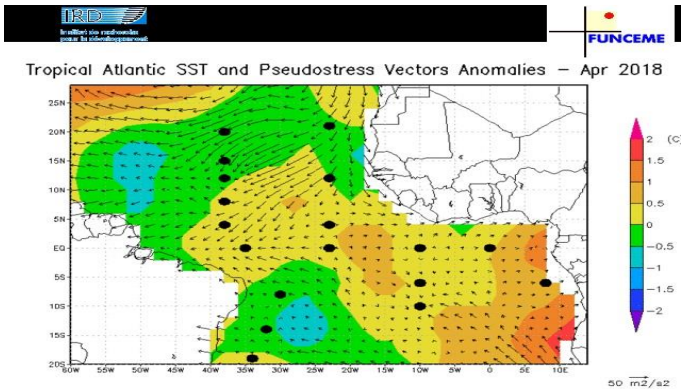


Figura 01a: Média mensal TSM do atlântico tropical no primeiro semestre (mês de Abril) na costa do Nordeste brasileiro. Fonte: FUNCEME (2019) – Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical (Institut de recherche pour le developpement-IRD).

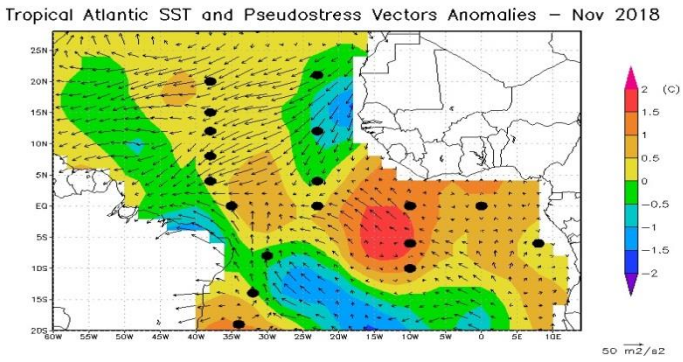


Figura 01b: Média mensal TSM do atlântico tropical no segundo semestre (mês de novembro) na costa do Nordeste brasileiro. Fonte: FUNCEME (2019) – Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical (Institut de recherche pour le developpement-IRD).

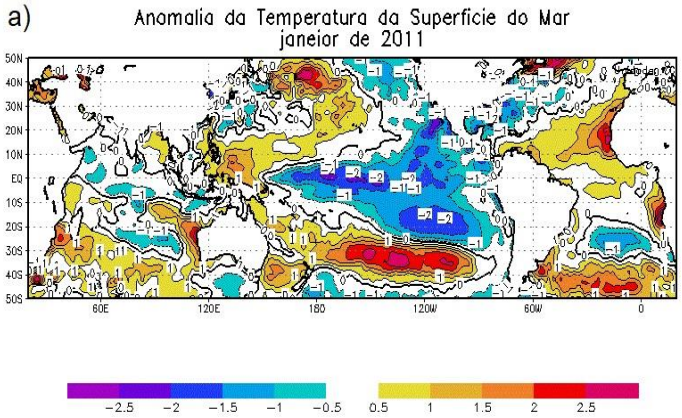


Figura 02a: Mapa de anomalia da temperatura da superfície do mar (janeiro de 2011). Fonte: FUNCEME (2019) – Monitoramento global semanal. Fonte dos dados: CPC/ NCEP/ NOAA – Washington – DC/ USA.

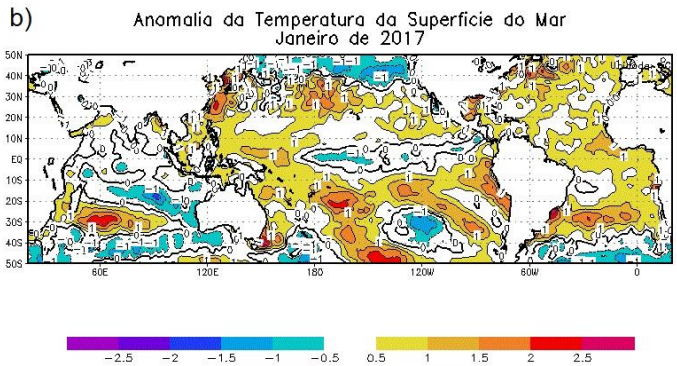


Figura 02b: Mapa de anomalia da temperatura da superfície do mar (janeiro de 2017). Fonte: FUNCEME (2019) – Monitoramento global semanal. Fonte dos dados: CPC/ NCEP/ NOAA – Washington – DC/ USA.

As irregularidades pluviométricas acarretam nos rios do semiárido cearense um reduzido aporte hídrico e um menor poder de vazão, contribuindo com um elevado déficit de sedimentos que deveriam ser retrabalhados por deriva litorânea nas praias (Muehe, 2001). Dessa forma as praias passam por um processo de emagrecimento e inclinação, modificando seu perfil de características dissipativas e alterando consequentemente os padrões hidrodinâmicos das ondas, na qual tendem a deixar de apresentar características de refração (Muehe, 1995; Short, 1996). A tendência desse processo é de acentuar os efeitos erosivos na linha de costa a partir das ondas de maior energia, danificando estruturas públicas e privadas que se encontram nessa zona.

A intensa construção de barragens nos rios na condição de semiaridez faz com que a zona costeira apresente variados problemas, tais como: A diminuição do espigão hidráulico e aceleração dos processos morfodinâmicos na foz dos rios, ampliação da influência longitudinal da maré salina, hiperssalinização sazonal e redução do transporte de sedimentos argilo-siltosos na planície flúvio-marinha (Morais *et al*., 2006). Esses fatores trazem impactos para a manutenção da fauna e da flora dos ambientes costeiros e estuarinos, correspondendo em consideráveis prejuízos socioeconômicos, pois a atividade pesqueira se destaca como o principal pilar da economia local.

A RELAÇÃO ENTRE A ALTERAÇÃO NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO OCEANO E DA ATMOSFERA COM O AUMENTO DO NÍVEL DO MAR

Os oceanos constituem um importante reservatório de sais e gases, atuando como elemento regulador na ciclagem de grande número de elementos no planeta, os processos oceânicos estão entre os

maiores agentes transportadores de calor no planeta, controlando o clima e contribuindo para a distribuição espacial dos processos intempéricos e erosivos (Teixeira *et al*., 2009).

Patchineelam (2004) afirma que como os oceanos podem armazenar mais calor que a atmosfera, qualquer mudança na sua temperatura média poderá causar grandes alterações na temperatura do ar. Existe uma relação indireta da temperatura da água com a sua densidade, no momento em que a temperatura sobe a densidade decresce. A temperatura da água repercute diretamente na vida aquática através das mudanças dos processos químicos.

De acordo com as pesquisas publicadas pelo site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) a presença dos gases de efeito estufa (GEE) é natural e tornam a Terra habitável. Caso não existissem, o planeta teria um clima global de média bastante baixa, da ordem de – 18 ºC. É preciso, no entanto, ocorrer um equilíbrio (balanço) na troca de energia solar incidente e a energia refletida em forma de calor pela superfície terrestre, mantendo assim uma média global de 14 ºC próxima à superfície.

Esse balanço poderá ser alterado de diversas formas: Alteração da quantidade de energia que chega à superfície terrestre, mudança da órbita da terra em torno do sol, mudanças na quantidade de energia que atinge a superfície terrestre e é refletida de volta para o espaço por conta da presença de nuvens ou partículas na atmosfera (Ex.: Os aerossóis que resultam das queimadas) e no bloqueio de energias de maiores comprimentos de ondas para o espaço por conta do aumento insustentável dos gases de efeito estufa, provenientes das emissões antrópicas, uso de fertilizantes na agricultura (N_20 – óxido nitroso), fermentação entérica do gado na pecuária, uso de combustíveis fósseis, desmatamento, processos de degradação de áreas naturais, processos de produção no setor industrial (HFCs – Hidrofluorcarbonos e os PFCs – Perfluorcarbonos), etc. (MMA, 2018).

Seguindo essa prerrogativa é possível afirmar que o processo de acentuação da temperatura na troposfera se deve a baixa capacidade de refletir os raios de onda curta (baixo albedo), fato encontrado nos grandes centros urbanos na formação de ilhas de calor, fazendo com que ocorra o confinamento dos raios de onda longa na atmosfera. Esse fato poderá interferir parcialmente no comportamento térmico da superfície dos oceanos, mas não será a principal resultante da elevação da temperatura dos oceanos (Molion, 2017).

Por outro lado, as causas antropogênicas não têm a capacidade de modificar ou alterar as dinâmicas em escalas astronômicas, ficando assim restrito por uma intervenção mais efetiva na concentração de gases e partículas na atmosfera e nas formas de uso e ocupação do solo (Oliveira *et al*., 2017). O aquecimento continental deve ser explicado por meio do comportamento térmico dos oceanos e não pela forçante antropogênica em escala local (Compo e Sardeshmukh, 2009).

De acordo com Santos (1986) tais mudanças na temperatura dos oceanos atingem principalmente as taxas de metabolismo e a vida dos fitoplânctons, que atuam como a base da cadeia ecológica ligada aos estuários. Além disso, tal problema poderá ocasionar no aumento do nível do mar, acentuando assim os processos erosivos (Frazão, 2003).

Amancio (2007) levanta a discussão sobre o equilíbrio ambiental atrelado com as dinâmicas entre a atmosfera e o oceano, promovendo um sistema de incessante troca de matéria e energia. Em seu trabalho, o autor relata a respeito do poder que os oceanos têm em capturar o dióxido de carbono presente na atmosfera por meio da fotossíntese e respiração, em níveis aceitáveis e controláveis. O CO_2 reage com a água, formando o H_2CO_3, ocasionando a perda dos íons

de hidrogênio, resultando em íons negativos de carbonato (CO_3^{-2}). Esse elemento deverá reagir com os elementos presentes na água (Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}), formando então compostos essenciais para a vida oceânica. Porém, altos níveis de CO_2 faz com que ocorra um aumento dos íons positivos de hidrogênio e uma diminuição dos íons de carbono, aumentando a alcalinidade da água do mar, colocando em risco a manutenção da vida no mar.

Esses dados representam a dimensão da presença de recifes de corais que precisam ser preservados e conservados, pois as suas estruturas são frágeis e levam um longo tempo para se constituírem. Em algumas regiões do mundo estas feições desempenham uma importante função de proteção das estruturas presentes na linha de costa. Porém, o processo de apropriação dos recursos naturais na faixa de praia põe em riscos a sua manutenção e o seu potencial de formação pelos agentes orgânicos (conchas, ostras, algas, etc.) e inorgânicos (mar).

As alterações climáticas e as atividades humanas nocivas ao equilíbrio ambiental provocam em áreas áridas como o Nordeste brasileiro (NEB) um processo contínuo de desertificação, alertada pela Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (UNCCD). Atualmente 15% do território brasileiro estão suscetíveis à desertificação, estando o Estado do Ceará inteiramente dentro desta área (FUNCEME, 2018). A extrema aridez e a irregularidade pluviométrica acentua o deficit hídrico e sedimentar dos rios, influenciando nos sistemas estuarinos nas baixas planícies, provocando uma ameaça para a fauna e a flora local.

Segundo o relatório do IPCC (2018), in Gregory (2013), entre 1901 a 1990 a taxa de aumento do nível do mar foi de 1,5 mm ao ano, ± 2,0 mm de margem de incerteza, passando para 3,2 mm ao ano entre 1993 a 2010, ± 4,0 mm de margem de incerteza, aumentando em 20 cm o nível do mar (Figura 03). Segundo o autor, entre 1993 a 2016 o aumento foi de 9 cm. Segundo a NASA (2018), calcula-se que o aumento está na ordem de 3,2 mm por ano – Medida mais recente da variação da altura do mar: 87 mm, ± 4,0 mm (margem de incerteza), fevereiro de 2018.

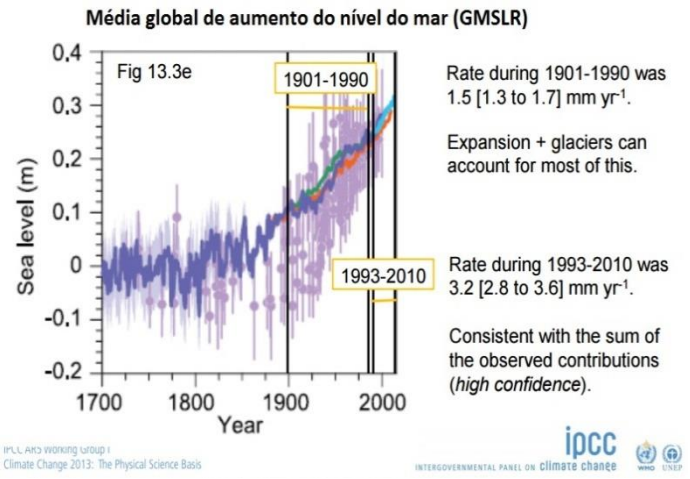


Figura 03: Média global de elevação do nível dos oceanos.
Fonte: Gregory (2013)

De acordo com Martin *et al*. (1993) "O nível do mar em um determinado ponto do litoral é, portanto, a resultante momentânea de interações complexas entre a superfície do oceano e do continente". Ponzi (2004) discute a respeito de uma relativa elevação do nível do mar nos processos de submersão do material terrígeno nas plataformas continentais atuais, ainda que preservados, estão em desequilíbrios com os padrões dinâmicos vigentes.

Brandão (2008) pondera que "mais de 70% da linha de costa do mundo têm sido afetadas pela erosão nas últimas décadas". A maior parte das pesquisas sobre esse tema encontra-se no hemisfério Norte, onde há o processo de submersão das zonas costeiras.

A respeito do aumento da temperatura no século XX, considerando o período desde 18 mil anos atrás até o início do século XX, o clima global esquentou vários graus, o nível do mar subiu cerca de 120 metros e a concentração de CO_2 passou de 180 para

280 ppmv (partes por milhão em volume). Além do aumento do nível do mar, há também o aumento da frequência de fenômenos atmosféricos drásticos, como os tornados, ciclones e furacões e a mudança do seu padrão de distribuição (Teixeira *et al*., 2009).

É possível afirmar que "se o nível do mar subir em decorrência de um aquecimento global, as águas subterrâneas nas terras baixas das regiões costeiras poderão se tornar salgadas, à medida que a água do mar for invadindo os aquíferos" (PEIXINHO e FEITOSA, 2008).

OS PROCESSOS DE EROSÃO COSTEIRA PELO AVANÇO DO MAR

Seguindo a equação de Brunn (1962), a alternância dos níveis do mar na sua elevação ou diminuição modifica o equilíbrio da zona litorânea. Isso acarretará uma ação erosiva sobre a linha de costa até que uma nova relação de equilíbrio seja restabelecida. Eles estão compreendidos por três processos naturais: Ciclo de glaciação e deglaciação (glacioeustasia), eventos de tectônica global (tectoeustasia) e a variação da configuração da forma geoide (geoidoeustasia).

As evidências de erosão no litoral do Brasil foram constatadas por estudos diante das respostas fisiográficas ocasionadas pela elevação do mar. Bird (1987, apud Muehe, 1995) contextualizou tais respostas de acordo com as mudanças ocorridas desde o Holoceno. Nos depósitos do Grupo Barreiras, as falésias se tornam as feições que deverão sofrer com o avanço do mar os consequentes processos erosivos. O processo de elevação do nível do mar se torna muito acelerado desde a transgressão holocênica, "principalmente em decorrência do descongelamento das geleiras, numa taxa de 100 cm por século" (MUEHE, 1995).

Com isso, as feições deposicionais emersas de origem marinha ficaram dependentes da estabilização do nível do mar, destruindo-se e afogando-se pela ação marinha transgressiva. A morfologia das feições topográficas costeiras atuais está direcionada pelo estoque de sedimentos acumulados na plataforma continental pelo sistema fluvial na fase regressiva do mar e pela erosão dos depósitos sedimentares continentais (Grupo Barreiras) na fase transgressiva do mar.

Suguio (2010) comenta que "mais de 70% das costas arenosas do mundo têm exibido uma tendência erosiva nas últimas décadas", estando o nível do mar como a principal causa do fenômeno. Brandão (2008) explica que "devido ao frágil equilíbrio existente entre os diferentes processos físicos atuantes e a complexidade de ecossistemas presentes, caracterizam-se como uma área de elevada vulnerabilidade". O autor (Brandão, 2008, *op cit*.) considera que a erosão costeira é o resultado do conflito de um processo natural, do recuo da linha de costa e das atividades humanas, estando o controle do problema no gerenciamento e ordenamento territorial dessas áreas.

Muehe (2001) comenta que linhas de costa onde há a presença de praias arenosas e falésias sedimentares estão suscetíveis à erosão por conta de uma eventual elevação do nível do mar. Esse ajustamento dependerá, no caso, pelas características geomorfológicas e petrográficas.

Se houver perda de sedimentos (volume de sedimentos) que alimenta o setor costeiro, a linha de costa tende a recuar, configurando-se então o processo de erosão. Se esse suprimento se mantém, ocorre a estabilização. Se houver o incremento do volume de areia na área, a linha de costa avança em direção ao mar (progradação).

A respeito da equação de Bruun (1962), no caso das praias arenosas, segue-se a seguinte relação entre o recuo erosivo em resposta pela elevação do nível do mar:

$$R = \frac{L}{B+h}.S$$

Onde: “R” é o recuo erosivo da linha de costa devido a elevação do nível do mar (m), “S” é a elevação do nível do mar (m), “L” é comprimento do perfil ativo (m), “h” é a altura entre a profundidade de fechamento, em metros, de acordo com o nível inicial do mar.

Segundo Belligotti (2009) e Wang e Davis Jr. (2007), a profundidade de fechamento corresponde a área entre a zona ativa de transporte de sedimentos no segmento litorâneo submerso adjacente à praia, da área mais profunda onde ocorre reduzida deposição e erosão em um determinado intervalo de tempo.

Belligotti (2009) afirma que não há necessidade de precisão dos resultados para a medida da profundidade de fechamento, os valores obtidos representam dados gerais que representam uma específica área, podendo oscilar em um curto período de tempo, diante do intenso fluxo sedimentar dos ambientes litorâneos. O valor obtido dessa profundidade pode variar espacialmente de acordo com a rugosidade e geometria do fundo marinho. Essas medidas são válidas para analisar o cenário atual da dinâmica sedimentar.

A altura do perfil ativo (B) pode ser encontrada pela soma da altura de uma feição emersa até a profundidade do seu fechamento. A medida “L” é a distância horizontal da altura da feição até a profundidade do seu fechamento.

Utiliza-se a equação proposta por Wang e Davis Júnior (2007), na qual simplifica as equações anteriormente formuladas para o calculo da profundidade de fechamento, sendo necessária apenas a altura média anual das ondas, definindo a equação em: Hc = 12,25Hs_anual, na qual Hs_anual está atribuído a média anual das ondas em um determinado local, estimado em 1,1 m segundo Morais et al.(2006).

Hc = 12,25 x 1,1 = 13,4 m.

Para a resolução teórica e demonstrativa do recuo erosivo da linha de costa utilizou-se a altura da pós-praia de um perfil qualquer, obtendo 1 metro de altura. A distância do perfil ativo até o seu fechamento será considerado até 2.570 metros. Na equação observa-se que quanto menor o comprimento do perfil ativo menor será o recuo. Praias que apresentam um elevado comprimento do perfil ativo se caracterizam por serem totalmente dissipativas, permitindo o depósito de sedimentos em longas distâncias da face de praia.

No caso da incógnita “S”, na qual se refere a elevação do nível do mar, serão utilizados as medições conferidas no relatório apresentado pelo IPCC (2018). Ao todo, são seis cenários climáticos previstos para o século XXI. No caso deste calculo demonstrativo, serão dimensionados apenas dois casos para a elevação do nível médio do mar (ENM):

Cenário otimista = 0,18 m;

Cenário pessimista = 0,56 m.

Cenário otimista: R = 2570/1 + 13,4 x 0,18 → R = 32 m

Cenário pessimista: R = 2570/1 + 13,4 x 0,56 → R = 100 m

O conhecimento acerca da profundidade de fechamento torna-se importante para um melhor gerenciamento das atividades costeiras, balanço sedimentar e evolução da linha de costa. Belligotti (2009) pondera que é necessário alertar que a extração de areias deve ocorrer em profundidades bem acima do fechamento, de forma a não interferir no equilíbrio das praias. Na proporção em que os depósitos de sedimentos ocupam áreas em maiores profundidades de fechamento o avanço do mar se intensifica, pois há

um desequilíbrio nestes depósitos entre as porções emersa e submersa.

Tem se registrado a subida do mar a partir do degelo nos continentes como consequência do aumento da temperatura no século XX, não havendo testemunhos de se atribuir esse aumento a uma intervenção direta promovida por ações antrópicas. Porém, é notório perceber as diversas causas antropogênicas (poluição atmosférica, efeito estufa e o buraco da camada de ozônio) como supostas influenciadoras das alterações maléficas do clima local.

Apesar dos dados do IPCC serem relativos e generalizantes, eles se constituem como um prognóstico a ser trabalhado na organização e reordenamento espacial, tanto na esfera local como para o global.

Na escala local e regional é preciso discutir as formas de gerenciamentos dos recursos naturais na zona costeira. De acordo com Muehe (2006) a ocupação irregular sobre a faixa de praia tende a desequilibrar o fluxo de transporte de sedimentos promovidos pela ação mecânica do mar, condicionando assim transformações significativas das feições da linha de costa. É possível observar que tais modificações são possíveis por falta de sedimentos e esgotamento da fonte, principalmente na plataforma continental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório saber que os processos que intensificam os fenômenos que influenciam as mudanças climáticas trazem consequências visíveis em diversas escalas. Podemos citar eventos catastróficos como os furacões, a constante mortalidade dos recifes de corais, as ameaças de sobrevivência da fauna e da flora no mar e no estuário, a constante erosão costeira e o aumento do nível do mar pelo derretimento das geleiras do tipo islands. A ocorrência desses fatores deve estar em uma perspectiva crescente na proporção em que o ser humano altera a composição química da atmosfera a partir da emissão de gases que provocam uma alteração nos mecanismos de absorção e liberação da energia proveniente dos raios solares. É necessária a construção de uma discussão mais específica e aprofundada sobre os agentes astronômicos que mantêm uma importante função de regular e modificar as condições climáticas no nosso planeta, em especial os estudos dos diversos ciclos solares e lunares. O principal propósito está em contribuir para um conhecimento mais apurado a fim de promover uma forma consciente de uso e ocupação das zonas costeiras de forma ordenada, entendendo que se trata de áreas dinâmicas e vulneráveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa para a realização de dissertação no Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCIO, C. E. 2007. Precipitação de CaCO3 em algas marinha calcárias e balanço de CO2 atmosféricos: Os depósitos calcários marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono? Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, 64p.

BELLIGOTTI, F. M. 2009. Avaliação metodológica da profundidade de convergência (profundidade de fechamento) de perfis de três praias de energia moderada a alta no litoral do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências,

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 151p.

BRANDÃO, R. L. 2008. Regiões costeiras. In: SILVA, C. R. Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 89 – 97 (Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210).

BRUNN, P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, 88, p. 117 – 130 (ISSN (online): 1943-5460).

COMPO, G. P.; SARDESHMUKH, P. D. 2009. Oceanic influences on recent continental warming. Climate Dynamics. 32 (2- 3): p. 333 – 342 (DOI: 10.1007/s00382-008-0448-9).

DIÁRIO DO NORDESTE, Ceará apresenta mais de 11% de área em processo de desertificação. In: http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara-apresenta-mais-de-11-de-area-em-processo-de-desertificação (Acessado: Agosto de 2018).

FERREIRA, F. F.; ALVES, J. M. B.; COSTA, A. A. 2004. Um estudo dos impactos das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) em macrorregiões, pluviometricamente homogêneas, no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 12, n. 1, p. 193 – 204 (Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=9004&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ALVES,%20J.%20M.%22&qFacets=autoria:%22ALVES,%20J.%20M.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=).

FRAZÃO, E. P. 2003. Caracterização hidrodinâmica e morfosedimentar do estuário Potengi e áreas adjacentes: subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarboneto. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 195p.

FUNCEME, Campos de TSM e Vento no Atlântico Tropical. In: http://www.funceme.br/index.php/areas/19-monitoramento/oceanogr%C3%A1fico/403-campos-de-tsm-e-vento-no-atlantico-tropical (Acessado: janeiro de 2019).

_____, Índice de aridez para o Ceará. In: http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tem%C3%A1ticos/542%C3%ADndice-de-aridez-para-o-cear%C3%A1 (Acessado: dezembro de 2018).

_____, Monitoramento Global Semanal. In: http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/631-monitoramento-global-semanal (Acessado: janeiro de 2019).

GREGORY, J. 2013. Projections of sea level rise. Lead author, Chapter 13, Sea level change, p. 1137 – 1216 (Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf).

IPCC, Projeções de futuras mudanças no clima. In: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspm-projections-of.html (Acessado: agosto de 2018).

LIRA, M. V. 2016. Caracterização da dinâmica ambiental dos municípios de Barroquinha e Chaval, Estado do Ceará, por meio do uso de geotecnologias. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Geologia, dissertação de mestrado, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará (UFC), 138p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J. M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. Bol. IG – USP, Publicação Especial; N° 15, 186p (DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2317-8078.v0i15p01-186).

MENDONÇA, F.; DANNI – OLIVEIRA, I. M. D. 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. Oficina de textos, São Paulo (ISBN: 9788586238543).

MMA, Efeitos estufa e aquecimento global, Ministério do Meio Ambiente (MMA). In: http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-

estufa-e-aquecimento-global (Acessado: junho de 2018).

MOLION, L. C.B. 2007. Gênese do El Niño. Revista Brasileira de Climatologia, ano 13, vol. 21, julho – dezembro, p . 1 – 4 (DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51873) .

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. D.; CARVALHO, A. D.; PESSOA, P. R. S. & OLIVEIRA, S. H. M. Ceará. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 132 – 154 (ISBN 85-7738-028-9).

MUEHE, D. 1995. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, 2ª ed., Rio de Janeiro, p. 253 – 308 (ISBN: 8528603261).

_____. 2001. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, Nº 1, p. 35 – 44 (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258089324_Criterios_Morfodinamicos_para_o_Estabelecimento_de_Limites_da_Orla_Costeira_para_fins_de_Gerenciamento).

_____. 2006. Erosão e progradação no litoral brasileiro. MUEHE, D. (Organizador). Brasília: MMA (ISBN 85-7738-028-9).

NASA, Sea Level (Latest Measurement: April, 2018), Global Climate Change, Vital Signs of The Planet – NASA. In: http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/ (Acessado: junho de 2018).

OLIVEIRA, M. J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. 2017. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. Terræ Didatica, 13 (3), p.149 – 184 (http://dx.doi.org/10.20396/td.v13i3.8650958).

PATCHINEELAM, S. M. 2004. Circulação oceânica. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. e SICHEL, S. E. Introdução à Geologia Marinha. Editora interciência, p. 153 – 174 (ISBN-13: 9788571930988).

PEIXINHO, F. C.; FEITOSA, F. A. C. 2008. Água é vida. In: SILVA. C. R (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 58 – 63 (Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210).

PONZI, V. R. A. 2004. Sedimentação marinha. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. e SICHEL, S. E. Introdução à Geologia Marinha. Editora interciência, p. 219 – 242 (ISBN-13: 9788571930988).

RAMOS, M. A. B.; VIANA, S. M.; SANTO, E. B. S. E. 2008. Mudanças climáticas. In: SILVA. C. R. (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 163 – 173 (Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210).

RIBEIRO, A. G.; GONÇALVES, R. N. 1981. RADAMBRASIL, Projeto. Levantamento de recursos naturais: Climatologia. Programa de integração nacional. Ministério de Minas e Energia. Folha SA.24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, 488p. (ISBN: 2408139300).

SANTOS, A. 1986. As Águas da Região de Carajás. In: ALMEIDA JR. J. M. G. Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. São Paulo, Ed. Brasiliense/CNPq, 156-183, terraço – 201620023.

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; MEDEIRO, S. R. R. 2011. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.1, 149 – 156. (ISSN: 0102-7786; *On-line version* ISSN: 1982-4351)

SILVA, C. R.; RAMOS, M. A. B.; SILVA; A. J. P.; DANTAS; M. E. 2008. Começo de tudo. In: SILVA. C. R (org.). Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro.

CPRM, Rio de Janeiro, p. 11 – 19 (Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210).

SHORT, A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. Revista Chilena de História Natural, v. 69, p. 589 – 604 (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285479775_The_role_of_wave_height_period_slope_tide_range_and_embaymentisation_in_beach_classifications_A_review).

SUGUIO, K. 2010. Geologia do quaternário e mudanças ambientais. Oficina de textos, São Paulo (ISBN: 978-85-7975-000-7).

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de; TAIOLI, F (org.). 2009. Decifrando a terra. Companhia Editora Nacional, 2ª edição, São Paulo - SP (ISBN: 9788504014396).

WANG, P. & DAVIS Jr., R. A. 2007. Profundidade de fechamento e perfil de equilíbrio de praia um estudo de caso em Sand Key, Florida. Mercator – Revista de Geografia da UFC (Universidade Federal do Ceará), ano 06, número 12 (DOI 10.4215/RM0000.0000.0000).

Capítulo 29

Estimativa do transporte longitudinal de sedimentos na costa brasileira

ESTIMATIVA DO TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS NA COSTA BRASILEIRA

Thaísa Beloti Trombetta[1,2], Wiliam Correa Marques[1,3] & Ricardo Cardoso Guimarães[1,4]

[1]Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Laboratório de Análise Numérica e Sistemas Dinâmicos, Avenida Itália, km 8, Campus Carreiros, CEP 96203-000, Rio Grande - Rio Grande do Sul, Brasil.
[2]thaisabtrombetta@gmail.com
[3]wilianmarques@furg.br.
[4]ricardo_guimaraes@hotmail.com.br.

RESUMO

As praias estão constantemente sofrendo alterações morfológicas devido à interação entre componentes energéticos e desequilíbrios no suprimento sedimentar local. O presente trabalho tem como finalidade estimar o transporte longitudinal de sedimentos em diferentes setores da costa brasileira, identificando as médias anuais e o seu sentido predominante. O estudo foi realizado para o período compreendido entre os anos de 1979 e 2015, utilizando a modelagem computacional para investigar o comportamento das ondas, e formulações empíricas para calcular as taxas de transporte longitudinal de sedimentos. Os resultados destas taxas médias anuais seguiram a tendência demonstrada em estudos pretéritos, concordando em ordem de grandeza e direção predominante do transporte. O local onde o transporte de sedimentos apresentou-se bastante acentuado refere-se a Maceió (Alagoas), e o menor, em Carnaubinha (Rio Grande do Norte). Assim, foi observado que as maiores variações do transporte de sedimentos, ao longo da costa brasileira, ocorreram na Região Nordeste. Com este estudo, são disponibilizadas informações relacionadas ao comportamento das ondas e do transporte sedimentar ao longo de toda a costa brasileira, diferentemente dos estudos disponíveis na literatura que são realizados de forma pontual e abordam somente regiões específicas. Dessa forma, os resultados apresentados neste trabalho podem ser considerados em futuros projetos, que envolvam a gestão e o manejo sustentável da zona costeira.

Palavras-chave: Transporte de Sedimentos, Modelagem Numérica, Zona Costeira, CERC, Kamphuis.

LONGITUDINAL SEDIMENT TRANSPORT ESTIMATION IN BRAZILIAN COAST

ABSTRACT

Sand beaches are constantly suffering morphological alterations due the interaction between energetic components and unbalances at the local sediment supply. The present work aims to estimate the longitudinal sediment transport in different sectors of the Brazilian coast, establishing the anual means, and its predominant direction. The study has been developed using, computational models, to investigate the waves comportment, and empirical formulations to calculate the longitudinal sediment transport rates, between the years from 1979 and 2015. The obtained results showed good agreement with past studies, mostly when comparing the, magnitudes and the predominant direction of the sediment transport. One of the locations which presented highly accentuated sediment transport was Maceió (Alagoas), and one which presented small rates, was Carnaubinha (Rio Grande do Norte). Thus, it was possible to recognise that the highest fluctuations of the sediment transport, over the Brazilian coast, occurs at the Northeast region. This work also provides informations related to the waves and sediment transport, along all the Brazilian coast, differing from other studies which study specific regions or punctual locations. In this manner, the

results presented in this work could be considered for future projects associated to the management and sustainable handling of the coastal zone.

Key-words: Sediment Transport, Numerical Modeling, Coastal Zone, CERC, Kamphuis.

INTRODUÇÃO

O transporte longitudinal de sedimentos (TLS) é um fator condicionante para ocorrência de mudanças morfológicas em ambientes costeiros. A falta de planejamento e gestão com relação ao transporte de sedimentos, seja por causas naturais ou induzidas pelo homem, pode alterar a curto ou longo prazo o equilíbrio existente em regiões costeiras. O conhecimento prévio do clima de ondas local e do TLS representa uma fonte de informação essencial para a elaboração de projetos, planos de gerenciamento costeiro e aplicações em análises de risco à erosão. Associada aos fenômenos naturais, a expansão urbana sobre as zonas litorâneas é prejudicial à capacidade natural que o ambiente costeiro tem de se adaptar às mudanças.

No Brasil, as pressões socioeconômicas nas zonas costeiras vêm desencadeando, ao longo do tempo, um processo acelerado de urbanização não planejada e intensa degradação dos recursos naturais (Souza, 2002). Segundo Wisner et al. (2003), a ocupação em áreas inadequadas tem desencadeado e/ou acelerado processos erosivos ao longo da costa. Dessa forma, o estudo do transporte de sedimentos marinhos torna-se uma importante ferramenta para o monitoramento da dinâmica costeira, visto que dependendo das potencialidades de movimento e transporte dos sedimentos no litoral, significativos processos erosivos e de sedimentação podem ser desencadeados.

Inserido neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade estimar o TLS em diferentes setores da costa brasileira, identificando as médias anuais e o sentido predominante do transporte. Para isso, o clima ondulatório em toda a região de estudo foi analisado com auxílio da modelagem computacional de ondas, e o TLS foi calculado empregando os modelos propostos pelo *Coastal Engineering Research Center* (CERC, 1984) e por Kamphuis (1991). A fórmula que melhor se aplica em cada região também foi definida, comparando os resultados a estudos prévios referentes à temática.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo considerada na análise do comportamento ondulatório abrange toda a Plataforma Continental Brasileira, estendendo-se entre as latitudes 4° Norte, próximo ao Cabo Orange no Amapá, e 34° Sul, ao longo da barra do Arroio Chuí, no Rio Grande do Sul. Por outro lado, para análise do TLS, foi considerada a totalidade da zona costeira brasileira.

Em relação à caracterização sedimentológica das praias brasileiras, e para identificação do diâmetro médio dos sedimentos (D_{50}), optou-se pela divisão da costa do Brasil em quatro trechos distintos.

1. Chuí (RS) a Cabo Frio (RJ) - D_{50} igual a 0,06 mm;
2. Cabo Frio (RJ) a Aracaju (SE) - D_{50} igual a 0,5 mm;
3. Aracaju (SE) ao Parnaíba (PI) - D_{50} igual a 1 mm;
4. Parnaíba (PI) ao Cabo Orange (AP) - D_{50} igual a 0,06 mm.

Esta divisão foi definida com base na carta sedimentológica oriunda de dados provenientes das expedições do Programa ReviZEE e disposta pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

É importante ressaltar que as formulações aplicadas neste estudo permitem a utilização de apenas uma fração sedimentar. Sendo assim, houve a necessidade de simplificar os dados sedimentológicos ao longo de toda a costa brasileira, sendo considerada

apenas a fração sedimentar dominante nos diferentes trechos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo de ondas de terceira geração Tomawac (TELEMAC - *Based Operational Model Addressing Wave Action Computation*) foi aplicado no estudo para simular o estado do mar ao longo de 37 anos (1979 a 2015). O Tomawac calcula as ondas geradas por vento, levando em consideração a maioria dos processos físicos (*shoaling*, *whitecapping*, dissipação de energia induzida pelo atrito com o fundo, interações geradas pela atmosfera e refração induzida pela batimetria).

Para realização das simulações, foi construída uma malha não estruturada, composta por 547 479 nós, e com refino de 55 km na zona oceânica e de 500 m na zona costeira (Fig. 1). Os dados batimétricos foram retirados das cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e do *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO).

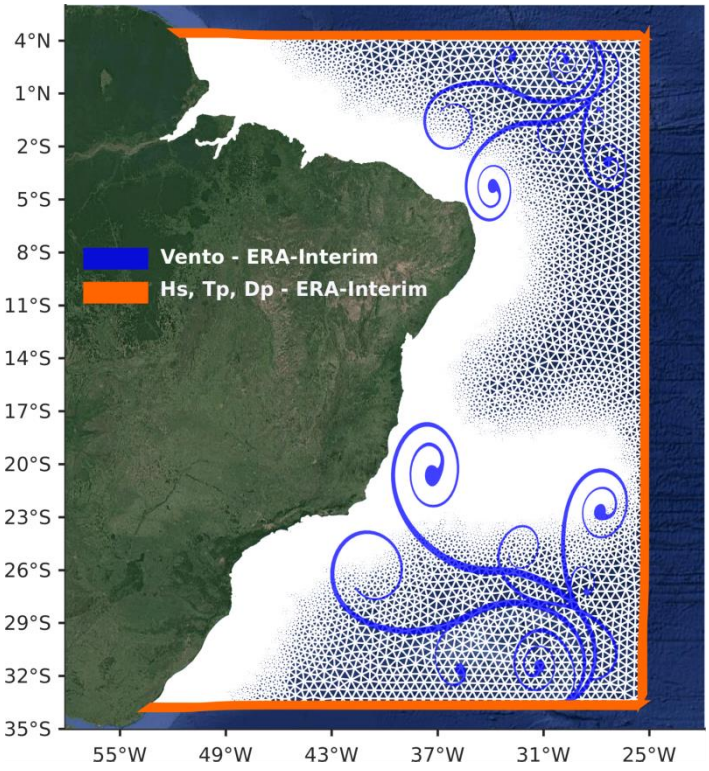


Figura 27 - Malha não estruturada e condições de contorno consideradas.

O modelo Tomawac foi inicializado do repouso. As condições de contorno oceânicas foram impostas com dados de altura significativa (Hs), período de pico (Tp) e direção de pico (Dp), e a superfície foi forçada com dados de vento. As condições impostas no modelo foram retiradas da base de dados do modelo de reanálise ERA Interim (www.ecmwf.int) do European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).

As condições de contorno impostas no domínio numérico do modelo Tomawac, estão muito próximas das regiões sul e norte do Brasil, o que pode influenciar nos resultados, diminuindo sua confiabilidade. Dessa forma, optou-se por desconsiderar uma porção destas áreas nas análises do TLS.

Para o cálculo do TLS, foram aplicadas as formulações desenvolvidas pelo CERC (1984) e por Kamphuis (1991). As informações inseridas nos cálculos foram estimadas para a linha de arrebentação da onda (relação entre a altura da onda e a profundidade), a qual, segundo a teoria das ondas solitárias, possui um limite de 0, 78.

A fórmula proposta pelo CERC (1984), que calcula as taxas de TLS (Qv), em $m^3.s^{-1}$ é a seguinte:

$$Qv = \frac{K\rho_a g^{1/2} {H_{s,b}}^{5/2} \sin(2\alpha_b)}{16(\gamma_b^{\frac{1}{2}})\,(\rho_s - \rho_a)(1-p)}$$

onde K é o coeficiente adimensional, ρ_a é a massa específica da água do mar, g é a aceleração da gravidade, H_{sb} é a altura significativa da onda na linha de quebra, α_b é o ângulo de incidência das ondas na linha de quebra (graus), γ_b é o parâmetro de quebra, ρ_s é a massa específica dos sedimentos e p é a porosidade dos sedimentos.

O valor do coeficiente K, recomendado pelo *Shore Protection Manual* (CERC, 1984), foi derivado da pesquisa de campo de Komar & Inman (1970), onde 0,39 se mostrou o melhor ajuste para as praias americanas. No entanto, a expressão se torna mais confiável se o coeficiente for calibrado com dados característicos de cada região.

Neste estudo, além da aplicação do valor constante proposto pelo CERC (1984), o coeficiente *K* foi calculado utilizando as seguintes formulações:

- Kamphuis et al. (1986):

$$K = 0.022\sqrt{\frac{\gamma_b H_{s,b}}{D_{50}}}$$

- Mil-Homens et al. (2013):

$$K = \left[2237.7\left(\frac{H_{s,b}}{L_0}\right)^{1.45} + 4.505\right]^{-1}$$

sendo L_0 o comprimento da onda (m).

Adicionalmente, o cálculo do transporte longitudinal de sedimentos também foi realizado considerando a formulação do Kamphuis (1991), sendo expressa em $m^3.ano^{-1}$ (Q'_v):

$$Qv' = \frac{6.4 \times 10^4 \left(H_{s,b}\right)^2 \left(T_p\right)^{1.5} (m_b)^{0.75} [sin^{0.6}\,(2\alpha_b)]}{(D_{50})^{0.25}}$$

onde T_p é o período de pico das ondas e m_b é a declividade do perfil praial na arrebentação.

VALIDAÇÃO

O modelo Tomawac foi validado através da comparação das séries temporais de altura significativa (Hs) obtidas do modelo com os dados medidos pelas boias do Programa Nacional de Boias (PNBOIA) para o ano de 2012. Foram analisadas as boias localizadas no Rio Grande do Sul (31° 34’ 12”S, 49° 51’ 36”W) e no Rio de Janeiro (22° 52’ 46"S, 42° 01’07”W), na profundidade de 200m.

Para quantificar a comparação, algumas métricas estatísticas foram testadas, como erro quadrático médio (RMSE) e o Viés, as quais anteriormente já foram utilizadas em estudos similares (Hallak & Pereira, 2011; Teegavarapu, 2012).

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos calculados para comparar os dados do modelo e das boias.

Parâmetro	RIO GRANDE		CABO FRIO	
	Tomawac	PNBOIA	Tomawac	PNBOIA
Hs	2,38	2,36	1,16	1,35
RMSE	0,8008		0,5171	
Viés	0,0054		0,1959	

O parâmetro Hs demonstrou uma média aceitável nos dois pontos analisados, com valores similares em Rio Grande. Para o RMSE, os valores resultaram acima do esperado, uma vez que valores próximos a zero são os ideais para este parâmetro estatístico. Em contrapartida, para o Viés, que indica se o modelo está superestimando ou subestimando os resultados, os valores resultaram adequados. Dessa forma, tais métricas mostraram uma boa relação entre os dados modelados pelo Tomawac e medidos pelo PNBOIA.

Para a validação do cálculo do TLS, as formulações propostas pelo CERC (1984) e por Kamphuis (1991) foram aplicadas em diferentes pontos nas zonas costeiras das regiões sul, sudeste e nordeste do litoral brasileiro, e comparadas a estudos anteriores relacionados à temática (Tab. 2).

Tabela 2 - Validação do Transporte Longitudinal de Sedimentos em 10^6 m³/ano. O sinal negativo indica que a deriva litorânea é direcionada para Sul.

Local	CERC (1984)			Kamphuis (1991)	Estudo prévio
	0,39	*Kamphuis*	*Mil-Homens*		
B. Barra Do Sul	1,77	**0,40**	0,31	1,11	0,46
Cibratel	- 1,65	**- 0,36**	- 0,30	- 0,52	- 0,40
Linhares	2,19	**0,16**	0,29	0,19	0,16
Natal	0,70	0,03	0,10	**0,08**	0,08
Galinhos	0,32	0,01	**0,09**	0,05	0,18

Para a Região Sul, em Balneário Barra do Sul (Santa Catarina), o estudo de Castilhos & Gré (2006) atingiu 459 900 $m^3.ano^{-1}$, resultando próximo ao transporte calculado com a fórmula proposta pelo CERC (1984), com o parâmetro K calibrado por Kamphuis et al. (1986). Além disso, a direção do transporte de Sul para Norte conferiu validade ao local analisado.

Em relação à Região Sudeste, no litoral paulista, o transporte foi validado na Praia de Cibratel com base na proximidade dos resultados fornecidos pela fórmula do CERC (1984), com o parâmetro K calibrado por Kamphuis et al. (1986), em relação ao estudo de Araújo & Alfredini (2001). Os valores de transporte resultaram em 356 760 $m^3.ano^{-1}$ e 400 000 $m^3.ano^{-1}$, respectivamente, podendo ser considerado com ordens de grandeza semelhantes. A direção do transporte, orientada para Sul, também confirmou a validação.

Ainda na Região Sudeste, em Linhares (Espírito Santo), o TLS calculado com a formulação do CERC (1984), com o parâmetro K calibrado por Kamphuis et al. (1986), resultou em 159 600 $m^3.ano^{-1}$. Este valor se aproximou de 161 000 $m^3.ano^{-1}$, que foi encontrado no estudo de Oliveira et al. (2015). Além disso, a deriva litorânea também resultou dominante para Norte.

Para a Região Nordeste, em Natal (Rio Grande do Norte), as taxas de TLS resultaram em 84 501 $m^3.ano^{-1}$, considerando a fórmula de Kamphuis (1991), com transporte dominante para Norte. Este local foi comparado ao estudo de Araújo (2015), que demonstrou taxas de transporte de aproximadamente 80 000 $m^3.ano^{-1}$, com direção de transporte para o Norte, conferindo a validade dos dados obtidos.

Por fim, no município de Galinhos (Rio Grande do Norte), as taxas de TLS resultaram semelhantes em ordem de grandeza, ao comparar a formulação do CERC (1984), com o K calibrado por Mil-Homens et al. (2013), com o estudo de Marcelino et al. (2018). Os resultados foram 86 275 $m^3.ano^{-1}$ e 185 839 $m^3.ano^{-1}$, respectivamente. O transporte dominante no sentido Leste-Oeste também foi validado.

Dessa forma, para o presente estudo, o TLS foi calculado em trechos ao longo de toda a costa brasileira, sendo considerada uma metodologia específica para cada intervalo, com o correspondente diâmetro dos sedimentos, conforme definido anteriormente. De forma geral, os resultados calculados apresentaram semelhanças no que diz respeito às ordens de grandeza do transporte médio anual e ao sentido da deriva litorânea.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesta seção são provenientes de uma simulação de ondas geradas pelo vento, com duração de 37 anos, entre 1979 e 2015. Inicialmente, os resultados obtidos são apresentados na forma de campos médios para as variáveis: período de pico e ângulo de incidência de ondas, calculadas para toda a região de estudo. Estes parâmetros de onda foram posteriormente utilizados no cálculo do TLS.

Para o período de pico médio das ondas na região de estudo, foram verificados valores próximos a 9,5 s, que são provenientes de ondas de tempestades

distantes, e podem ser classificadas como ondulações (*swell*). No Rio Grande do Sul e no litoral sul da Bahia, ocorreu uma redução no período conforme as ondas se aproximam da costa, variando de 9 s a 6 s. Estas ondas, geradas por efeito de ventos locais soprando sobre o mar, possuem períodos mais curtos e são denominadas vagas (*sea*).

Nas regiões ao Norte, os períodos médios das ondas são particularmente menores que nas demais regiões, atingindo no máximo 8 s e diminuindo para 7 s nas proximidades da costa. Estes resultados são similares ao estudo de Pianca et al. (2010), que analisaram o clima de ondas da região ao largo da costa brasileira, assim como, Araújo et al. (2003) e Contestabile et al. (2015) na Ilha de Santa Catarina e Araújo & Alfredini (2001) no litoral paulista.

O ângulo de incidência das ondas demonstrou que no setor entre o Rio Grande do Sul e o Rio de Janeiro, as ondas atingem a costa advindas de Sudeste e Leste, devido à ação dos ventos de quadrante Sul. No trecho entre o Espírito Santo e o Rio Grande do Norte, a direção de incidência das ondas é predominante do quadrante Leste, com algumas variações em regiões específicas. Já no setor entre o Ceará e o Amapá, as ondas incidem na costa advindas de Leste e Nordeste, devido à ação dos ventos alísios de nordeste e sudeste, que convergem sobre a região (Pianca et al., 2010).

As tabelas apresentadas a seguir demonstram as taxas médias do TLS para diferentes pontos ao longo da costa brasileira. A metodologia considerada em cada trecho e o D_{50} foram indicados. É importante relembrar que setores das regiões norte e sul não foram inseridos no cálculo do TLS, devido à possibilidade de sofrerem influências das condições de contorno impostas no domínio numérico do modelo TOMAWAC. Tal fato, possivelmente, causaria variações nos resultados.

Na Tabela 3 são apresentados dois trechos da costa brasileira. O primeiro considera D_{50} igual a 0,06 mm, e o segundo, 0,5 mm. Para os dois trechos foi aplicada a formulação do CERC (1984), com o K calibrado por Kamphuis et al. (1986).

Tabela 3 – Resultados do Transporte Longitudinal de Sedimentos em m³/ano. O sinal negativo indica que a deriva litorânea é direcionada para Sul.

D_{50} (mm)	CERC (1984) Kamphuis et al. (1986)	Taxas (m³/ano)
0,06	Baln. Barra Sul – SC	402 970
	Matinhos – PR	142 240
	Iguape - SP	320 430
	Cibratel – SP	- 356 760
0,5	Praia do Açu – RJ	151 060
	P. Formosa – ES	-169 030
	Linhares – ES	159 600
	Belmonte – BA	127 780

Segundo Pianca et al. (2010), a costa sul e sudeste são atingidas por ondas geradas por altas tempestades no Atlântico Sul, com ondas mais energéticas advindas de Sul e Sudeste, o que confirma o sentido resultante do transporte de sedimentos para Nordeste. Para os estados de Santa Catarina e Paraná, alguns estudos quantificaram o TLS, sendo possível destacar: Veiga et al. (2004), Castilhos & Gré (2006), Abreu (2011) e Wosiacki & Gobbi (2012). Embora tenham ocorrido variações nas estimativas obtidas por estes autores, o sentido de deriva preferencial de sul para norte foi mantido, sendo este resultado reflexo do clima de ondas incidente na região.

No litoral paulista, é observado que o transporte tem sentido dominante para Sudoeste, em conformidade com o estudo de Araújo & Alfredini (2001), o que pode ser explicado pelo fato do rumo geral do litoral paulista ter sentido Nordeste-Sudoeste, juntamente ao predomínio temporal do Anticiclone Tropical do Atlântico (gerando ondas de Nordeste e Leste). Por outro lado, em condições onde os

Anticiclones Móveis Polares predominam, com ondas provenientes do rumo Sul e Sudeste, a deriva passa a se propagar para Nordeste.

No setor litorâneo compreendido entre Praia do Açu e Belmonte, as ondas mais efetivas no transporte sedimentar, segundo Tessler & Goya (2005), são predominantemente geradas pelos ventos do quadrante Leste, e variam conforme as variações da linha de costa. Isto explica as direções opostas encontradas em Linhares e Praia Formosa, no Espírito Santo.

Poucos estudos que estimam o TLS foi realizados para o litoral do Rio de Janeiro, podendo ser destacado: Cassar & Neves (1993), Bastos & Silva (2000) e Machado et al. (2018). As estimativas obtidas pelos autores demonstraram diferenças, entretanto, todos observaram que a deriva dominante nas proximidades do Cabo de São Thomé é para Norte.

Para Belmonte e outros pontos no estado da Bahia, segundo Bittencourt et al. (2000), a deriva é dominante para Norte pois as ondas atingem este setor advindas de Sudeste, corroborando com os resultados encontrados.

Na Tabela 4 também são apresentados três trechos da costa brasileira. O primeiro considera D_{50} igual a 0,5 mm, e o outros dois, 1 mm. Para os dois primeiros trechos foi aplicada a formulação do Kamphuis (1991), e para o terceiro, a formulação do CERC (1984), com o K calibrado por Mil-Homens et al. (2013).

Tabela 4 - Resultados do Transporte Longitudinal de Sedimentos em m³/ano. O sinal negativo indica que a deriva litorânea é direcionada para Sul.

D_{50} (mm)	Kamphuis (1991)	Taxas (m³/ano)
0,5	Una – BA	293 640
	Ilhéus – BA	646 810
	B. Coqueiros – SE	-269 940
	Maceió - AL	-769 200
1,0	Olinda – PE	418 600
	Cabedelo - PB	154 000
	Natal - RN	160 560
	Carnaubinha – RN	39 470
D_{50} (mm)	CERC (1984) Mil-Homens et al. (2013)	Taxas (m³/ano)
1,0	Touros - RN	387 750
	Galinhos – RN	86 275
	Acaraú – CE	43 188
	Parnaíba – PI	48 200

No trecho entre o litoral da Bahia e do Rio Grande do Norte, incidem ondas provenientes dos ventos de Sudeste, indicando, assim, um transporte resultante para Norte. Os resultados demonstram este comportamento, com exceções apenas em Barra dos Coqueiros (Sergipe) e Maceió (Alagoas). Estas divergências podem ser explicadas devido às mudanças na orientação da linha de costa.

Estes resultados estão de acordo com o estudo de Bittencourt et al. (2000) e Bittencourt et al. (2008), que ressaltaram que os padrões de dispersão do TLS ao longo do litoral baiano são regulados pela orientação geral da linha de costa, somado ao sistema de circulação atmosférica.

No trecho entre Touros (Rio Grande do Norte) e Parnaíba (Piauí), a ação dos ventos está associada aos alísios de rumo Sudeste, segundo Tessler & Goya (2005), que geram ondas de Leste e Nordeste. Ademais, Muehe & Corrêa (1998) afirmaram que neste segmento costeiro, todo movimento é direcionado de para oeste, mesmo que outras ondas formadas por tempestades do Hemisfério Norte, incidam nesta região. Assim, todo transporte de sedimentos neste setor é direcionado de Leste para Oeste.

CONCLUSÃO

A partir da modelagem numérica das ondas geradas pelo vento foi possível obter os parâmetros de onda e uma posterior estimativa do TLS. Os resultados

das médias anuais obtidos a partir da técnica de divisão da costa brasileira em setores seguiram a tendência demonstrada em estudos pretéritos, concordando em ordem de grandeza e direção predominante do transporte.

O local onde a taxa de transporte de sedimentos apresentou-se bastante acentuada, refere-se a Maceió (Alagoas), com 769 200 $m^3.ano^{-1}$. Em relação à menor taxa, ocorreu em Carnaubinha (Rio Grande do Norte), com 39 470 $m^3.ano^{-1}$.

As variações demonstradas nas médias do transporte longitudinal de sedimentos, podem estar associadas ao diâmetro médio dos sedimentos e à declividade do perfil praial, uma vez que há uma variação significativa ao longo de toda a costa brasileira. Além disso, a metodologia aplicada nos diferentes trechos, também pode influenciar nos resultados.

Não obstante, os valores do TLS obtidos neste estudo se mostraram coerentes quando comparados com resultados de outros autores presentes na literatura, mesmo considerando as limitações do modelo Tomawac. Por fim, o presente trabalho contribui com informações sobre o comportamento das ondas e do transporte sedimentar ao longo de toda a costa brasileira, que podem ser úteis em futuros projetos de engenharia, que envolvam a gestão e o manejo sustentável da zona costeira brasileira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Nacional de Supercomputação (CESUP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) pelo uso do Supercomputador Santos Dumont. Também agradecem ao ECMWF pelos dados oceanográficos e meteorológicos utilizados nas condições de contorno e ao consórcio Open TELEMAC-MASCARET por fornecer o sistema TELEMAC. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) sob contrato 17/2551-001159-7 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sob contrato 304227/2016-1.

REFERÊNCIAS

Abreu, J. J., 2011. Transporte Sedimentar Longitudinal e Morfodinâmica Praial: Exemplo do Litoral Norte de Santa Catarina. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina.

Araújo, C. E. S., Franco, D., Melo Filho, E., & Pimenta, F. M. (2003). Wave Regime Characteristics of the Southern Brazilian Coast. Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, XI(097), 15.

Araújo, D. J. C. (2015). Transporte Longitudinal De Sedimento Na Zona Costeira DeNatal/RN (Unpublished doctoral dissertation). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Araújo, R., & Alfredini, P. (2001). O Cálculo do Transporte de Sedimentos Litorâneo: Estudo de Caso das Praias de Suarão e Cibratel (Município de Itanhaém , São Paulo). RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 6(2), 15–28.

Bastos, A. C. & Silva, C. G. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 48, n. 1, p. 41–60, 2000.

Bittencourt, A. C. D. S. P., Dominguez, J. M. L., Martin, L., & Silva, I. R. Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia - Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 72, n. 2, p. 271–287, 2000.

Bittencourt, A. C. S. P., Martin, L., Dominguez, J. M. L., Silva, I. R., & Sousa, D. L. A significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: Implications on coastal Quaternary evolution. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, v. 74, n. 3, p. 505–518, 2002.

Cassar, J. C. M. & Neves, C. F. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa fluminense. Revista Brasileira de Engenharia, v. 11, n. 1, p. 81–106, 1993.

Castilhos, J. A., & Gré, J. C. R. (2006). Beach Morphodynamics and Sediment Transport along the Northern Coast of Santa Catarina, Brazil. Journal of Coastal Research SI(39), 1756–1761.

CERC. (1984). Shore Protection Manual (4th ed.). Washington, D. C.: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.

Contestabile, P., Ferrante, V., & Vicinanza, D. (2015). Wave Energy Resource along the Coast of Santa Catarina (Brazil). Energies, 8(12), 14219–14243. doi: 10.3390/en81212423.

Hallak, R., & Pereira, A. J. (2011). Metodologia para Análise de Desempenho de Simulações de Sistemas Convectivos na Região Metropolitana de São Paulo com o Modelo ARPS: Sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. Revista Brasileira de Meteorologia, 26(4), 591–608.

Kamphuis, J. W. (1991). Alongshore Sediment Transport Rate. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 117(6), 624. doi: 10.1061/(ASCE)0733-950X(1991)117:6(624).

Kamphuis, J. W., Davies, M. H., Nairn, R. B., & Sayao, O. J. (1986). Calculation of littoral sand transport rate. Coastal Engineering, 10(1), 1–21. doi: 10.1016/0378-3839(86)90036-0.

Komar, P. D., & Inman, D. L. (1970). Longshore Sand Transport on Beaches. Journal of Geophysical Research, 75(30), 14. doi: 10.1029/JC075i030p05914.

Machado, K. M., Alves, A. R., & Fernandez, G. B. Clima de Ondas e Transporte Litorâneo na Planície Deltaica do Rio Paraíba do Sul, Litoral Norte do estado do Rio de Janeiro. In III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, pp. 1–15, 2018.

Marcelino, A. M. T., Pinheiro, L. R. d. S. G., & Costa, J. R. S. (2018). Planejamento participativo para a gestão da orla marítima de Galinhos/RN, nordeste brasileiro, com apoio de sensores remotos e modelagem costeira. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, 44, 118–139. doi: 10.5380/dma.v44i0.55034.

Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J. S. M., & Stive, M. J. F. (2013). Re-evaluation and Improvement of Three Commonly Used Bulk Longshore Sediment Transport Formulas. Coastal Engineering, 75, 29–39. doi: 10.1016/j.coastaleng.2013.01.004.

Muehe, D. & Corrêa, C. H. T. The Coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio. In Neves, C., editor, Coastlines of Brazil, pp. 110–123. American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, NY, 1989.

Oliveira, T. C. A., Albino, J., & Venancio, I. Transporte longitudinal de sedimentos no litoralda planície deltaica do Rio Doce. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 6, n. 1, p. 20 – 25, 2015.

Pianca, C., Mazzini, P. L. F., & Siegle, E. (2010). Brazilian Offshore Wave Climate based on NWW3 Reanalysis. Brazilian Journal of Oceanography, 58(1), 53–70. doi: 10.1590/S1679-87592010000100006.

Souza, C. R. d. G. (2002). Coastal Erosion Risk Assessment, Shoreline Retreat Rates and Causes of Coastal Erosion along the State of Sao Paulo Coast, Brazil. Pesquisas em Geociências, 28(2), 459–474.

Teegavarapu, R. S. V. (2012). Floods in a Changing Climate: Extreme Precipitation. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Tessler, M. G., & Goya, S. C. (2005). Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. Revista do Departamento de Geografia, 17, 11–23. doi: 10.7154/RDG.2005.0017.0001.

Veiga, F. A., Angulo, R. J., Marone, E., & Brandini, F. P. Características sedimentológicas da plataforma

continental interna rasa na porção central do Litoral Paranaense. Boletim Paranaense de Geociências, v. 55, p. 67–75, 2004.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2003). At Risk: Natural Hazards, Peoples's Vulnerability and Disasters (2nd ed.). London: Routledge.

Wosiacki, L. F. K. & Gobbi, M. F. Estimativa do Transporte de Sedimentos na Praia Brava de Matinhos/PR com auxílio da Modelagem Numérica das Ondas. In V Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, Rio Grande. Universidade Federal do Rio Grande, 2012.

PARTE 5

Geotécnicas Aplicadas aos Estudos Costeiros e Marinhos

Capítulo 30

Modelo topobatimétrico da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente (Brasil) obtido através de dados dos sensores Alos-prism e Landsat 8-OLI

Capítulo 31

Mapeamento sonográfico dos canais de maré de Barra de Guaratiba (RJ)

Capítulo 32

Análise espacial do campo de dunas de Pecém, Brasil, a partir de dados de sensoriamento remoto.

Capítulo 33

Importância do monitoramento têmporo-espacial - alterações antrópicas no litoral Sul nas proximidades da Estação Ecológica do Taim – RS/Brasil.

Capítulo 34

Análise comparativa entre dados OLI/Landsat-8, Alos prism e lidar para a realização de zoneamento ecológico-econômico: estudo de caso do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil

Capítulo 35

Quantificação do processo erosivo na praia do Icaraí (Ceará, Brasil) entre os anos de 2004-2018 através do método do polígono de mudança

Capítulo 36

Comparação dos métodos support vector machine e máxima verossimilhança gaussiana para classificação de imagens orbitais Geoeye das áreas de dunas costeiras da praia do Cassino, Rio Grande, RS

Capítulo 37

Utilização de *Wavelets* para inferir a batimetria a partir de imagens de satélite SAR

Capítulo 30

Modelo topobatimétrico da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente (Brasil) obtido através de dados dos sensores Alos-prism e Landsat 8-OLI

MODELO TOPOBATIMÉTRICO DA DESEMBOCADURA DA LAGOA DOS PATOS E PLANÍCIE COSTEIRA ADJACENTE (BRASIL) OBTIDO ATRAVÉS DE DADOS DOS SENSORES ALOS-PRISM E LANDSAT 8-OLI

Deivid Cristian Leal Alves[1], Jean Marcel de Almeida Espinoza[2], Miguel da Guia Albuquerque[3], Bento Almeida Gonzaga[4], André Bilibio Westphalen[5] & Jair Weschenfelder[6]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Sala 207 (Bloco I), Bairro Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mails: dclealalves@gmail.com
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande. Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475, Bairro Centro, CEP 96201-460, Rio Grande – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande. Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475, Bairro Centro, CEP 96201-460, Rio Grande – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: miguel.albuquerque@riogrande.ifrs.edu.br
[4] Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Av. Itália, km 8, Carreiros, CEP 96203-900, – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: profbentoag@gmail.com
[5] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande. Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475, Bairro Centro, CEP 96201-460, Rio Grande – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: andre.westphalen@riogrande.ifrs.edu.br
[6] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Sala 207 (Bloco I), Bairro Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mails: jair.weschenfelder@ufrgs.br;

RESUMO

Dados topográficos e batimétricos são estratégicos para a gestão territorial, assim como na determinação de áreas para ocupação urbana e industrial, na exploração mineral e navegação, mapeamento de zonas de risco e de preservação ambiental, dentre outros. Informações detalhadas da altimetria terrestre são cruciais na composição de banco de dados geográficos, à medida que muitas agências nacionais investem em programas específicos para a obtenção, armazenamento digital e disponibilização virtual desse tipo de dado. O presente trabalho utilizou o Modelo Digital de Superfície (MDS) do sensor PRISM e inferências batimétricas com uso do sensor OLI, ajustados via *matching* de histograma, para a geração de um modelo topobatimétrico de média resolução espacial. Isso permitiu a visualização tridimensional e identificação geomorfológica da desembocadura da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Rio Grande do Sul – Brasil). O modelo topobatimétrico híbrido se apresenta como um versátil instrumento cartográfico e pode ser aplicado na análise geomorfológica da área de estudo. Como destaques da metodologia, indicamos: o livre acesso aos dados através dos repositórios da JAXA e USGS; a identificação de formas de fundo em águas rasas, desde que observada a resolução espacial do sensor OLI (30 m x 30 m); a possibilidade do acompanhamento morfodinâmico das feições submersas através de uma série temporal georreferenciada (2013-2019). Com relação as suas limitações: a acurácia vertical do MDS

PRISM de 5m; a modelagem de transferência radiativa para a inferência batimétrica através da banda *Coastal-Aerosol* requer, necessariamente, dados *in situ* adquiridos em datas próximas da aquisição da imagem satelital; a nebulosidade e/ou alta taxa de sedimentos em suspensão provavelmente inviabilizarão a visualização das formas de fundo, enquanto objetos menores sobre a água (como embarcações) podem incorrer em erros de identificação devido a sobreposição de alvos.

Palavras-chave: geomorfologia; zona costeira; formas de fundo; sensoriamento remoto.

TOPOBATIMETRIC MODEL OF THE DUCKING LAGOON DEBUTCH AND ADJACENT COASTAL PLANET (BRAZIL) OBTAINED BY DATA FROM THE ALOS-PRISM AND LANDSAT 8-OLI SENSORS

ABSTRACT

Topographic and bathymetric data are strategic for territorial management, as well for determining areas for urban and industrial occupation, mineral exploration and navigation, mapping of risk zones and environmental preservation, among others. Detailed information on terrestrial altimetry is crucial in geographic database composition as many national agencies invest on specific programs for obtaining digital storage and virtual availability of this type of data. The present work utilized Digital Surface Models (DSM) of the PRISM sensor and bathymetric inferences using the OLI sensor, adjusted by histogram matching, in the generation of a spatial average resolution. The model allowed a three-dimensional visualization and geomorphological identification of the inlet of the Lagoa dos Patos (Rio Grande, Rio Grande do Sul - Brazil). The hybrid topobathymetric model presents as a versatile cartographic instrument and can be applied in the geomorphological analysis of the study area. The highlights of the methodology: the free access to the data through the repositories of JAXA and USGS; the identification of bedforms in shallow water, provided by the spatial resolution of the OLI sensor (30x30m) is observed; the possibility of morphodynamic monitoring of the submerged features through a georeferenced time series (2013-2019). With respect to its limitations: the vertical accuracy of the DSM PRISM is 5m; the radiative transference modeling for bathymetric inference through the Coastal-Aerosol band necessarily requires *in situ* data acquired on dates close to satellite image acquisition; cloudiness and /or high sedimentation rates in suspension are likely to impair the visualization of the bedforms, while smaller objects on water (such as vessels) may incur misidentification due to overlapping targets.

Key-words: *geomorphology; coastal zone; bedforms; remote sensing.*

INTRODUÇÃO

A geomorfologia de ambientes costeiros é controlada pela interação de processos continentais e marinhos, especialmente quando se tratam de zonas de sedimentação em águas rasas. Muitas aplicações geoespaciais nesses ambientes requerem um conhecimento detalhado de suas morfologias através de dados topobatimétricos, ou seja, da confecção cartográfica que integre de forma contínua dados topográficos e batimétricos em um mesmo produto (DANIELSON *et al*., 2016). Tais mapeamentos são estratégicos para o planejamento territorial, sendo diariamente empregados ao redor do mundo na determinação de áreas para ocupação urbana, industrial e rural próxima a corpos hídricos; na exploração e manejo de reservas minerais; na segurança da navegação fluvial e litorânea; e na identificação de zonas de riscos costeiros.

Um conjunto de informações detalhadas sobre a altimetria terrestre é de grande valia na composição de bancos de dados geográficos, mais precisamente na elaboração de Sistemas de Informações Georreferenciados (SIGs) de média e alta resolução, à medida que muitas agências nacionais investem em programas específicos para a obtenção, armazenamento e disponibilização *online* desse tipo de

produto (JENSEN, 2009). Repositórios digitais permitem que diferentes usuários possam efetivamente aplicar dados altimétricos em suas áreas de atuação, com baixo custo e significativa agilidade, visto que as etapas de planejamento e coleta, fases estas que mais demandam por recursos (POULTER & HALPIN, 2008), já foram superadas. Como exemplos de tais iniciativas, pode-se citar o Programa Nacional de Elevação Digital vinculado ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), o portal da Agência Japonesa de Exploração Espacial (JAXA), o repositório topográfico do Centro Nacional de Documentação Geodésica e Cartográfica Polonês (CODGiK) e o esforço internacional na forma do banco de dados do tipo *Light Detection And Ranging* (LiDAR) do Portal Europeu de Dados.

A maior parte dos dados topográficos é armazenada em Modelos Digitais de Elevação (MDEs) que podem ser analisados conjuntamente com outros dados geoespaciais através de *softwares* SIG. O acesso a repositórios digitais de dados facilita a análise geomorfológica integrada (VILES, 2016), mediante a identificação e delimitação de diferentes morfologias sobrepostas em camadas de informações (*layers*) ou ainda por meio da modelagem computacional de superfícies matriciais (LONGLEY *et al*., 2013).

O presente trabalho objetivou a produção cartográfica sobre a geomorfologia da desembocadura da Lagoa dos Patos (sistema Lagunar Patos-Mirim) e planície costeira adjacente, localizada ao sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Para tanto, foi utilizada uma imagem do sensor PRISM e inferências batimétricas obtidas através do sensor OLI que possibilitaram a construção de uma superfície geomorfométrica contínua, com o emprego de ajuste de borda via *matching* de histogramas para a produção de um Modelo Topobatimétrico Digital de Elevação (*Topobathymetric Digital Elevation Model* – TBDEM).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A **extremidade sul da Lagoa dos Patos, sistema lagunar que abrange um complexo hidrográfico com aproximadamente** 200.000 km² (MÖLLER & FERNANDES, 2010), possui um comportamento estuarino influenciado pela variação sazonal em seus padrões de salinidade e circulação. HARTMANN & SCHETTINI (1991) destacam que os fatores controladores dessas variações estão associados primariamente à configuração morfológica da planície costeira (figura 1), somados a forte influência dos ventos da margem oceânica e da precipitação ao longo da área de recarga da bacia hidrográfica (média pluviométrica anual de 1.300 mm); e, de forma secundária, pela pequena amplitude de maré com cerca de 0,4 m (MÖLLER & FERNANDES, 2010).

As diferentes combinações dos fatores meteorológicos agem diretamente nas concentrações de material em suspensão, pois alteram os padrões de vazante e de enchente, resultando em uma distribuição irregular ao longo do ano, comportamento que também influencia a densidade da água na região de influência do estuário, na intensidade da estratificação ao longo da coluna d'água e na homogeneidade da cunha salina (HARTMANN & SCHETTINI, 1991; CALLIARI *et al*., 2010; MÖLLER & FERNANDES, 2010).

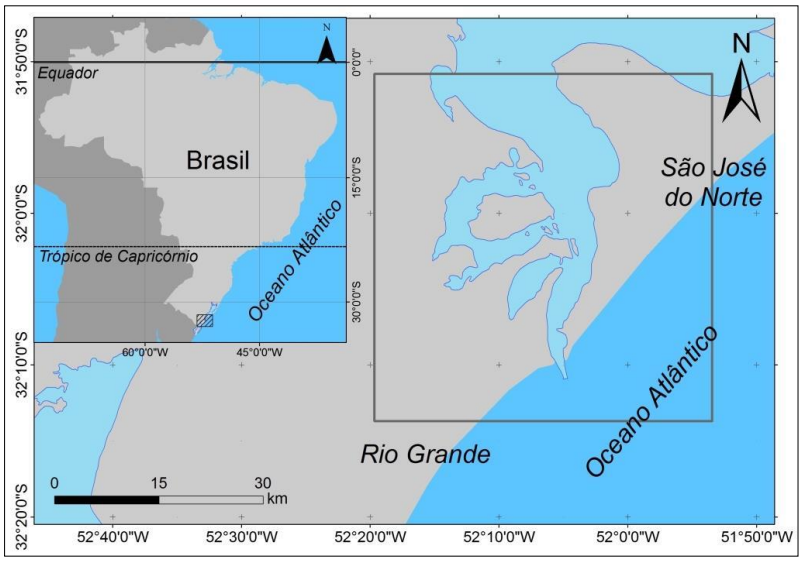


Figura 1: Área de estudo – desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente, Rio Grande do Sul – Brasil.

O comportamento sazonal dessas variáveis controlam os fluxos bidirecionais na Lagoa dos Patos, conferindo-lhe até quatro tipos distintos de circulação estuarina dependendo da combinação e intensidade de cada processo meteorológico (HARTMANN & SCHETTINI, 1991). A soma de períodos de intensa precipitação a montante da bacia e de ventos do quadrante norte resultam em volumes excedentes na drenagem, sendo que o comportamento a jusante pode apresentar características tipicamente fluviais (fluxo unidirecional), com predomínio de descargas de água doce no sentido continente-oceano. Em contrapartida, nos períodos de estiagem com associação de ventos do quadrante sul, a cunha salina pode chegar à porção média do sistema lagunar, ampliando os limites da influência oceânica de 80 para até 200 km em direção ao interior da Lagoa dos Patos (HARTMANN & SCHETTINI, 1991). Segundo MÖLLER & FERNANDES (2010), tais características podem ainda ser potencializadas pela influência de fenômeno *El Niño* ou *La Niña*. No primeiro, com o incremento do volume de chuvas na região sul do Brasil, a Lagoa dos Patos experimenta o aumento da descarga continental, diminuindo assim, a extensão da cunha salina; no segundo, há o domínio de déficit pluviométrico e consequentemente, menor descarga continental, facilitando a intrusão e salinização do estuário.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sensor *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), a bordo do satélite ALOS-JAXA, tem, dentre outras funções, a capacidade tecnológica de gerar Modelos Digitais de Superfície (MDS) de média resolução espacial. Seus produtos possuem cobertura global focada nos continentes e algumas ilhas oceânicas. Isto é possível através do conjunto óptico composto por um telescópio para visualização a nadir (abertura de 70 km) e outros dois telescópios com inclinação de 24° a *forward* e *backward* (abertura de 35 km cada). A sobreposição dessas três tomadas a ângulos distintos (*triplet*) permite a reconstrução tridimensional dos dados de superfície, resultando em uma superfície matricial com resolução espacial de 1 arco de segundo (aproximadamente 30 m)

e precisão vertical de 5 m com referência altimétrica a partir do nível médio do mar.

O sensor multiespectral *Operational Land Imager* (OLI), da plataforma orbital LANDSAT 8, possui uma banda para auxílio de investigações costeiras que corresponde a uma faixa de 0,435 a 0,451 µm (USGS, 2016). O sensor OLI permite, através da modelagem de transferência radiativa, a inferência batimétrica de corpos d'água rasos, como apresentado em LEAL ALVES *et al*. (2018). Isto é possível considerando que uma parcela refletida de radiância superficial em um corpo d'água opticamente raso é composta em grande parte por efeitos de reflexão de fundo em seu leito (MARITORENA *et al*., 1994); e que a diferença de intensidade da energia eletromagnética em distintos níveis de profundidade pode revelar informações batimétricas (PACHECO *et al*., 2015).

Coletas batimétricas através de sensores orbitais constituem uma promissora alternativa para a avaliação da profundidade do leito de áreas rasas (JAGALINGAM & HEDGE, 2017). Dados provindos desses sensores, lançados em órbita nos últimos anos, combinados com a modelagem de transferência radiativa, já possibilitam a elaboração de produtos batimétricos a partir de imagens multiespectrais e hiperespectrais (FONSTAD & MARCUS, 2005; PACHECO *et al*., 2015, JAGALINGAM *et al*., 2015; JAGALINGAM & HEDGE, 2017). Assim, a diferença de intensidade da energia eletromagnética em distintos níveis de profundidade pode revelar informações batimétricas com auxílio da modelagem computacional, conforme demonstra a Equação 1 de Beer-Lambert (STUMPF *et al*, 2003):

$$I_\lambda = I_{0\lambda}.e^{(-C1.x)} + C_2 \quad (1)$$

Onde (*e*) é a base logarítmica natural, (I) é a intensidade da luz na faixa espectral λ refletida pelo corpo d'água e coletada pelo sensor, (I_0) é a intensidade da luz na faixa espectral λ à superfície, (C1) é constante de absorção média da luz na faixa espectral λ através da coluna d`água, (x) é a espessura percorrida pela energia eletromagnética (caminho óptico) e C_2 é uma constante de ajuste, designada como condição de contorno do modelo.

Tendo como base a abordagem descrita, o sensor OLI da plataforma orbital LANDSAT 8 foi concebido com uma banda específica para a investigação de áreas rasas, denominada banda *Coastal-Aerosol* ou B1 (USGS, 2016), permitindo uma inferência mais acurada da batimetria destas áreas. Para a modelagem batimétrica foram utilizados dados-imagem do sensor orbital OLI e dados de referência constituindo a batimetria da área de interesse obtida via levantamento monofeixe sonar, devidamente georreferenciados por GPS diferencial (DGPS), com posterior correção do sinal e ajuste de *offset*.

Com as bandas de interesse previamente calibradas, além de aplicada a correção atmosférica, foi calculado o *Normalized Difference Water Index* (NDWI), processo intermediário para a obtenção dos dados batimétricos, conforme a equação 2:

$$NDWI = \frac{B1-B5}{B1+B5} \quad (2)$$

Sequencialmente foram realizados diagramas de dispersão entre os dados de batimetria. As constantes (C_1 e C_2) foram determinadas através da regressão entre os valores de batimetria de referência e os valores de NDWI obtidos via imagem OLI, utilizando-se o valor mediano determinado para C_1 e C_2. Para a efetividade do modelo, foi assumido que toda a área de interesse é composta pelo mesmo material de fundo e que seu comportamento radiométrico não sofre alterações na área de estudo.

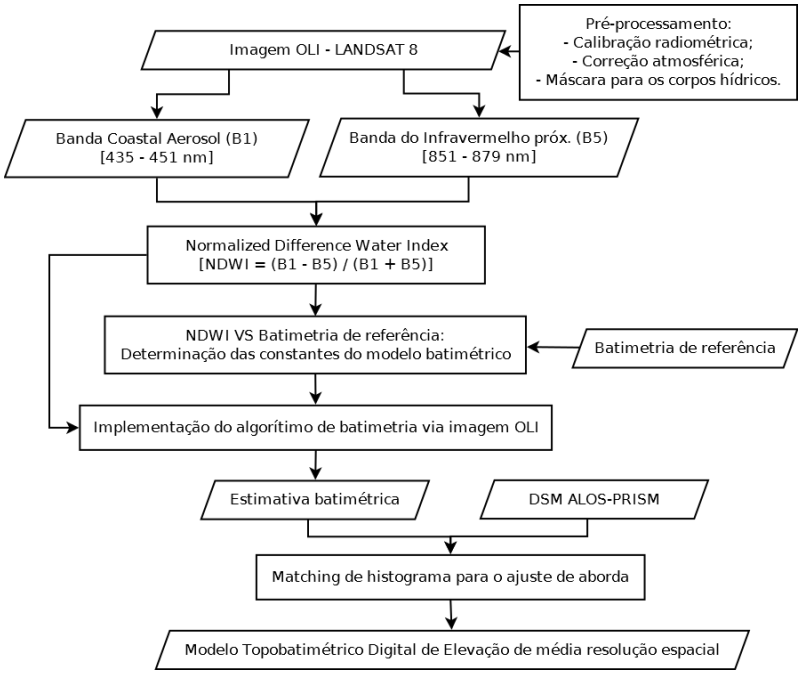


Figura 2: Fluxograma apresentando as principais etapas metodológicas da execução do modelo topobatimétrico digital.

Após a determinação das constantes (C_1 e C_2), foi aplicada a equação 3 em uma imagem OLI pré-processada, obtendo-se uma imagem de estimativa de batimetria correspondente.

$$z = \frac{-1}{c_1} \ln NDWI + c_2 \quad (3)$$

Para a aplicação da equação 3, considera-se que a intensidade radiante incidente é homogênea em toda a cena e que a espessura percorrida pela luz na coluna d'água representa a profundidade (z). Desta maneira, os valores de intensidade (I) presentes na equação 2 podem ser substituídos pela radiância (L_λ) e, assim, isolada a variável batimétrica. O conjunto das operações realizadas, bem como a hierarquia de processamento, podem ser melhores visualizados através do fluxograma metodológico (figura 2).

Conforme DANIELSON *et al.* (2016), normalmente um TBDEM é uma representação tridimensional que integra dados de fontes distintas, elevação de terras emersas e profundidade de terras submersas, além da multitemporalidade dos mosaicos, fatores que podem causar discrepâncias tanto no alinhamento horizontal, quanto vertical. Por esses motivos há a necessidade de padronizar as referências em um sistema horizontal e vertical comum (*datum*). Para tanto, a etapa final de confecção do TBDEM consistiu no alinhamento através da técnica de *matching* de histogramas (conjunto significativo e normalizado de correspondências) com uso do *software* ENVI, o que possibilitou a união dos modelos topográficos e batimétricos em um único produto *raster* contínuo, preservando o *datum* horizontal WGS 84 e o *datum* vertical EGM 96, nativos da imagem ALOS-PRISM.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo topobatimétrico resultante é composto por duas imagens do sensor PRISM e uma do sensor OLI, conservando o sistema de coordenada nativo das mesmas – WGS 84. Devido às diferentes resoluções espaciais de cada sensor, bem como a coleta em datas

distintas, qualquer aproximação quantitativa do conjunto de dados é extremamente limitada. Somasse ao fato da área de estudo não possuir uma rede de referência ortométrica ao longo da orla ou mesmo uma rede maregráfica bem distribuída, limitando-se a pontos específicos do canal de acesso. No entanto, o modelo topobatimétrico se mostra uma excelente ferramenta para visualização tridimensional qualitativa da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente (figura 3).

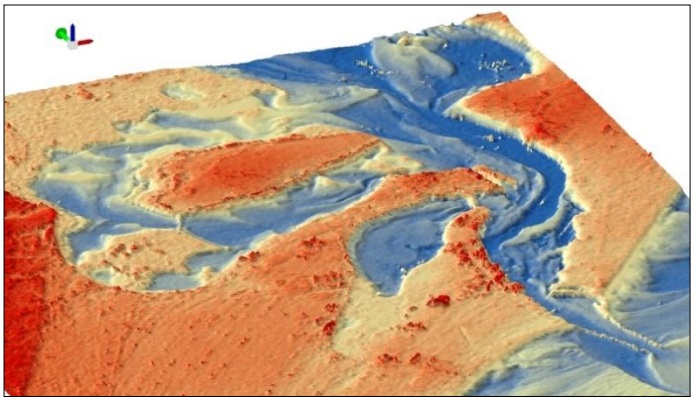


Figura 3: Visualização tridimensional da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente por meio do *software* ArcScene. A seta verde (esquerda superior) indica a orientação norte para a figura.

A composição topobatimétrica PRISM + OLI permite a visualização generalizada do sistema geomorfológico (figura 4). A porção emersa representa um Modelo Digital de Superfície (MDS), visto que conserva a forma dos alvos localizados acima do solo, tais como: edificações, viadutos, pontes, conjuntos florestais, entre outros. Sobre o macro relevo da região, o MDS permite a clara identificação da quebra entre as Terras Altas, formadas pelo embasamento cristalino, e as Terras Baixas da Planície Costeira (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995), incluindo as sucessivas cristas e cavas dos cordões litorâneos regressivos (DILLENBURG *et al*., 2017) conforme se pode observar junto a porção centro-inferior da figura 4.

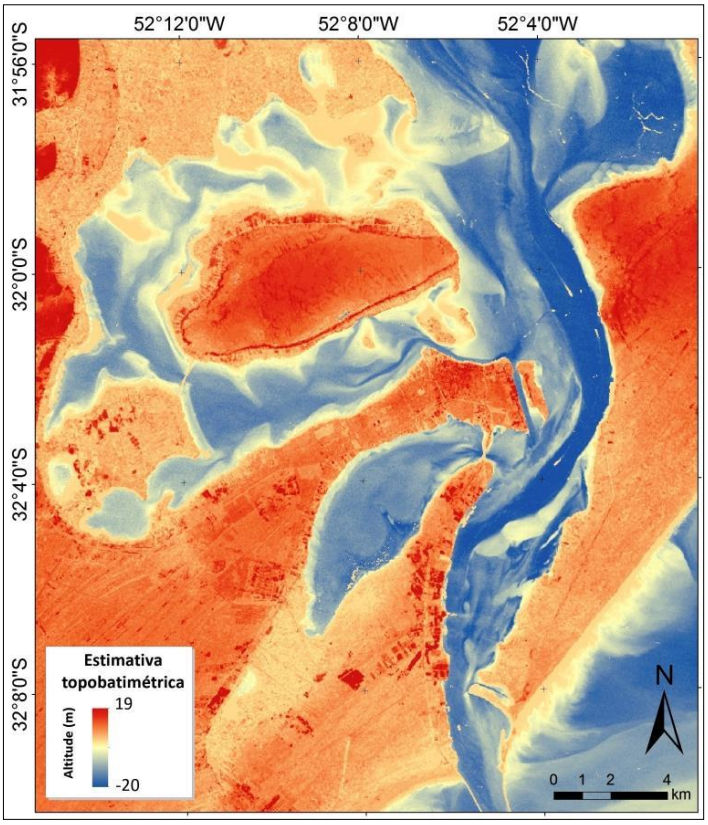


Figura 4: Mapa topobatimétrico da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente, Brasil.

Com relação às formas antropizadas, as áreas de maciços florestais, zona industrial e grandes estruturas urbanas são distinguíveis em vermelho escuro (figura 4), que correspondem às maiores cotas. Os valores mais baixos, identificados através da coloração azul escuro, remetem a canais menores que garantem a navegabilidade de pequenas embarcações (figura 5 A) e ao talvegue do canal da desembocadura lagunar – morfologia regularmente dragada devido à circulação de navios de grande calado na região (figura 5 B).

Na porção submersa é possível identificar as formas de fundo do ambiente lagunar raso descritos por CALLIARI *et al* (2010) como margens e esporões

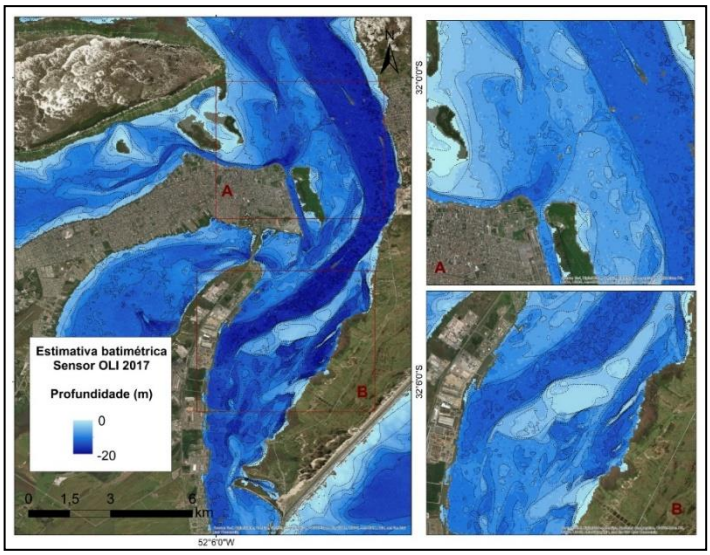


Figura 5: Destaque para a morfologia submersa, como o talvegue do Canal do Norte (A); e o conjunto de formas de fundo denominadas Coroa de Dona Mariana (B), na margem leste do canal de acesso à laguna.

arenosos, pontais e bancos de pequena profundidade (morfologia em azul claro na figura 5), típicos de ambientes a jusante de grandes sistemas hidrográficos. Importante salientar que a observação dessas formas sedimentares de águas extremamente rasas (até 2m de profundidade) seriam inacessíveis para a maioria dos instrumentos de sondagem tradicionais. Na maior parte dessas formas de fundo é nítido o alongamento em direção à desembocadura do sistema lagunar, seguindo o sentido majoritário do transporte de sedimentos conforme salientado por CALLIARI *et al*. (2010).

Mesmo em resolução mediana, o modelo topobatimétrico possibilita ainda a identificação do canal da desembocadura lagunar, importante morfologia para a navegação da região (figura 05 B), além das áreas baixas da orla lagunar dos municípios do Rio Grande e São José do Norte (figura 1) que são ciclicamente afetados pelas cheias da Lagoa dos Patos através da ação combinada de alta precipitação na bacia a montante e processos de represamento das águas devido à ação de ventos do quadrante sul.

CONCLUSÃO

O modelo topobatimétrico híbrido se apresenta como um versátil instrumento de visualização tridimensional e identificação de feições. O TBDEM também pode ser utilizado como base cartográfica para produção e análise de informação geomorfológica da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente, em especial das margens arenosas, canais e demais formas sedimentares de águas rasas presentes na área de estudo.

Nesse sentido, salienta-se como principais vantagens obtidas pela aplicação da metodologia: o livre acesso aos dados através dos repositórios da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e *United States Geological Survey* (USGS); a identificação de formas de fundo em águas rasas, desde que observada a resolução espacial dos sensores empregados (30 m X 30 m); a possibilidade de acompanhamento do comportamento morfodinâmico das feições submersas através de uma série temporal devidamente georreferenciada (2013-2019).

Cabe também destacar as limitações da abordagem, dentre elas: a acurácia vertical do Modelo Digital de Superfície (DSM) PRISM de 5m; a modelagem de transferência radiativa para a inferência batimétrica através da banda *Coastal-Aerosol* (OLI) requer necessariamente dados *in situ* adquiridos em datas próximas da aquisição da imagem satelital; a nebulosidade e/ou alta taxa de sedimentos em suspensão provavelmente poderá inviabilizar a visualização das formas de fundo, enquanto objetos menores sobre a água (como embarcações) podem incorrer em erros de identificação devido a sobreposição de alvos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Engenharia Costeira (LEC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a Superintendência do Porto do Rio Grande (SUPRG) pelo acesso aos dados ecobatimétricos, bem como a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e a *United States Geological Survey* (USGS) pelos dados PRISM e OLI, respectivamente.

REFERÊNCIAS

CALLIARI, L.; CUNHA, R. P.; ANTIQUEIRA, J.A.F. Geomorfologia e dinâmica sedimentar. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. (Eds.) 2010. O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações. 1.ed. p. 31-41, Rio Grande: FURG. (ISBN: 978-85-7566-144-4).

DANIELSON, J. J.; POPPENGA, S. K.; BROCK, J. C.; EVANS, G. A.; TYLER, D. J.; GESCH, D. B.; THATCHER, C. A.; BARRAS, J. A. 2016. Topobathymetric Elevation Model Development using a new methodology: Coastal National Elevation Database. Journal of Coastal Research, SI, 76, p. 75-89.

DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; CARON, F.; SAWAKUCHI, A.O.. 2017. The complex prograded Cassino barrier in southern Brazil: Geological and morphological evolution21 and records of climatic, oceanographic and sea level changes in the last 7–6 ka. Marine Geology, 390, p. 106-119. (doi.org/10.1016/j.margeo.2017.06.007)

FONSTAD, M.A.; MARCUS, W.A. 2005. Remote Sensing of Stream Depths with Hydraulically Assisted Bathymetry (HAB) Models. *Geomorphology*, 72, 320-339. (doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.005).

HARTMANN, C.; SCHETTINI, C. A. F. 1991. Aspectos Hidrológicos na Desembocadura da Laguna dos Patos, RS. Revista Brasileira de Geociências, 21(4), 371-377.

JAGALINGAM, P.; AKSHAYA, B.J.; HEDGE, A.V.. 2015. Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery. *Procedia Engineering*,116, 560-566. (http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.326).

JAGALINGAM, P.; HEDGE, A.V., 2017. Estimation of Bathymetry Along the Coast of Mangaluru Using Landsat-8 Imagery. International Journal of Ocean and Climate Systems, v.8, 2, 71-83. (doi.org/10.1177/1759313116679672)

JENSEN, J. R. 2009. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 598 p. São José dos Campos: Parêntese. (ISBN: 978-85-60507-06-1).

LEAL ALVES, D. C.; ESPINOZA, J. M. A.; ALBUQUERQUE, M. G.; SILVA, M. B.; FONTOURA,J. S.; SERPA, C.; WESCHENFELDER, J. 2018. Bathymetry estimation by orbital data of OLI sensor: A case study of the Rio Grande Harbor, Southern Brazil. Journal of Coastal Research, SI, 85, p. 51-55.

MARITORENA, S.; MOREL, A. GENTILI, B. 1994. Diffuse reflectance of oceanic shallow waters: influence of water depth and bottom albedo. *Limnology Oceanography*, 39, p. 1689-1703. (doi.org/10.4319/lo.1994.39.7.1689).

MÖLLER, O; FERNANDES, E. Hidrologia e hidrodinâmica. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. (Eds.) 2010. O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações. 1.ed. p. 17-30, Rio Grande: FURG. (ISBN: 978-85-7566-144-4).

PACHECO, A.; HORTA, J.; LOUREIRO, C.; FERREIRA, Ó. 2015. Retrieval of nearshore bathymetry from Landsat 8 images: A tool for coastal monitoring in shallow waters. *Remote Sensing of Environment*, 159, p. 102-116. (doi.org/10.1016/j.rse.2014.12.004).

POULTER, B.; HALPIN, P.N. 2008. Raster modelling of coastal flooding from sea-level rise. International Journal of Geographical Information Science 22 (2): 167-182, (doi.org/10.1080/136588107

0137 1858).

STUMPF, R. P.; BLACKBURN, K., SINCLAIR, M. 2003. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. Limnology and Oceanography, 48(1), 547–556. (doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547)

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2016. LANDSAT 8 (L8) Data users handbook. V2. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 106 p.

VILES, H. 2016. Technology and geomorphology: Are improvements in data collection techniques transforming geomorphic science? Geomorphology, 270,121-133 (doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.07.011).

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CECO/UFRGS, 45 p.

Capítulo 31

Mapeamento sonográfico dos canais de maré de Barra de Guaratiba (RJ)

MAPEAMENTO SONOGRÁFICO DOS CANAIS DE MARÉ DE BARRA DE GUARATIBA (RJ)

Helio Heringer Villena[1], Sabrinni Riberto de Figueiredo[2], Patricia da Cunha Marroig[3], Alessandro Mendonça Filippo[4] & Josefa Varela Guerra[4]

1 – Faculdade de Oceanografia da UERJ – Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – Brasil. CEP 20550-900. Email heliovillena@gmail.com
2 – Comando de Operações Navais / Salvamar Brasil - Praça Barão de Ladário, s/n – 6º andar, Centro, Rio de Janeiro-RJ - CEP: 20.091-000. Email: sabrinni13@gmail.com
3 – Seadrill - Av. República do Chile, 230 - 22º andar - CEP: 20031-170 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil. Email: Patymarroig@gmail.com
4 - Faculdade de Oceanografia da UERJ – Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – Brasil. CEP 20550-900. Email: amfilippo@gmail.com
5 - Faculdade de Oceanografia da UERJ – Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – Brasil. CEP 20550-900. Email: josie.guerra@gmail.com

RESUMO

Manguezais e canais de maré associados são ecossistemas marinhos costeiros de grande valor ecológico e com amplo conhecimento de sua biota e ecologia da porção emersa. Esses ambientes, complexos e vulneráveis às ações antrópicas, são desafiadores quanto ao seu conhecimento morfológico e oceanográfico de sua parte submersa. O presente trabalho apresenta o mapeamento batimétrico e sonográfico dos canais de maré de Barra de Guaratiba, situados no litoral sudoeste do estado do Rio de Janeiro, sendo a coleta de dados executada em bote de pequeno porte, com linhas de sondagem longitudinais e transversais aos canais. Os dados permitiram a caracterização do fundo em termos de relevo, feições naturais e antrópicas, texturas do fundo, possibilitando a locação dos pontos e polígonos gerados em mapas georreferenciados. O relevo de fundo mostra canais de maré sinuosos, com profundidades de menos de 1 m a mais de 4 m, porções mais rasas e bancos arenosos expostos na baixa-mar. As formas de fundo de maior porte e abrangência são ondas de areia e bancos arenosos, observando-se também, junto aos manguezais, extensas e estreitas faixas com árvores, galhos, troncos e raízes, denotando processo erosivo nessas localidades. Identificou-se também ambientes rochosos (afloramentos e matacões) e estruturas de origem antrópica com sinais acústicos de alta refletividade, típicos de substrato “duro”. A eficiência da metodologia utilizada confirmou-se pelas imagens de alta resolução, gerando dados de qualidade para ambientes ultra rasos, possibilitando o estudo de áreas bem próximas às margens dos canais de maré de Barra de Guaratiba. Além de ampliar o conhecimento geológico e hidrodinâmico destes corpos d’água, os resultados encontrados servem de subsídio para a orientação do uso destes ambientes naturais, bem como a compreensão das taxas de migração e transporte de sedimentos na região de estudo.

Palavras-chave: Sonar de Varredura Lateral; Mapeamento; Barra de Guaratiba.

SONOGRAPHIC MAPPING OF THE TIDE CHANNELS OF GUARATIBA (RJ)

ABSTRACT

Mangroves and associated tidal channels are coastal marine ecosystems of great ecological value housing broad knowledge of their biota and of the ecology of its emerging portion. These environments, which are complex and vulnerable to human actions, are challenging in their morphological and oceanographic knowledge of their submerged part. The present work encompasses the bathymetric and sonographic mapping of the Barra de Guaratiba tidal channels, located in the southwest coast of the state of Rio de Janeiro, the data collection having been performed in a small boat with lines that were longitudinal and transversal to the channels. The data allowed the characterization of the seabed in terms of topography, natural and anthropic features and textures, allowing the location of points and polygons generated in georeferenced maps. The seabed topography shows sinuous tidal channels, with depths ranging from less than 1 m to over 4 m, shallower portions and sandy banks exposed in the low tide. The larger and more extensive seafloor shapes are sandy waves and sandy banks, and along the mangroves, there are extensive and narrow strips with trees, branches, trunks and roots, denoting an erosive process in these localities. Rocky environments (outcrops and boulders) and structures of anthropic origin were also identified with acoustic signals of high reflectivity, typical of hardened substrate. The efficiency of the methodology used was confirmed by the high resolution images, generating quality data for ultra-shallow environments, making it possible to study areas close to the banks of the Barra de Guaratiba tidal channels. In addition to broadening the geological and hydrodynamic knowledge about these bodies of water, the results found serve as a subsidy for the orientation of the use of these natural environments, as well as for the understanding of sediment migration and transport rates in the studied region.

Key-words: Side Scan Sonar, Mapping, Barra de Guaratiba

INTRODUÇÃO

Os ambientes marinhos costeiros são regiões de alta complexidade, tanto em termos de ambiente físico, quanto em termos bióticos e ecológicos, visto que se localizam em área de interface entre o continente e o oceano, portanto, sob influência de ambos.

Em termos mundiais, as zonas costeiras têm pequena representatividade percentual em área, entretanto, a diversidade da biota e a importância como área de reprodução de muitas espécies marinhas as coloca como fundamentais à vida nos oceanos.

Em contraposição à sua importância ecológica, as zonas costeiras vivem sérios problemas de stress e degradação ambiental, pois a maior parte da população mundial concentra-se no litoral.

Em meio aos diversos ecossistemas marinhos costeiros, os canais de planície de maré são amplamente reconhecidos pelo seu valor ecológico e, de acordo com KRAUS (2007), proporcionam um fluxo de troca de massas d'água, estabelecendo variações no fluxo de sedimentos, quantidade de nutrientes, atividade biológica e em diferentes parâmetros físico-químicos. O deslocamento da água no canal obedece ao regime de maré predominante, à morfologia, ao aporte fluvial, à batimetria e ao regime de ventos (HAMACHER, 2001).

Dois dos recursos mais utilizados para o estudo desses ambientes são a batimetria e a sonografia, que permitem a definição do relevo do fundo e a aquisição de informações sobre as características morfológicas e sedimentológicas das áreas submersas, detectando feições, variação da distribuição superficial dos sedimentos, podendo revelar ainda, dados sobre a ação das correntes marinhas atuantes no sedimento de fundo e indicar padrões da estabilidade do leito (AYRES NETO, 2000). Esse estudo de estruturas sedimentares através do mapeamento de regiões submersas possibilita o controle de problemas relacionados à

região em que se encontram (HULSCHER & VAN DEN BRINK, 2001).

Ambientes submersos são de difícil acesso direto, assim sendo, a geofísica se destaca como uma ferramenta de investigação indireta do fundo e subfundo marinho pela qualidade de seus resultados e pela facilidade de aplicação de seus métodos (MORANG et al., 1997; AYRES NETO, 2000; QUARESMA et al., 2000; SOUZA, 2006; PAOLO & MAHIQUES, 2008).

A área do presente estudo integra o Complexo Costeiro Guaratiba-Sepetiba e está localizada a cerca de 60km da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, no litoral sudeste do Estado, entre as coordenadas geográficas 22º53'S a 23º04'S e 43º34'W e 44º02'W (Figura 1).

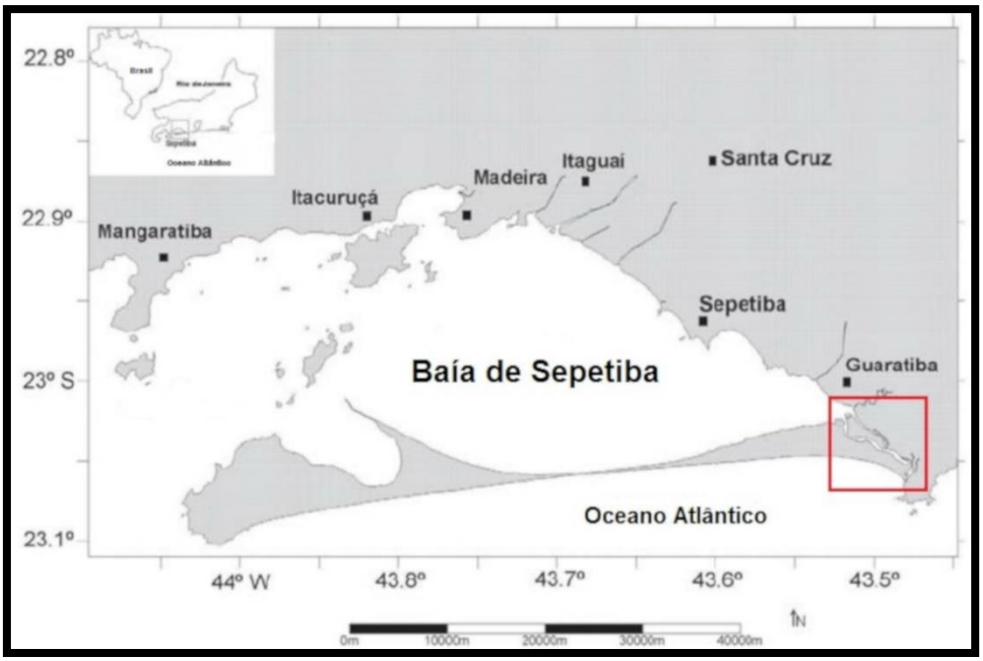


Figura 1 - Mapa de localização da Baía de Sepetiba no litoral do estado do Rio de Janeiro, destacando a área de estudo (adaptado de PARAQUETTI et al., 2007).

O levantamento sonográfico foi levado a termo nos canais de maré de Guaratiba, entre a comunicação com o oceano a leste e a comunicação com a Baía de Sepetiba a oeste (Figura 2). Esta área constitui-se de uma extensa planície entrecortada por canais meandrantes e retificados, ocupados por florestas de mangue e apicuns (RODRIGUES et al., 2014).

O canal principal tem aproximadamente 6,5 km de extensão, indo desde a Baía de Sepetiba até a abertura na Barra de Guaratiba. Na porção proximal à baía o canal é bifurcado pela presença da Ilha do Bom Jardim, denominando-se Canal do Pedrinho, a norte, e Canal do Pau Torto ao sul da ilha. Na Convergências destes dois canais passa a se chamar Canal do Bacalhau. Destaca-se o desague fluvial do Rio Piracão e do Canal do Portinho (GUERRA, 1999; HAMACHER, 2001).

A maré local é caracterizada como micro maré (amplitude < 2,0 m) sofrendo alteração em função de maré meteorológica, da morfologia do canal e pela influência de outros pequenos canais, resultando no

empilhamento de água (ALMEIDA, 2010; DIAS-BRITO et al., 1982).

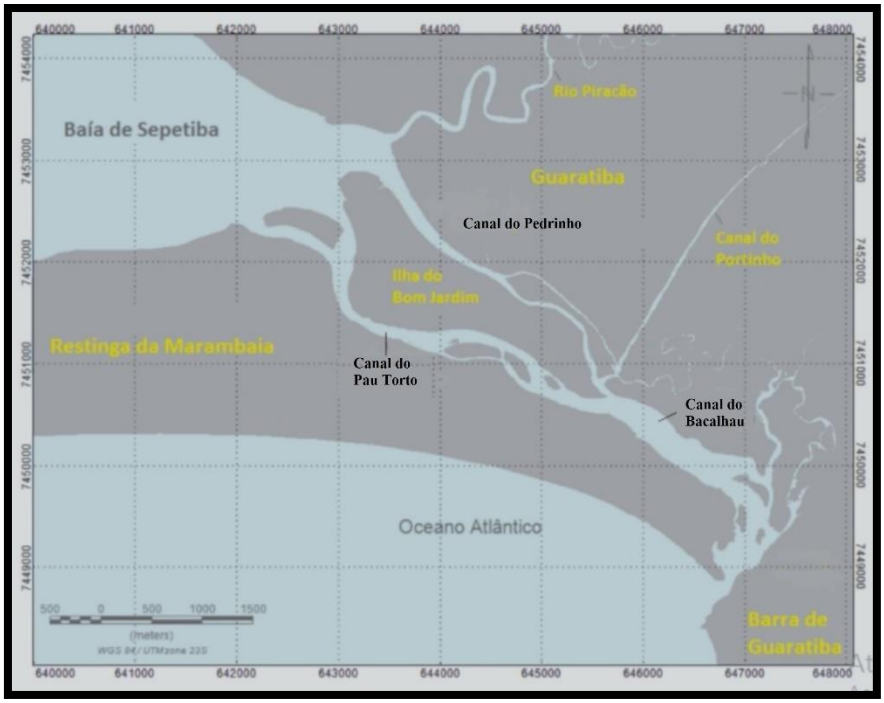


Figura 2 - Localização da área de coleta dos dados (ALVES, 2018).

O Canal do Bacalhau é responsável pelo transporte do material particulado em suspensão oriundos do interior da Baía de Sepetiba para o oceano (GUERRA, 1999), sendo esses sedimentos carreados através dos canais de São Francisco e do Guandu, realizando desta forma a redistribuição ao longo dos canais até alcançarem o oceano aberto para serem distribuídos ou depositados na região (GUERRA, 1999; GUTIERREZ, 2012).

Apesar da intensidade das correntes nos canais ser elevada, a deposição nas planícies inundadas é expressivamente argilosa onde as correntes são ausentes ou bastante reduzidas e a água acumulada durante a preamar é retida até sua evaporação.

Os canais de Barra de Guaratiba exibem uma grande oscilação dos parâmetros físico-químicos durante os ciclos de maré, revelando a elevada hidrodinâmica da região. Além disso, os canais são caracterizados por uma forte assimetria de maré e inversão das correntes em decorrência de maior pressão hidrostática próximo à Baía de Sepetiba (HAMACHER, 2001).

ALMEIDA (2010) sugere um aumento do nível do mar na região ocasionado pela ocupação de áreas de manguezais nas proximidades das planícies hipersalinas (Figura 3). Além disso, os canais vêm apresentando assoreamento e diminuição do fluxo de água, impossibilitando as atividades de pesca e navegação.

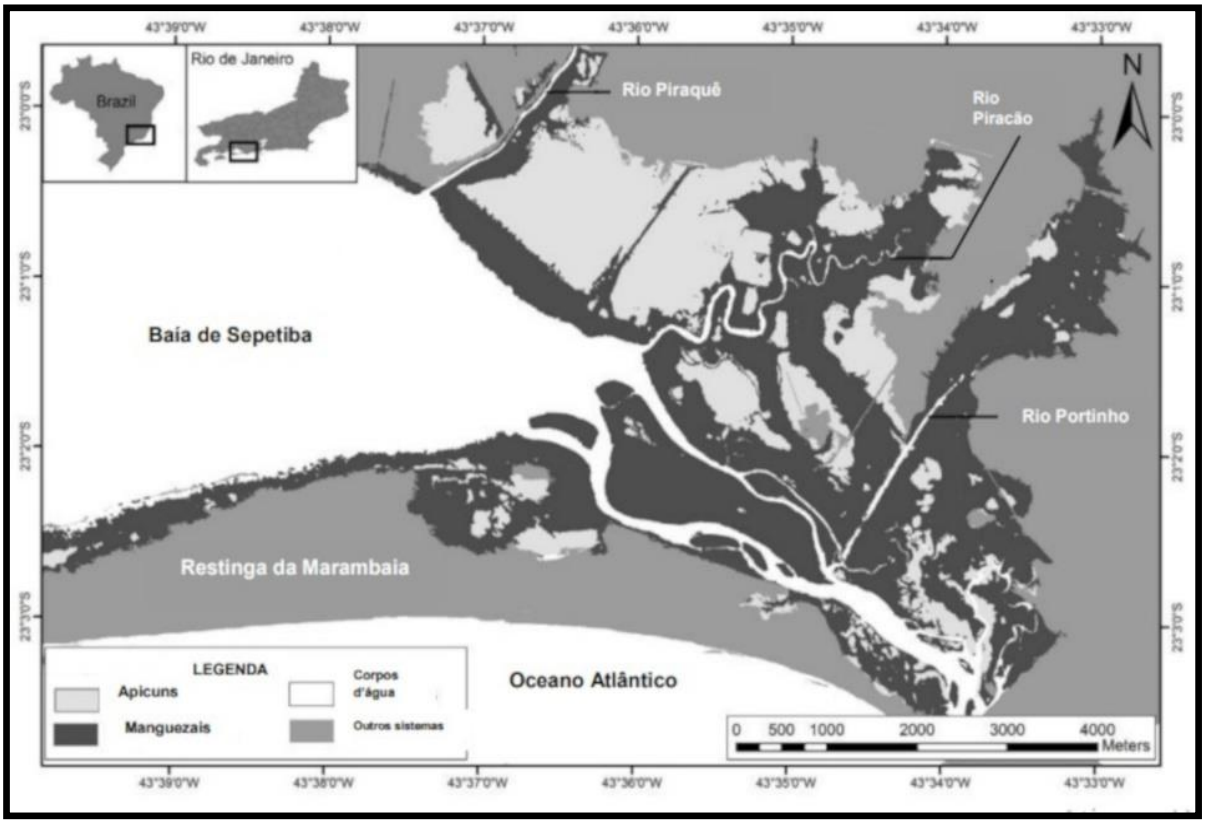


Figura 3- Mapa e localização de Guaratiba e sistemas adjacentes situados na extremidade leste da Baía de Sepetiba (adaptado de RODRIGUES et al., 2014).

OBJETIVO

O presente estudo objetivou o conhecimento do relevo de fundo dos canais, bem como a investigação e a interpretação dos modelos de assinaturas acústicas de estruturas naturais e antropogênicas do fundo submerso dos canais de maré de Barra de Guaratiba nos registros sonar. Buscou-se a identificação dos processos envolvidos na formação dos padrões de fundo da região e, a partir dos resultados proceder a elaboração de um mapa batimétrico e outro de feições, procedendo o cálculo de área das feições quando pertinente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A aquisição de dados deu-se ente 7 e 9 de novembro de 2017 e envolveu levantamento geofísico com ecobatímetro ODOM CV300 (frequência de 200 kHz) e Sonar de Varredura Lateral TRITECH Starfish 452 (frequência de 450 kHz), sendo cada equipamento acoplado a um notebook com software de aquisição e armazenamento, Hypack 2014 e ScanLine, respectivamente. Ambos os equipamentos tiveram seus transdutores fixos na lateral da embarcação de sondagem e posicionamento feito com Sistema DGPS subdecimétrico HEMISPHERE Atlas Link.

Os dados batimétricos foram processados no software Hypack 2014, reduzindo-se o efeito da maré com base em dados de estação maregráfica, instalada segundo as normas hidrográficas internacionais (INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION, 2005), no Canal de Guaratiba. O plano de referência da batimetria é o Nível de Redução Hidrográfico (NR), ou seja, o plano definido pela média das baixa-mares de sizígia determinado a partir das constantes harmônicas obtidas em registro maregráfico com pelo menos 32 dias consecutivos (INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC

ORGANIZATION, 2005). O produto final foi exportado como arquivos ".XYZ" e importados para o software Oasis Montaj 8.5, procedendo-se a gridagem para geração do modelo batimétrico e confecção do mapa batimétrico.

O processamento dos dados sonar foi realizado no software SonarWiz5® da Chesapeake Technology INC.

RESULTADOS

O mapa batimétrico (Figura 4) mostra o relevo do fundo subaquático, onde os tons de azul mais escuro representam maiores profundidades e os tons de vermelho a rosa intenso áreas mais rasas.

Na porção mais à oeste do Canal do Pau Torto, próximo de onde os canais se unem à Baía de Sepetiba, temos duas pequenas áreas rasas seguidas por uma longa faixa de profundidades mais acentuadas, acima de 1,7 metros. Em seguida o canal se bifurca ao redor de uma pequena ilha, com presença de áreas rasas na ponta leste da ilha e na área sudeste desta.

Continuando para sudeste, na extremidade da Ilha do Bom Jardim, tem-se a presença de áreas extremamente rasas contornando a ponta da ilha em direção ao Canal do Pedrinho. Este canal, só pode ser pesquisado na sua porção inicial face à sua reduzida profundidade que impediu a navegação através do canal.

Mais para sudeste, na confluência dos canais do Pedrinho e Pau Torto, chega-se ao Canal do Bacalhau, onde temos áreas muito rasas (profundidade < 0,5 m) e presença de bancos sedimentares aflorantes, de composição mais arenosa, entremeados por canal sinuoso de profundidade entre 0,8 e 1,7 m.

Na porção mais proximal da comunicação com o oceano, em Barra de Guaratiba, onde temos a proximidade da Restinga da Marambaia e o continente, ocorre a presença de vários bancos arenosos aflorantes e bem na embocadura do canal, temos área mais profunda, com cotas batimétricas que podem exceder 4,0 m.

Após a importação dos dados, eliminou-se a coluna d'água e fez-se o traçado do fundo (bottom track) nos registros sonográficos, aplicando-se ganho e correções às imagens para destacar as feições. Criou-se o mosaico de imagens para a visualização espacial e procedeu-se a análise das imagens com base no retorno de sinal (Backscatter) e nas assinaturas acústicas, distinguindo-se as formas de leito. Em seguida delimitou-se as feições de interesse e gerou-se os polígonos que foram exportados no formato Shape File de ARCGIS para sua importação Geosoft Oasis Montaj 8.5 para geração do mapa de feições e cálculos de áreas dos polígonos em que fosse aplicável essa interpretação.

O levantamento sonográfico dos canais de Barra de Guaratiba é mostrado em sua totalidade no Mapa de Mosaico de Imagens (Figura 5), onde podemos ver o recobrimento obtido desde a entrada do Canal de Guaratiba na extremidade sudeste do mapa, até a comunicação com a Baía de Sepetiba, na extremidade noroeste do mapa. O canal do Pedrinho, não pode ser imageado, pois encontra-se totalmente assoreado, não permitindo a navegação e, consequentemente, seu mapeamento.

Como resultado do levantamento sonar realizado, puderam ser identificadas 14 padrões sonográficos que podem ser vistos nas Figuras 6 a 9.

A partir das feições observadas, de suas localizações e delimitação por polígonos, foi elaborado um mapa de feições da área de estudo (Figura 10), no qual, através de legenda colorida, pode-se diferenciar cada feição.

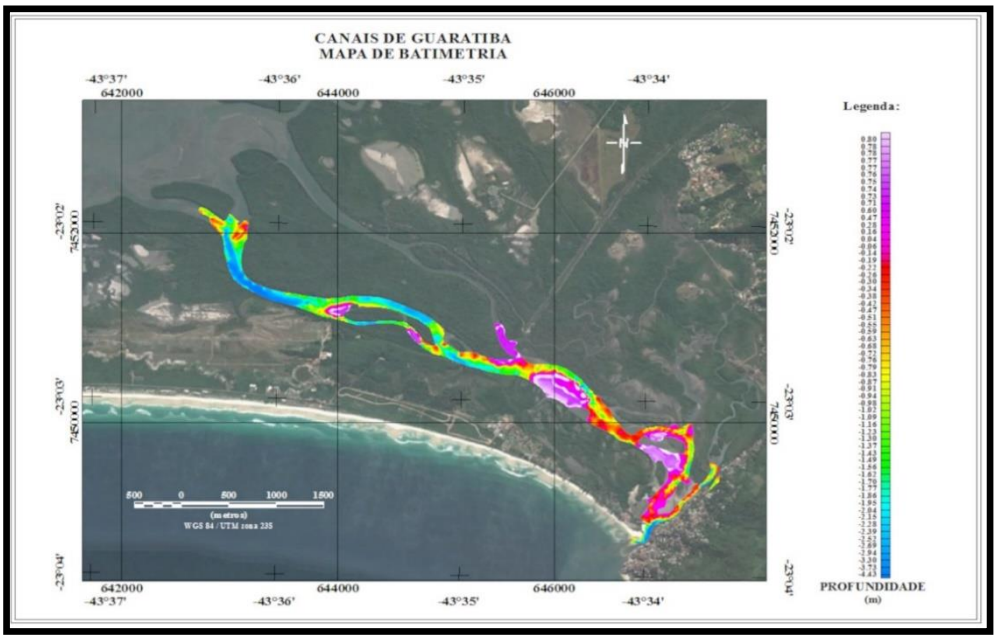


Figura 4 - Mapa Batimétrico do sistema de canais de Guaratiba. As profundidades são referenciadas ao Nível de Redução Hidrográfico (NR). Os valores negativos estão abaixo do NR e os positivos acima do NR.

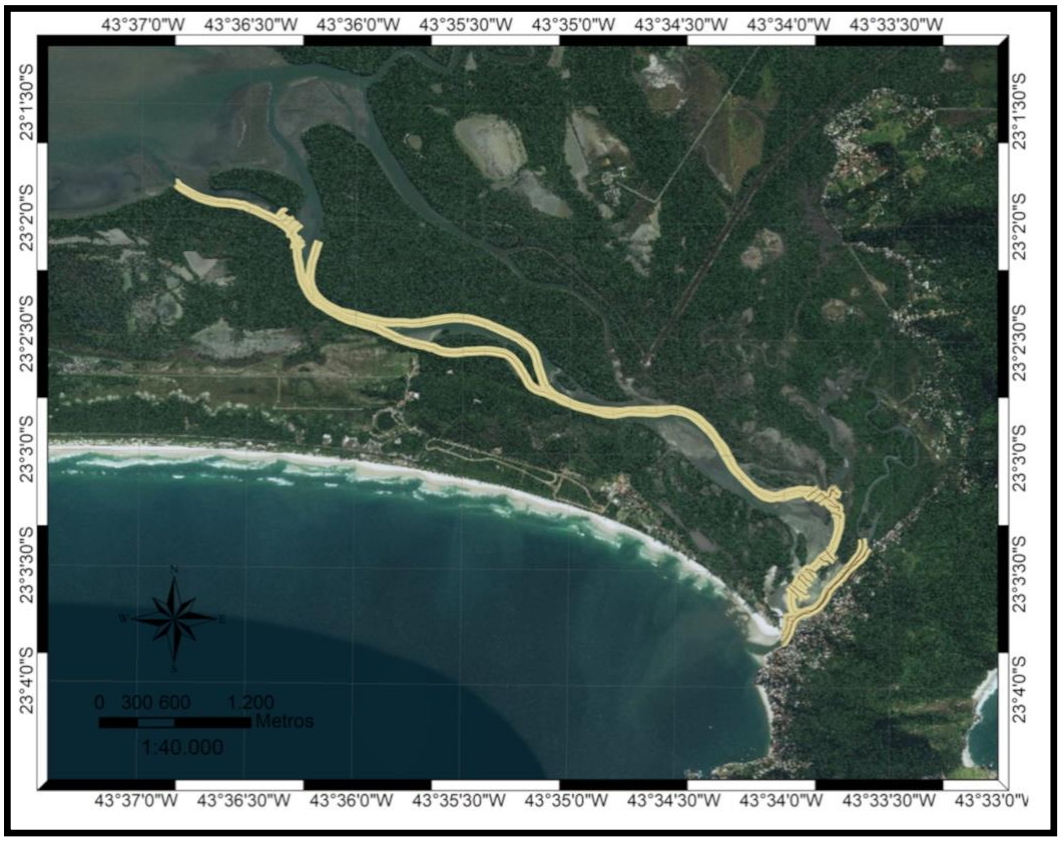


Figura 5 - Mosaico das imagens obtidas com o sonar de varredura lateral na área de estudo.

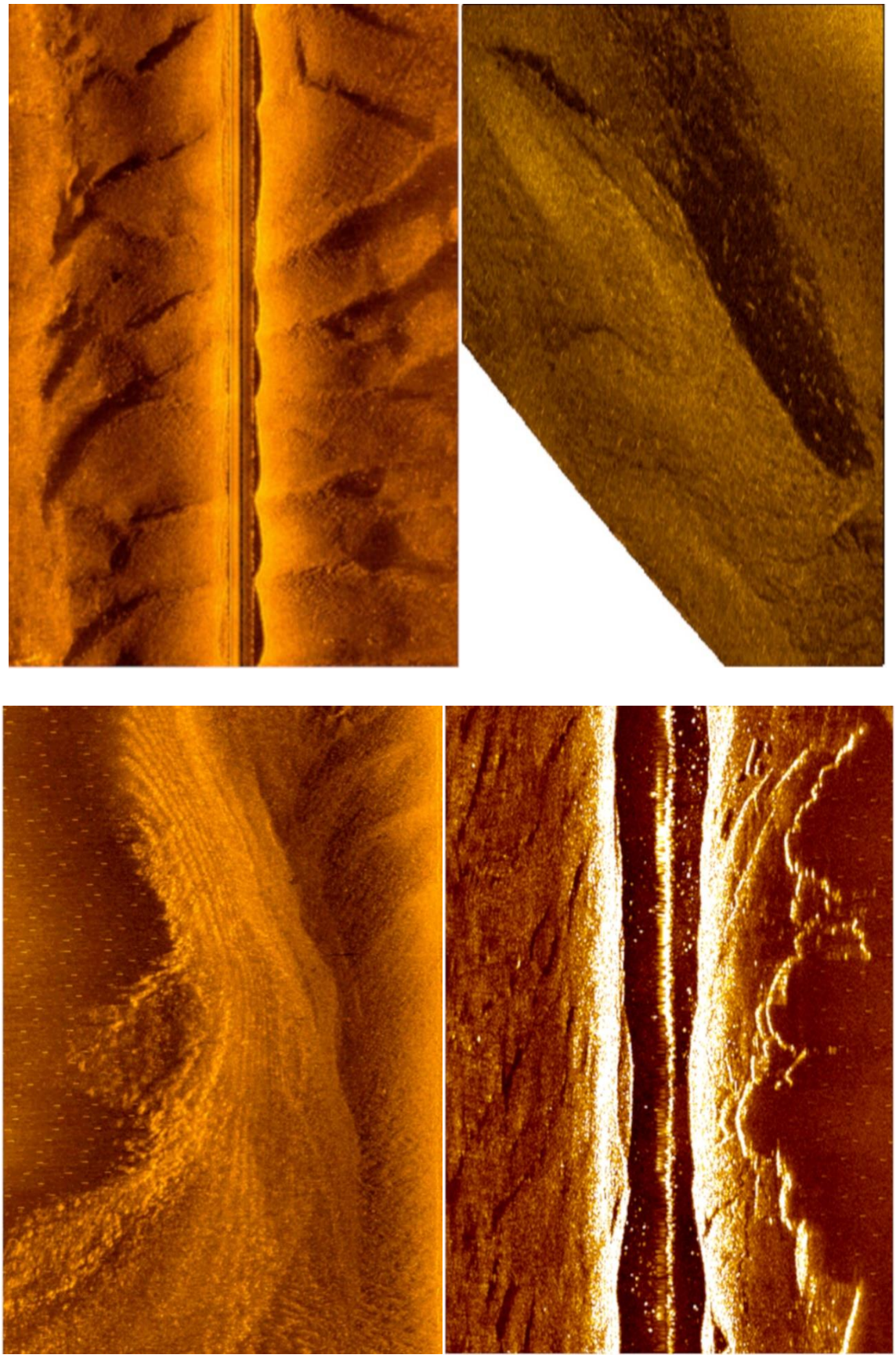


Figura 6 – Padrões sonográficos de Ondas de Areia (a); Banco Arenoso (b); Cunhas de deposição (c); e Afloramentos rochosos (d).

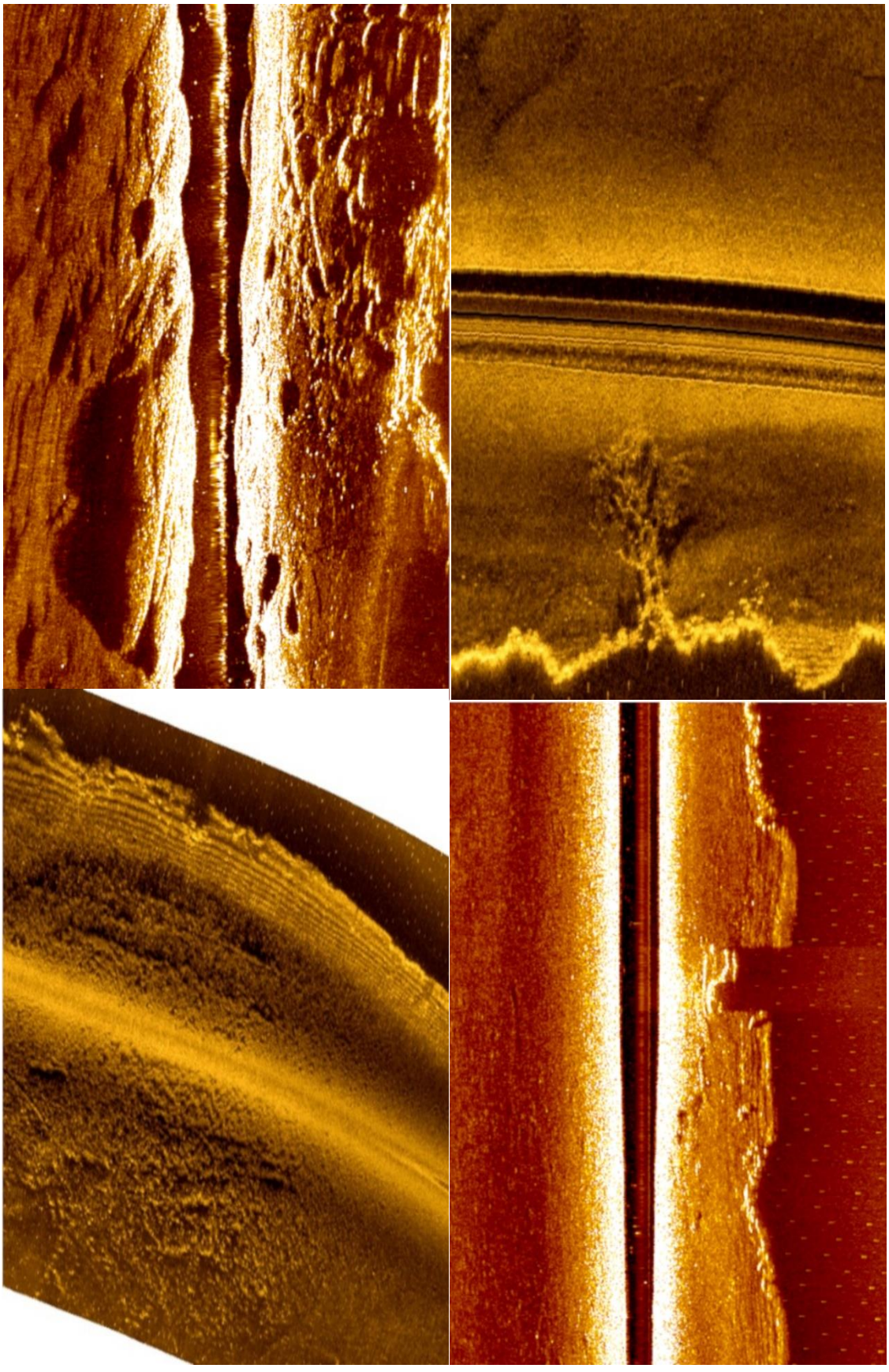


Figura 7 – Padrões sonográficos de Matacões (a); Árvores, galhos, troncos e raízes (b); Mudanças de textura (c); e Píer (d).

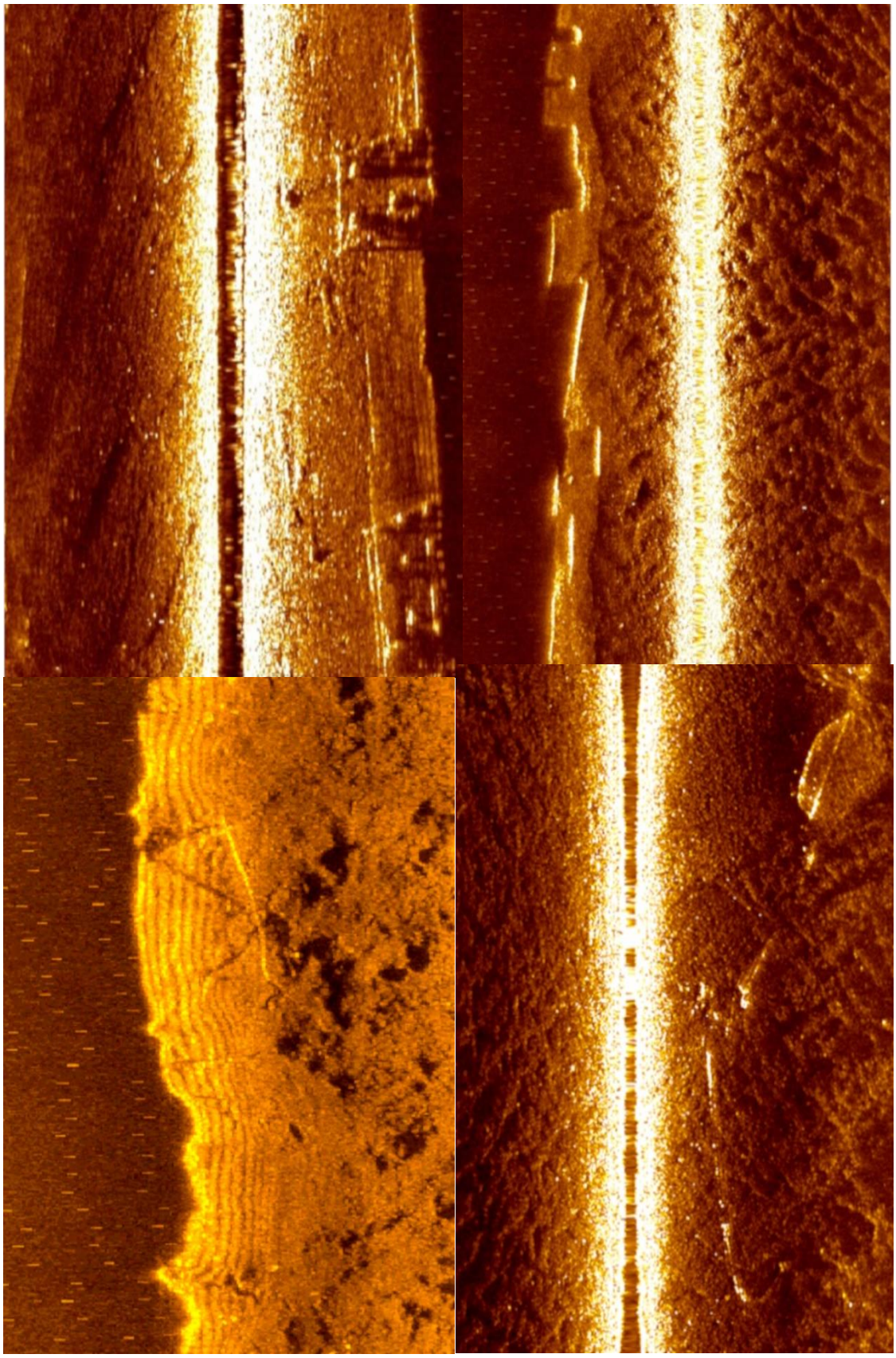


Figura 8 – Padrões sonográficos de Estaqueamento (a); Muros (b); Linhas de deposição (c); e Cabos de embarcação (d).

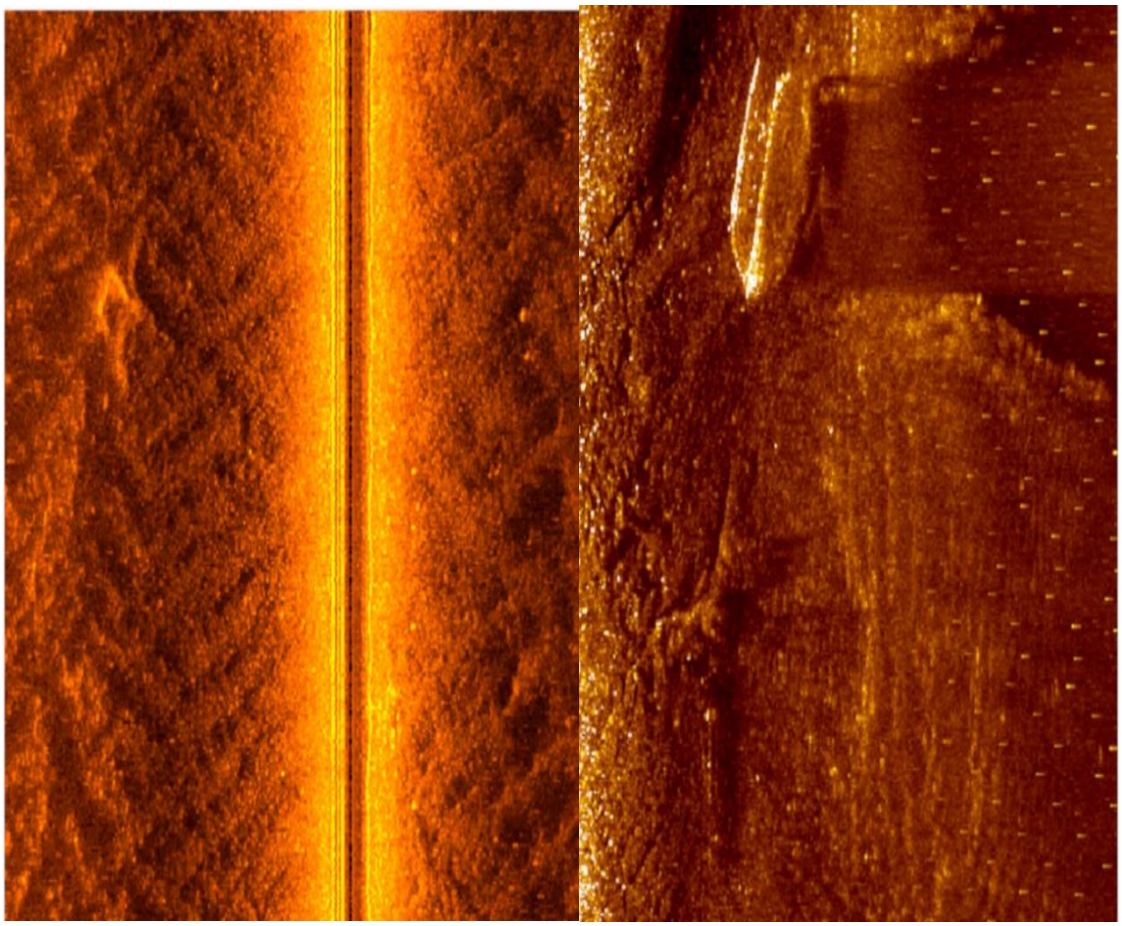


Figura 9 – Padrões de Poita (a) e Embarcação naufragada (b).

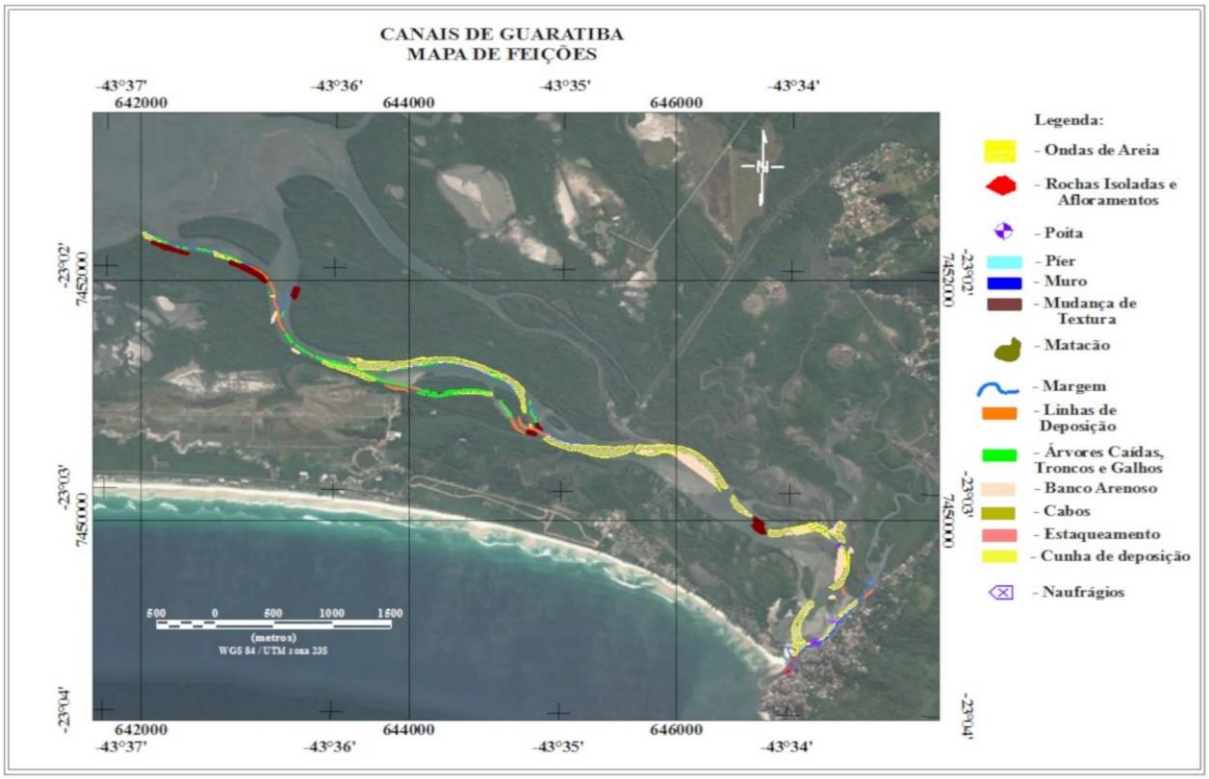


Figura 10 – Mapa de Feições dos Canais de Guaratiba.

DISCUSSÃO

A composição sedimentar do fundo, bem como sua distribuição ao longo da área de estudo está associada à dinâmica de correntes de marés. Essas correntes são intensas o suficiente para formar as ondas de areia observadas em grande parte dos canais, onde as velocidades de fluxo são maiores, preferencialmente no eixo principal do canal.

Em determinados locais as cristas das ondas de areia se cruzam, mostrando a influência de correntes de sentidos alternados, ora vindo da baía para Guaratiba, ora de Guaratiba para a baía de Sepetiba, o que condiz com a situação de correntes de maré de enchente e vazante no local.

Em outros pontos houve a presença de campos de ondas de areia interrompidos por áreas planas ou formas de fundo homogêneas, o que pode indicar aumento da intensidade das correntes devido a afunilamento do canal, meandro no fluxo de corrente ou redução da profundidade local, podendo a velocidade de deslocamento da água tornar-se tão intensa que não permite a formação das feições onduladas no fundo.

Bancos de areia, cunhas e linhas de deposição foram facilmente identificados nos registros sonográficos e deposição de sedimentos ao longo dos canais em locais onde o fluxo das correntes e o aporte de sedimentos possibilite.

As maiores concentrações de bancos arenosos foram identificadas na porção sudeste da área de estudo, nas proximidades da desembocadura em Barra de Guaratiba, devido à oferta de sedimento marinho promovida pela entrada de correntes e ondas vindas do oceano.

Os afloramentos rochosos, por sua vez, apresentam um alto padrão de refletividade acústica e uma textura rugosa. Em função de sua geometria complexa, os valores de retroespalhamento são heterogêneos sobre as superfícies dos mesmos, caracterizando-os por tons mais claros nas imagens acústicas, tornando-os de fácil identificação.

Os afloramentos rochosos, rochas isoladas e matacões foram encontrados em maior quantidade nas imediações da desembocadura dos canais, nas proximidades da Barra de Guaratiba. Isto pode ser explicado devido à proximidade com as encostas do maciço rochoso, definido pelo INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2013) como “Setor Praia” do “Maciço da Pedra Branca”.

Ao longo do Canal do Pau Torto e da porção central do Canal do Bacalhau, principalmente nas adjacências à área do manguezal, uma grande quantidade de árvores, galhos, troncos e raízes foram observadas através das imagens sonográficas, sendo forte indicativo de ocorrência de erosão na franja do mangue. Nesta região também foram observadas mudanças de textura de sedimentos, as quais são relacionadas diretamente à hidrodinâmica e às áreas de transição entre sedimentos arenosos, provenientes do oceano, e maior teor de lama, procedente da baía.

As estruturas de origem antrópica, dispostas por toda a margem do Canal do Bacalhau e proximidades da desembocadura, foram identificadas com clareza pelo padrão de refletividade peculiar em relação ao meio natural. Destacam-se pilastras de piers, geralmente de concreto ou madeira e, portanto, eficientes refletores acústicos. Muros, embarcações, cabos e poitas também foram identificados nesta região que é caracterizada por concentração urbana acentuada nas proximidades e margem dos canais. Fica nítido o impacto causado pelo homem na região pela relação direta da localização das feições antrópicas com a presença humana na região.

Com relação aos cálculos de área, temos: Ondas de areia com 264.551 m2; Bancos arenosos com 58.223

m2; Árvores, troncos e galhos caídos com 33016 m2; Cunhas arenosas e de deposição com 6498 m2; e Rochas isoladas, afloramentos rochosos, matacões com 4.805 m2.

Tomando-se por base a área total ensonificada, que foi de 858.214 m2, pode-se calcular o percentual que cada uma das principais feições: Ondas de areia; Bancos arenosos; e Árvores caídas, troncos e galhos. Assim obtivemos respectivamente, 30,83%; 6,78% e 3,85%.

Este resultado percentual denota a importância da dinâmica de correntes no sistema de canais, onde mais de 30% de sua área ensonificada apresenta alguma forma de ondulação de fundo. A distribuição destas ondulações é cerca de 2/3 do comprimento dos canais de maré, porém apresentaram algumas diferenças de acordo com a área em que estavam inseridas. Quanto mais próximas à porção central do Canal do Bacalhau e Canal do Pau Torto, mais proeminentes foram essas feições nas imagens acústicas.

Com relação aos bancos arenosos tivemos mais de 6% da área total ensonificada, apresentando um padrão de concentração maior nas proximidades à desembocadura dos canais e porção central do Canal do Bacalhau. Isto denota a grande quantidade de sedimentos movimentados pela dinâmica local, além da contribuição marinha na sedimentação nas proximidades da Barra de Guaratiba.

As áreas de árvores caídas, troncos e galhos representam quase 4% da área total ensonificada, entretanto, mais importante que isso, é a sua extensão, abrangendo quase que a totalidade do comprimento do Canal do Pau Torto. Este dado chama a atenção por indicar a ação erosiva das correntes nas margens do canal.

CONCLUSÕES

Tendo por base os dados obtidos nos canais de maré de Barra de Guaratiba, pode-se identificar feições de fundo tanto causadas por processos naturais quanto aquelas causadas por intervenção antrópica. Tal estudo é de grande relevância para a região, servindo como base para uma descrição qualitativa a nível geológico, físico e oceanográfico em trabalhos futuros no local.

Pode-se definir a batimetria geral dos canais com a perfeita localização dos bancos, áreas rasas e do sinuoso eixo principal de cada canal sondado. Esta conformação permitiu a dedução do fluxo preferencial das correntes e sua correlação com as formas de fundo, bem como a identificação das áreas de menor fluxo, deposição preferencial dos sedimentos arenosos e formação dos bancos de areia.

As imagens acústicas obtidas pelo sonar forneceram detalhes do leito dos canais e possibilitaram localizar e caracterizar substratos consolidados e inconsolidados. Os registros sonográficos revelaram a distribuição espacial dessas estruturas, bem como a grande influência das correntes, principalmente as de maré, sobre as formas de fundo locais.

Estruturas sedimentares, tais como, as ondas de areia, possuem influência direta dos regimes de dinâmica sedimentar do ambiente em que se formam e por isso apresentam em suas assinaturas indicativos das características dos mesmos. A investigação destes tipos de formas de fundo possibilita o entendimento de grande parte dos processos envolvidos no ambiente tais como padrões de correntes, transporte de sedimentos, regiões de erosão e acresção, entre outros.

As ondas de areia foram as feições de maior representatividade em toda a área de estudo e exibiram maiores concentrações na região de encontro entre os canais do Pau Torto e Bacalhau. Ainda em relação aos campos de ondas de areia identificados nos canais, é

importante destacar a observação de determinadas áreas sem formação de formas de fundo, que podem ser estabelecidas devido a um aumento na intensidade das correntes ou a um maior aporte sedimentar. Além disso, em certas áreas, as ondulações de areia apresentam padrão cruzado, indicando exposição a correntes de fluxo inverso, muito característicos de áreas sob domínio de correntes de maré, como são os canais mapeados.

Na região do Canal do Pau Torto e na porção oeste do Canal do Bacalhau foram identificadas faixas extensas com troncos, galhos, raízes e árvores de mangue depositadas sobre o fundo indicando provavelmente um processo de erosão significativo, nesta região, pela ação do forte fluxo da dinâmica local nas franjas do manguezal.

A eficiência do sonar de varredura lateral utilizado no presente trabalho se confirmou nas imagens de alta resolução, gerando dados de qualidade para ambientes rasos como os canais de maré. Devido a sua portabilidade e peso reduzido, o sonar foi utilizado de forma fixa à borda da embarcação de sondagem e possibilitou o levantamento de áreas bem próximas às margens dos canais e com profundidades de até 0,7 m.

Recomenda-se a implementação de novos levantamentos de dados sonográficos sobre os canais, a fim de se obter uma comparação das formas de leito observadas no presente trabalho e a compreensão das taxas de migração e o transporte de sedimentos nos canais de maré de Barra de Guaratiba, bem como, estudos que possam comprovar a ocorrência da erosão no Canal do Pau Torto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.M.M. 2010. Análise espaço-temporal da área ocupada por florestas de mangue em Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ) de 1985 até 2006 e sua relação com as variações climáticas. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ALVES, K.M. 2018. Estudo da variabilidade espacial e temporal da circulação e transporte em suspensão nos canais de maré de Barra de Guaratiba (Rio de Janeiro). Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

AYRES NETO A. 2000. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. Revista Brasileira de Geofísica, 18(3): 241–256.

DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A. & BRÖNNIMANN, P. 1982. Aspectos ecológicos, geomorfológicos e geobotânicos da planície de Maré de Guaratiba, RJ. In: SIMPÓSIO DO

QUATERNÁRIO NO BRASIL, 6., 1982. Anais... p. 153-174.

GUERRA, L.A.A. 1999. Interações não-lineares da maré em canais com as extremidades abertas: um estudo numérico. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) – Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

GUTIERREZ, T.M. 2012. Variabilidade espacial e temporal da distribuição do material particulado em suspensão nas proximidades do canal de navegação da baía de Sepetiba (RJ). Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HAMACHER, C. 2001. Fluxo de materiais entre manguezais e áreas costeiras adjacentes: Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

HULSCHER, S.J.M.H. & VAN DEN BRINK, G.M. 2001. Comparison between predicted and observed sand waves and banks in the North Sea. Journal of Geophysical Research, 106 (C5): 9327-9338.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). 2017. Trilhas: Parque Estadual da Pedra Branca. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: http://200.20.53.15/inea/pepb_t.php. Acesso em: 20 fev. 2019.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION. 2005. Manual on hydrography. May. (Corrections to february 2011). Monaco. Disponível em: https://www.iho.int/iho_pubs/CB/C-13/english/C-13_Chapter_1_and_contents.pdf. Acesso em: 20 fev. 2019.

KRAUS, N.C. 2007. Coastal inlets of Texas, USA. Proc. Coastal Sediments ’07, ASCE, 1,475-1,488.

MORANG, A.; LARSON, R. & GORMAN, L. 1997. Monitoring the coastal environment; part III: geophysical and research methods. Journal of Coastal Research, 13(4): 1064–1085.

PAOLO, F.S. & MAHIQUES, M.M. 2008. Utilização de métodos acústicos em estudos de dinâmica costeira: exemplo na desembocadura lagunar de Cananéia. Revista Brasileira de Geofísica, 26(2): 211–225.

PARAQUETTI, H. H. M. et al. 2007. Mercury Speciation Changes in Waters of the Sepetiba Bay, SE Brazil during Tidal Events and Different Seasons. J. Braz. Chem. Soc., 18(6): 1259-1269.

QUARESMA, V.S.; DIAS, G.T.M. & BAPTISTA NETO, J.A. 2000. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. Revista Brasileira de Geofísica, 18(2): 201–214.

RODRIGUES, D.P. et al. 2014. Variability of carbon content in mangrove species: Effect of species, compartments and tidal frequency. Aquatic Botany, 120: 346–351,.

SOUZA, L.A.P. 2006. Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas. Tese (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Química e Geológica), IO, USP, São Paulo. 311 p.

Capítulo 32

Análise espacial do campo de dunas de Pecém, Brasil, a partir de dados de sensoriamento remoto.

ANÁLISE ESPACIAL DO CAMPO DE DUNAS DE PECÉM, BRASIL, A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

Isadora Bicho Emmendorfer[1], Miguel da Guia Albuquerque[2] & Jean Marcel de Almeida Espinoza[3]

[1] Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. *CEP:* 96201-460-Rio Grande-RS,Brasil,emmendorferisadora@gmail.com
[2]Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. *CEP:* 96201-460-Rio Grande-RS,Brasil,migueldaguia@gmail.com
[3]Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. *CEP:* 96201-460-Rio Grande-RS,Brasil, jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br

RESUMO

As dunas costeiras são um dos ambientes mais afetados pelas ações humanas. Este estudo foi realizado próximo à localidade de Pecém, a qual está localizada no município de São Gonçalo do Almarante no Estado do Ceará/Brasil. O objetivo principal do trabalho foi mensurar a variação do campo de dunas durante o período de 1988-2018 na região de Pecém, contando com técnicas de sensoriamento remoto. Utilizou-se três imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8, referentes aos anos de 2013, 2014 e 2018 e uma imagem do sensor TM do satélite Landsat 5 referente ao ano de 1988. Com essas imagens se efetuou o cálculo do NDSI (Índice de Neve ou branco por Diferença Normalizada) para obter a variação do campo de dunas. Além disso, utilizaram-se os dados LiDAR obtidos através de um projeto da SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente-Ceará) o ano de 2014 como forma aumentar a acurácia da classificação do solo. Nas imagens orbitais empregou-se uma técnica de detecção de mudança conhecida como vetor de mudança, e posteriormente aplicou-se o índice NDSI. Através das análises realizadas nas imagens de satélite, expressaram-se os resultados gerados em mapas. Por meios deles, caracterizou-se o aumento do campo de dunas em área ou a redução do campo de dunas. Além disso, indicaram-se através das imagens diferenças os locais onde ocorreram essas mudanças, e também se conseguiu quantificar essa variação ao longo do tempo, obtendo-se uma redução de 64,58% para 18,23% do campo de dunas em 30 anos na região de São Gonçalo do Amarante, próximo a Pécem. Mediante esses resultados, propôs-se divulgar para a população adjacente e também para os órgãos responsáveis, aconselhando medidas de manejo, pois é essencial preservar as dunas, visto que elas são responsáveis pela proteção da costa.

Palavras-chave: LANDSAT-5, LANDSAT-8, NDSI, Detecção de mudanças.

SPATIAL ANALYSIS OF THE DUNES FILD OF PECÉM, BRAZIL, FROM REMOTE SENSING DATA.

ABSTRACT

Coastal dunes are one of the environments most affected by human actions. This study was carried out near the town of Pecém, which is located in the municipality of São Gonçalo do Almarante in the State of Ceará / Brazil. The main objective of this work was to measure the variation of the dune field during the period 1988-2018 in the Pecém region, using remote sensing techniques. We used three images of the OLI sensor of the Landsat 8 for the years 2013, 2014 and 2018 and an image of the TM sensor of the Landsat 5 satellite for the year 1988. These images were used to calculate the NDSI (Normalized Difference Snow Index) to obtain the variation of the dune field. In addition, the LiDAR data obtained through a 2014 SEMACE (State Superintendence of the Environment-Ceará) project were used as a way to increase soil classification accuracy. In the orbital images, a change detection technique known as a change vector was

used, and the NDSI index was later applied. Through the analyzes carried out on the satellite images, the results generated on maps were expressed. By means of them, it was characterized the increase of the field of dunes in area or the reduction of the field of dunes. In addition, differences were identified in the sites where these changes took place, and it was also possible to quantify this variation over time, obtaining a reduction from 64.58% to 18.23% of the dune field in 30 years in the region of São Gonçalo do Amarante, near Pécem. Through these results, it was proposed to divulge to the adjacent population and also to the responsible organisms, advising management measures, as it is essential to preserve the dunes, since they are responsible for the protection of the coast.

Key-words: Landsat-5, Landsat-8, NDSI, change detection.

INTRODUÇÃO

A zona costeira consiste em uma região de intensa dinâmica, a qual é definida pela interface entre o continente e o oceano (GUERRA, 2018). Inserido nas zonas costeiras estão as dunas que, segundo CADAVAL et al. (2015); CORDAZZO & SEELINGER, (1988), são caracterizadas como sendo depósitos de sedimentos, os quais são formados pela junção de três elementos: areia, vento e vegetação.

Com a intensificação dos processos de urbanização sobre as zonas litorâneas, em especial sobre as áreas próximas a dunas, diversas alterações em termos de aporte sedimentar e mudanças morfológicas têm sido identificadas CARBONI et al.(2009). Nesse sentido, a inserção de ferramentas de geoprocessamento, em especial do sensoriamento remoto, tem auxiliado no monitoramento das alterações ocorridas nesses ambientes.

Inserido no litoral oeste do estado do Ceará, a região do Pecém passou por diversas mudanças socioambientais oriundas da implementação de um Complexo Industrial Portuário. A instalação do chamado Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) teve efeitos na base material e cultural da região. A construção do CIPP ajudou no desenvolvimento da região, trazendo investimentos para o comércio e setor imobiliário, gerando novos empregos ALCÂNTRA & AVELINO (2013).

Em termos ambientais, a CIPP influência no processo de sedimentação costeira na região de Pecém, no trabalho de (MAGNI *et at.*,2013) descreveu que antes da década de 90 a praia de Pecém sofria com erosão, no entanto, após a construção da CIPP, ocorreu um aumento na sedimentação, e com isso, atualmente a Vila de Pecém encontra-se com um aumento na linha de costa. Com isso, os autores afirmam que a instalação do porto favoreceu a região de Pécem.

Neste sentido, medidas de planejamento ambiental, como a avaliação da suscetibilidade campo de dunas a intervenções antrópicas são essenciais para o monitoramento, por exemplo, da linha de costa. A partir do exposto, o presente estudo tem como intuito mensurar a variação temporal do campo de dunas da região próxima à Pecém, litoral oeste do estado do Ceará, utilizando imagens de satélites e dados LIDAR, considerando o método de detecção de mudanças.

Neste trabalho são apresentados como objetivos específicos: identificar, a partir de imagens orbitais dos satélites Landsat 5 (sensor TM), Landsat8 (sensor OLI) e dados lidar, as mudanças ocorridas nas dunas de São Gonçalo do Amarante próximo a Pecém com o uso de técnicas de detecção de mudanças; indicando as principais áreas onde ocorreram alterações no campo de dunas; detectando o cruzamento espacial da cobertura de dunas com as demais classes de cobertura espacial. Neste estudo, foram analisadas as mudanças na cobertura espacial das dunas, em área, demostrando a variação espacial das dunas nessa região, durante o período analisado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no campo de dunas situado próximo ao distrito de Pecém no município de São Gonçalo do Amarante - CE (Figura 01). A localidade apresenta uma população de aproximadamente 43.890 habitantes, segundo ao último censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística),no ano de no ano de 2010. (IBGE,2017) sendo que o distrito de Pecém contém 9156 habitantes (30% residentes em área urbana) e densidade demográfica de 81,7 hab./km².

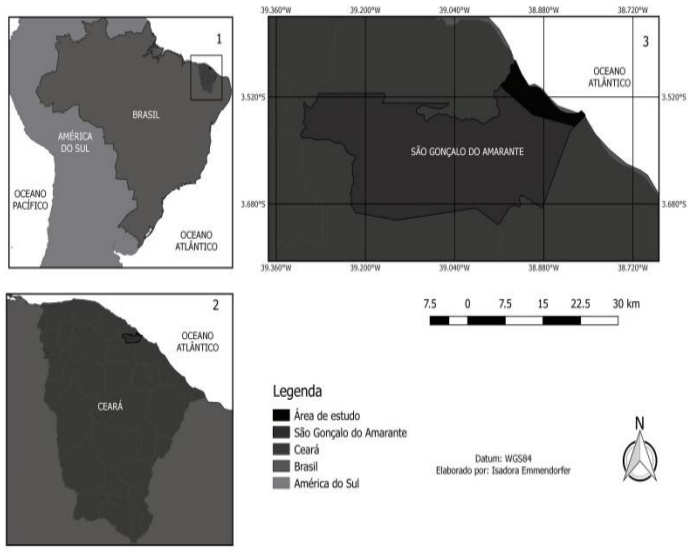


Figura 1 - Localização da área de estudo.

O clima do estado do Ceará é classificado como tropical semiárido, segundo a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), a qual é o órgão estatual responsável pelo monitoramento meteorológico e climático para o estado do Ceará. No entanto, ao longo litoral há um predomínio de condições úmidas a semi úmidas, como por exemplo, no litoral de Fortaleza. (MOTA,2005). A região do Pecém, está localizada na área litorânea, portanto, apresenta um clima tropical subúmido, caracterizado como clima quente e chuvoso. A temperatura média varia entre 21,2°C a 30,7°C segundo, MOTA,(2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a realização do trabalho foram: uma imagem do sensor TM (satélite Landsat-5) para o ano de 1988, três imagens do sensor OLI (satélite Landsat-8), referente aos anos de 2013, 2014 e 2018, uma imagem do sensor PRISM (satélite ALOS), dados LiDAR referente ao ano de 2014. Além disso, foram necessários os softwares: QGIS e o Multispec. Ambos os programas utilizados para o o processamento e análise são softwares livres. É necessário ressaltar a importância da utilização dessas ferramentas de caráter livre e gratuita, as quais foram essenciais para as análises realizas.

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas partes: (1) o pré-processamento e o processamento das imagens dos sensores TM e OLI, e (2) o processamento dos dados LiDAR.

As imagens dos sensores TM e OLI foram obtidas através do site da *USGS -Earth Explorer (USGS,2018)* com o nível básico de processamento (Landsat 8 OLI/TIRS- collection 1- level-1). O período amostral compreende os anos de 2013, 2014 e 2018, da órbita (*path*) 217 e do ponto de coleta 63 (*row*). Os dados LiDAR foram obtidos junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente-Ceará.

Nas imagens dos sensores TM e OLI foi aplicado o pré-processamento, o qual consiste na etapa de preparação dos dados. Durante esta fase, foram empregadas técnicas visando melhorar a correção das imagens como: correção radiométrica e atmosférica, correção geométrica, realce, remoção dos ruídos e o corregistro (MOREIRA, 2007). A calibração radiométrica é processo de transformar os contadores digitais em valores de radiância espectral. Os fatores de calibração estão presentes no metadado da imagem.

Posteriormente foi realizada a correção atmosférica, a qual é feita para minimizar os efeitos da distorção radiométrica causada pela atmosfera, os quais são influenciados pelo comprimento de onda, a data do imageamento e trajetória da radiação. Entre as técnicas de propostas para a correção atmosférica, a técnica de subtração do escuro (*dark subtraction*) é uma das mais aceitas (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Neste trabalho, utilizou-se a técnica de *dark subtraction*, a qual é estimada diretamente a partir dos contadores digitais da cena. Para realizar esse processo, selecionam-se locais da imagem onde a reflectância é nula (águas profundas e zonas de sombras), obtém o valor do contador digital mínimo desses alvos; após subtrair os valores do contador digital para todas bandas da imagem. Como resultado, é obtido uma cena com redução do efeito atmosférico, este processo é descrito por (MENESES & ALMEIDA, 2012) e (ESPINOZA *et al.*2017).

Em seguida, foi realizada a correção geométrica das cenas, a qual visa a representação espacial dos dados em um sistema de coordenadas geográficas padrão. A correção da imagem trata, da remoção dos erros introduzidos pelos campos de visada óptica do sensor. As principais fontes de distorções geométricas são devidas: a rotação da Terra, instabilidade dos eixos de posicionamento da plataforma, curvatura da Terra e campo de visada do sensor MENESES & ALMEIDA (2012). Para a realização da correção geométrica das imagens serão adquiridos pontos homólogos entre as cenas.

Para conseguir classificar e obter a área das dunas foi feito o cálculo do NDSI (Normalized-Difference Snow Index), ou índice de neve ou branco, o qual é um método utilizado para calcular um índice físico indicativo da presença de branco em um certo pixel. Esse índice pode ser expresso pela equação 1.

$$NDSI = \frac{(B_{green} - B_{Swir})}{(B_{green} + B_{Swir})} 1$$

Onde B_{green} indica a banda do verde, e B_{Swir} indica a banda do infravermelho próxima. Considerando a banda verde e do infravermelho próximo, os valores de NDSI obtidos estarão compreendidos entre o intervalo de -1 e +1. No estudo aplicou-se um limiar entre 0,45 e 0,7, ajustando-o conforme o histograma a imagem analisada, esse limiar foi utilizado por ESPINOZA et al., (2017), para classificar a classe de dunas em comparação com as demais classes de cobertura espacial.

Para o cálculo do NDSI utilizou-se o método AVM (Análise de vetor de Mudança). Essa técnica calcula as mudanças radiométricas entre as bandas. O método AVM utiliza pares de imagens multiespectrais de datas diferentes, os quais servem para calcular os vetores das mudanças espectrais comparando com as magnitudes obtidas, considerando um limiar pré-determinado. Cada vetor é uma combinação de mudanças positivas ou negativas das bandas. E com esses vetores é possível caracterizar a variação LORENA *et al.* (2004).

Na figura 2, está representado o processamento das imagens orbitais dos sensores TM e OLI.

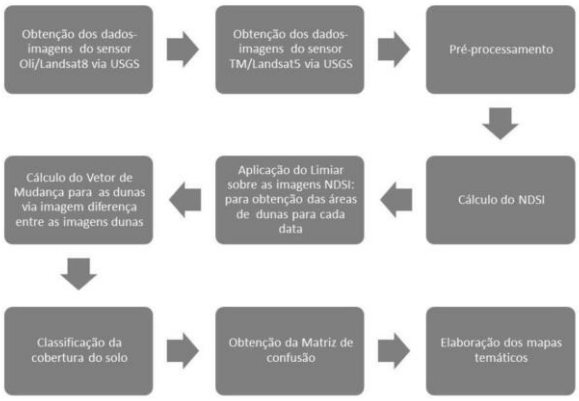


Figura 2 - Fluxograma do processamento das imagens orbitais dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, dos sensores TM e o OLI.

Para realizar o processamento dos dados LiDAR foi necessário criar um mosaico, pois a região de estudo estava dividida em pequenas áreas. Esses dados apresentavam falhas, então para suprir essas falhas, foi necessário realizar o preenchimento de falhas utilizando dados ALOS-PRISM. Na figura 03, representa o processamento do dado LiDAR.

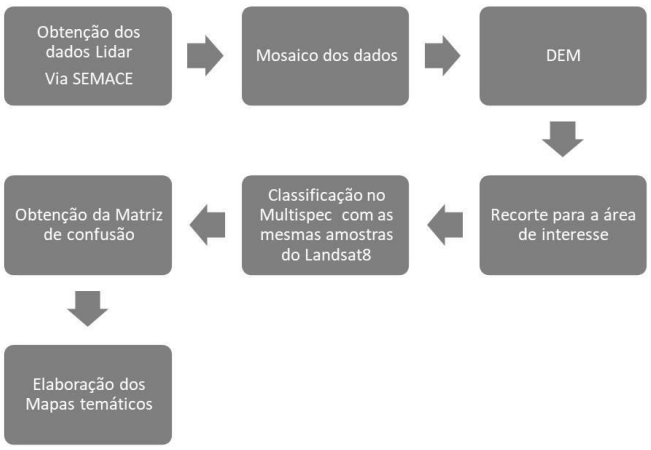


Figura 3 - Fluxograma do processamento do dado LiDAR.

A classificação orientada objeto foi realizada no software Multispec a partir das imagens previamente segmentadas com uso do algoritimo *Mean Shift*. O método utilizado para realizar a classificação das cenas segmentadas foi o de Mínima distância Euclideana (Minimum Euclidean distance) e a estatística utilizada para a análise de acurácia foi à estatística Kappa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 04 e na tabela I são representadas as variações das áreas de dunas para São Gonçalo do Amarante (Pecém), durante os anos de 1988, 2013, 2014 e 2018. Esses dados foram obtidos através do Cálculo do NDSI.

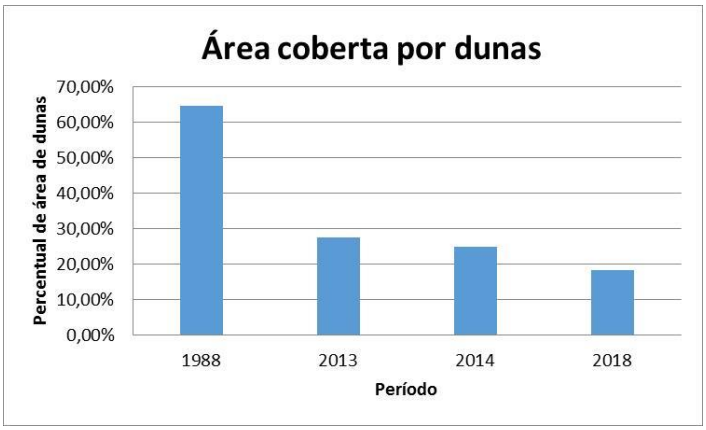


Figura 4 - Área de abrangência espacial das dunas no período estudado.

Ano	1988	2013	2014	2018
Área em hectares	4779.45	2035.44	1929.60	1349.19

Tabela I - Variação da área de dunas obtida através do cálculo de NDSI.

Observando-as, nota-se que em 1988 aproximadamente 65% da área do Litoral de São Gonçalo do Amarante era ocupada por dunas. No entanto, ao longo do tempo o campo de dunas foi reduzido, ficando com um percentual de ocupação menor que 20% em 2018, o qual representa aproximadamente 1.400 hectares, ou seja, Em 30 anos, o campo de dunas reduziu mais de 3400 hectares.

As figuras 05, 06 e 07, foram geradas através da diferença de entre as mascaras de dunas (polígono de mudança), ou seja, foi feito uma detecção de mudança, uma diferença entre imagens.

A figura 05 representa a localização das áreas reduzidas e/ou aumentadas para o período de 2013-2014. É possível perceber, que ocorreu uma variação no campo de dunas, no entanto, como o período não é muito grande, ocorreu pouca redução comparando com o período total de analise.

Analisando a figura 06, é possível perceber visualmente que há mais área em vermelho, a qual representa uma redução de área, as que áreas estão em azul representam o aumento de área. Com isso, é

possível observar a redução da área durante o período de 2014-2018, o qual está quantificado na tabela I.

A figura 07 representa visualmente a variação total da área de estudo durante esses 30 anos decorridos. Nota-se, que ocorreu uma redução significativa de área. Há lugares onde ocorreu o aumento, no entanto, a redução do campo é mais intensa.

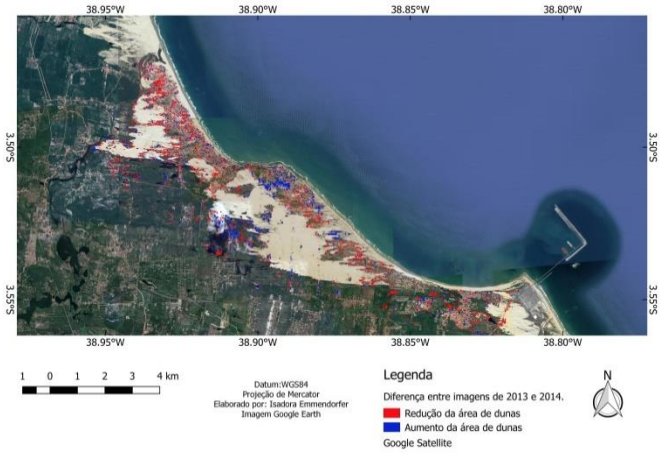


Figura 5 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 2013-2014.

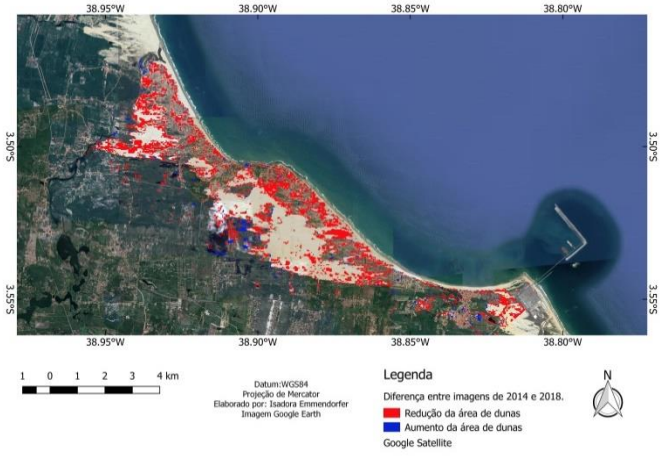


Figura 6 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 2014-2018.

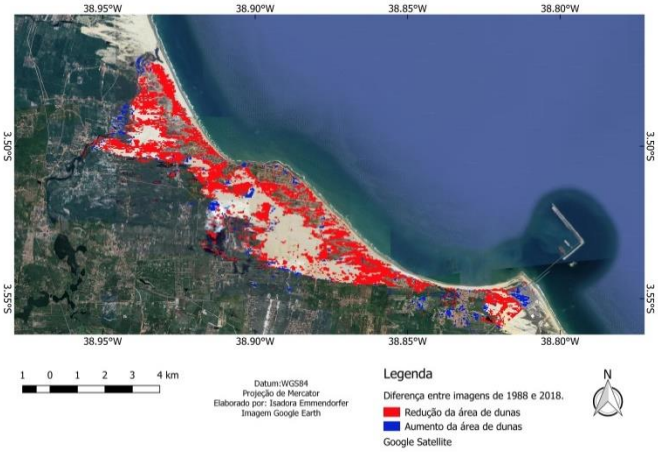


Figura 7 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 1988-2018.

Matriz de Confusão Teste - Landsat-8 2014

Nome da classe	Número da classe	Precisão de referência (%)	Número de amostras	Número de amostras por classes					
				Dunas	Oceano	Copos d'aguas	Vegetação Arbórea	Vegetação Rasteira	Solo exposto (outros)
Dunas	1	100	137	137	0	0	0	0	0
Oceano	2	100	2356	0	2356	0	0	0	0
Corpos d'aguas	3	57,9	19	0	0	19	0	0	0
Vegetação Arbórea	4	100	139	0	0	0	139	0	0
Vegetação Rasteira	5	60,8	74	0	0	3	57	14	
Solo exposto (outros)	6	81,9	116	0	0	0	0	8	108
TOTAL			2841	137	2356	19	142	65	122
Precisão de confiabilidade (%)				97,9	97,7	100	99,3	60,2	77,9

Tabela II- Resultado da matriz de confusão (classificação dos vetores de superfície), segundo a imagem do sensor OLI do satélite Landsat-8.

Matriz de Confusão Teste - Lidar-2014

Nome da classe	Número da classe	Precisão de referência (%)	Número de amostras	Número de amostras por classe					
				Dunas	Oceano	Corpos d'aguas	Vegetação Arbórea	Vegetação Rasteira	Solo exposto (outros)
Dunas	1	100.0	137	137	0	0	0	0	0
Oceano	2	100.0	2356	0	2356	0	0	0	0
Corpos d'aguas	3	84.2	19	0	3	16	0	0	0
Vegetação Arbórea	4	100.0	139	0	0	0	139	0	0
Vegetação Rasteira	5	79.7	74	0	0	0	3	59	12
Solo exposto (outros)	6	94.0	116	0	0	0	0	7	109
TOTAL			2841	137	2359	16	142	66	121
Precisão de confiabilidade (%)				100	99,9	100	97,9	89,4	90,1

Tabela III- Resultado da matriz de confusão (classificação dos vetores de superfície), segundo o dado LiDAR.

Comparando as tabelas II e III é possível perceber que a precisão confiabilidade da classificação do dado LiDAR aumenta nas classes Dunas, Oceano, Vegetação Rasteira e Solo Exposto, fica estável em Corpos d'água e decai em Vegetação Arbórea. Obtendo respectivamente os valores :Dunas 97,9% para 100%; Oceano 97,9 para 99,9%; Vegetação Rasteira 60,2% para 89,4%; Solo Exposto 77,9 para 90,1%; Corpos d'água 100% fica estável e a Vegetação Arbórea decai de 99,73% para 97,9%.

Classificação da Área pelas classes analisadas-Landsat-8 -2014			
Classe	Número de amostras	Porcentagem	Área (Hectares)
1 Dunas	13.869	6,14	1.248,210
2 Oceano	17.0172	75,31	15.315,480
3 Corpos d'aguas	2.233	0,99	200,970
4 Vegetação Arbórea	19.453	8,61	1.750,770
5 Vegetação Rasteira	10.659	4,72	959,310
6 Solo exposto (outros)	9.584	4,24	862,560
Total	225.970	100,00	20.337,300

Tabela IV- Resultado total da classificação dos vetores de superfície, segundo a imagem do sensor OLI do satélite Landsat-8.

Classificação da Área pelas classes analisadas - Lidar			
Classe	Número de amostras	Porcentagem	Area (Hectares)
1 Dunas	11.870	5,23	1.068,300
2 Oceano	171.306	75,48	15.417,540
3 Corpos d'aguas	701	0,31	63,090
4 Vegetação Arbórea	20.896	9,21	1.880,640
5 Vegetação Rasteira	12.923	5,69	1.163,070
6 Solo exposto	9.248	4,08	832,320
Total	226.944	100	20.424,960

Tabela V- Resultado da matriz de confusão classificação dos vetores de superfície, segundo o dado LiDAR.

A tabela V apresenta a classificação final da área com os dados LiDAR . Nota-se, que os valores de Dunas, Corpos d'água e o Solo Exposto diminuíram em comparação do com valores obtidos através da classificação do Landsat-8 (Tabela IV). Considerando apenas os tipos de classes interessantes para a classificação do solo, ou seja, retirando a classe do oceano. Obteve-se que a classificação através dos dados LiDAR, as dunas reduziram de 24,85 % para 21,32%, o Solo Exposto de 17,16% para 16,63%, Corpos d'água de 4,01% para 1,26%. No entanto, os valores de Vegetação Rasteira aumentaram de 19,11% para 16,67% e a Vegetação Arbórea 34,86 % passou a 37,56%.

Comparando as tabelas IV e V percebe-se que ocorreram variações entre os resultados da classificação dos dados LiDAR e com classificação pela imagem orbital do sensor OLI do satélite Landsat-8. Essas variações eram esperadas, pois, o dado LiDAR auxilia na diferenciação de alvos semelhantes espectralmente, pois além da diferenciação pela coloração do pixel, o dado LiDAR apresenta a elevação do terreno, então pixels os quais espectralmente são semelhantes, analisando sua elevação é possível diferenciar, por isso, ocorreu uma diminuição dos dados de Corpos d'água, dunas e solo exposto, e ocorreu um aumento nos dados de Vegetação Arbórea e Rasteira. Pois, o LiDAR realizou a classificação considerando o valor do pixel e a elevação, então diminui a confusão que poderia estar ocorrendo entre pixel semelhantes. Com isso, aumentou a precisão na confiabilidade (Estatística de Kappa).

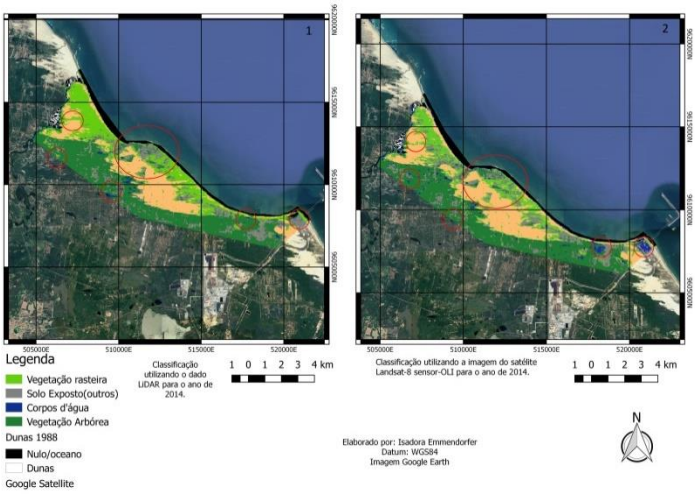


Figura 8 - Representação da ocupação do solo de São Gonçalo do Amarante pela imagem Landsat-8 sensor OLI para o ano de 2014 comparando com a classificação do dado LiDAR

A figura 08 é a representação visual do resultado obtido através da classificação realizada no software Multispec. Essa figura apresenta dois quadros, o quadro 1 contém o resultado da classificação utilizando o dado LiDAR. O quadro 2, apresenta a classificação realizada com a imagem do Landsat-8(OLI) para o ano de 2014, no mesmo período do dado LiDAR. Através dessas considerações, é possível comparar as classificações.

A classificação utilizando a imagem orbital reconhece alguns pontos como corpos d'água, no entanto, quando a classificação é feita com o dado LiDAR não ocorre o mesmo resultado, o LiDAR

reconhece como Vegetação Arbórea e/ou Solo Exposto, esse resultado é divido o modo que classificação do dado LiDAR. A imagem orbital utiliza somente o valor do pixel. No entanto, a classificação realizada com o dado LiDAR utiliza tanto os valores dos pixels, como o valor da elevação da superfície. Com esses valores de elevação, é possível diferenciar valores de pixels semelhantes com valores de elevações distintas, e com isso o resultado da classificação do LiDAR é mais precisa do que a da imagem orbital.

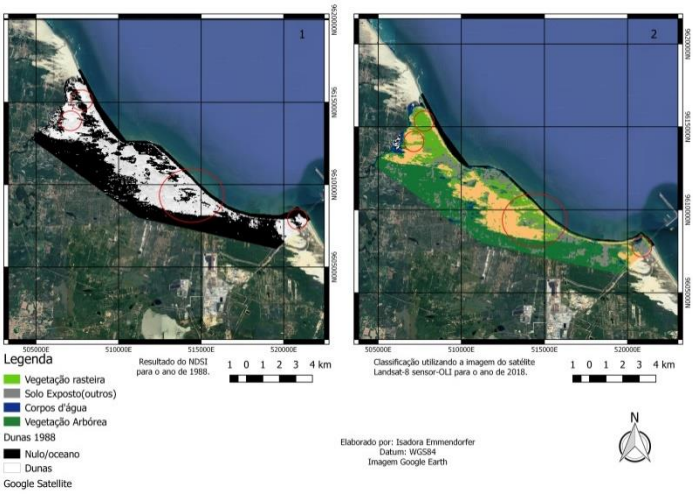


Figura 9 - Representação da ocupação das dunas de São Gonçalo do Amarante no ano de 1988 através do índice NDSI em comparação com a classificação da imagem 2018 do sensor OLI do satélite Landsat-8

A figura 09 demostra a cobertura de dunas para o ano 1988 e a cobertura atual do solo para São Gonçalo do Amarante. A figura 09 está dividida em dois quadros, o quadro um representa a presença ou não presença de dunas, sendo em branco as dunas e em preto valores nulos. No quadro dois é representada a cobertura atual da área de estudo. Analisando rapidamente os círculos vermelhos na figura, percebe-se que onde eram dunas 1988 atual é Vegetação Rasteira e/ou Solo Exposto.

CONCLUSÃO

Estudos caracterizando a evolução da linha de costa estão sendo cada vez mais utilizados como ferramentas fundamentais para o manejo das regiões costeiras. Conhecer e compreender o comportamento das zonas costeiras facilita o entendimento possibilitando a intervenção, para solucionar os problemas relacionados aos processos erosivos.

Neste sentido, de caracterização da evolução da linha de costa existe o trabalho de (MAGNI *et al*. ,2013), já no caráter mais evolucional da cobertura de dunas, existe o trabalho de (PINHEIRO,2015),o qual utiliza imagens de satélite e fotografias área para caracterizar a evolução da cobertura espacial das dunas, este trabalho também caracteriza a região de Pecém, com uma diminuição da cobertura espacial. Além esses trabalhos, os quais utilizam métodos de sensoriamento remoto, existe um estudo de caráter social o qual, analisou o comportamento da comunidade local em relação a instalação e permanência do porto, este é o trabalho de (MATOS & ANDRADE, 2017).

O presente trabalho buscou identificar as mudanças ocorridas no campo de dunas e a sua sobreposição em relação à cobertura da superfície do entorno do campo dunar de Pecém, localizado na cidade de São Gonçalo do Amarante; com a realização do calculo do NDSI para as imagens dos anos de 1988, 2013, 2014 e 2018 e também se realizou a classificação das imagens orbitais para os anos de 2014 e 2018 em conjunto com o dado LiDAR, referente ao ano 2014. Para assim conseguir classificar a cobertura espacial e comparar as diferentes classificações, sendo elas, a do Landsat-8 sensor OLI (2014) versus a do LiDAR(2014), e assim consequentemente sugerir qual o método mais preciso. Além disso, posteriormente foi feita a classificação dos vetores de superfície para o ano 2018 da cobertura do solo/espacial comparando com a

cobertura espacial de dunas que era encontrada para o ano 1988.

É necessário ressaltar que através da metodologia empregada, apenas expressamos os valores em área da ocupação das dunas, pois, os métodos aplicados não tinham como intuito quantificar o volume dunar, pois, para determina-lo, seria necessário utilizar mais de um Modelo Digital de Elevação. No entanto, o proposito do trabalho era analisar a mudança espacial das dunas e não caracterizar o terreno em uma forma de Modelo Digital Terreno.

Com isso, pode-se dizer que, a utilização dessa metodologia foi satisfatória, pois, conseguiu expressar a variação do campo de dunas em área durante o período estudado. Além disso, os dados LiDAR favoreceram na acurácia da classificação da ocupação da superfície. Dessa maneira, esses resultados poderão servir como subsídio para gestão e proteção das Dunas e de seus entornos.

Este trabalho também poderá ser utilizado para a realização de novas pesquisas que busquem também a realização de detecção de mudanças em um novo período, bem como pesquisas relacionadas à gestão ambiental desta unidade de conservação para que em conjunto possam auxiliar no monitoramento e na preservação do local estudado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará pela disponibilidade dos dados. E ao Departamento de Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - campus Rio Grande, pela infraestrutura e apoio.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTRA, Selma Maria Peixoto; AVELINO, Flávia Regina Fróes. Transformações socioambientais: uma visão sobre o desenvolvimento no Pecém. Revista Gestão & Desenvolvimento, Fortaleza-CE, v. 1, n. 1, p. 1-18, jan. 2013. Disponível em: <http://institutoateneu.com.br/ojs/index.php/RGD/article/view/80>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CARBONI, M .; CARRANZA, M.L .; ACOSTA A. Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach. Landscape and Urban Planning, 91: 17-25, 2009.

CADAVAL, B. M.; ALBUQUERQUE, M. G. Caracterização do comportamento do campo de dunas da praia do cassino (RS), região da Querência, após a passagem de tempestades. Revista de Engenharia e Tecnologia, v.1, n.1, p. 37-46, 2015.

CORDAZZO, C. V.; SEELINGER, U. Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil. Rio Grande. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 1988, 275 p.

Earth Explorer-USGS. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: Março de 2018.

ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida; JR. PEREIRA,Adilson; FERREIRA, João Augusto de Carvalho. Análise Multitemporal da Cobertura de Dunas ao longo do município de São José do Norte/RS. 2017. 7376-7381 p. – Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR. INPE Santos-SP, Brasil.2017. Disponível em:< http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.16.20.36> Acesso em: Maio de 2018 (ISBN: 978-85-17-00088-1)

GUERRA, R. G. P. Erosão de praia associada a evolução do esporão arenoso em Parajuru, Beberibe, Ceará. 2018. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas e Tropicais. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 211 p.

LORENA, Rodrigo Borrego; SANTOS, João Roberto; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Técnica de detecção de mudanças aplica em imagens de satélite como ferramenta de monitoramento de uso e cobertura da terra na Amazônia Ocidental (Acre). 2004. 47-76 p. –

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia(IBGE) (s/d) – São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brasil. IBGE.Brasil. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sao-goncalo-do-amarante/panorama. Acesso em: Jun.2018

INPE, Espaço e Geografia, São José dos Campos-SP, 2004. 7. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/36/35>. Acesso em: 30 jun. 2018.

MAGNI, Christiano; MARTINS, Antonio Harildes Oliveira ; PIMOMBEIRA, Erasmo da Silva. A infraestrutura portuária e suas influências na sedimentação costeira na vila do Pecém, Ceará, Brasil. 2013. 532-546 p. Departamento de Geologia - UFC, UNESP, São Paulo, 2013. 32. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/viewFile/7297/6741>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (Org.). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. 1. ed. Brasília: CNPq, 2012. 1-276 p. v.1.Disponível em:< http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 30 jun. 2018.

MOREIRA, Maurício Alves. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 1-301 p. v. 1

MOTA, ROBERTO FREITAS. Estudos geológicos-geofísicos da interface água doce/salgada em aquíferos da formação de barreiras no litoral da região de Caucaia e Pecém, Salvador-Bahia, jan./dez. 2005. Disponível em:< http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/23445>. Acesso em: 30 jun. 2018.

PINHEIRO, M.V.A. 2015. Evolução Geoambiental das dunas de transpasse do estado do Ceará. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. 149p.

Capítulo 33

Importância do monitoramento têmporo-espacial - alterações antrópicas no litoral Sul nas proximidades da Estação Ecológica do Taim – RS/Brasil.

IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO TÊMPORO-ESPACIAL - ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NO LITORAL SUL NAS PROXIMIDADES DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM – RS/BRASIL.

Marilia Silva da Costa[1] & Simone Emiko Sato[2]

[1]Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Geomorfologia Costeira, Avenida Itália s/n, Km 8 – Campus Carreiros, Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96200-190, mariliacosta_bio@hotmail.com.
[2]Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Laboratório de Geomorfologia Costeira, Avenida Itália s/n, Km 8 – Campus Carreiros, Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96200-190, simone.e.sato@gmail.com.

RESUMO

A Planície Costeira do Extremo Sul abriga uma extensa área de cordões litorâneos, dunas móveis e sésseis, campos de dunas vegetadas, banhados, lagos e lagoas, ambientes que contribuem para a rica biodiversidade, local e migratória, encontrada na região. Porém, este ambiente vem sendo pressionado pelas alterações referentes ao uso antrópico, a qual sem um manejo adequado pode comprometer a dinâmica ambiental destes ambientes. As características naturais da Planície Costeira tornaram-se alvo para atividades socioeconômicas de grande impacto e modificação ambiental. É neste contexto que se encontra a Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim), uma Unidade de Conservação da categoria de Proteção Integral, destinada à conservação e à pesquisa científica e criada com o objetivo representar e preservar as áreas típicas do extremo meridional da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Visto isso, o monitoramento espacial do uso e cobertura da terra é fundamental para acompanhar as alterações ambientais. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi mapear o uso e a cobertura da Terra, com ênfase na silvicultura, atividade antrópica que vem ganhando espaço sobre as áreas naturais do entorno e no interior da ESEC Taim. Este fato justifica o recorte espacial da área de estudo o qual abrange ambas as áreas. As imagens para o mapeamento de uso e cobertura foram adquiridas do Serviço Geológico dos Estados Unidos, obtidas do satélite Landsat2 e 8, dos anos de 1981 e 2018, respectivamente. Primeiramente as imagens foram importadas para o *software* QGis, onde as bandas foram reprojetadas de WGS 84 para Sistema de Referência de Coordenadas EPSG 31982, projeção / datum SIRGAS 2000/UTM 22S. Demais procedimentos para a classificação das imagens foram realizados no *software* Spring. Com base no manual de Uso e Cobertura da Terra do IBGE foram identificadas cinco classes, sendo a silvicultura a única classe considerada de uso antrópico. Através da comparação entre os dois cenários foi possível identificar a diminuição da classe *Areia e Duna* em consequência da inserção de espécies florestais exóticas nessas áreas. De 1981 para 2018 houve também um aumento, em hectares, da classe *Duna Vegetada* sobre as dunas móveis, o que pode ser explicado pelo aumento de áreas mais úmidas próximos às dunas, ou pela dispersão do *Pinus elliotti*, visto a capacidade de propagação das suas sementes aladas através do vento. Os mapeamentos de uso e cobertura da terra para os cenários de 1981 e 2018 mostraram a inserção da silvicultura, bem como a supressão de *hábitats* naturais de dunas costeiras, além disso, percebe-se que o cultivo de exóticas invade os limites da ESEC Taim. A Planície Costeira do extremo Sul do Brasil possui pouquíssimas áreas remanescentes dos ecossistemas típicos da região e a ESEC Taim atua na tutela deste ecossistema peculiar.

Palavras-chave: Planície Costeira; ESEC Taim; Geoprocessamento; Silvicultura.

THE IMPORTANCE OF SPACE-TIME MONITORING - ANTHROPIC CHANGES ON THE SOUTHERN COAST NEAR TAIM ECOLOGICAL STATION RS / BRAZIL.

ABSTRACT

The Southernmost Coastal Plain shelters an extensive area of beach ridges, shifting and sessile sand dunes, vegetated dune fields, wetlands, lakes and lagoons that contribute to the rich local and migratory biodiversity found in the region. However, this environment has been under anthropic pressure. If not followed by adequate management, such changes can damage the environmental dynamics. The Coastal Plain natural features became a target for socioeconomic activities of great environmental impact and change. Since 1971, fiscal incentives fore forestation promote the division and disappearance of natural landscape by exotic species. The massive planting of *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* and *Pinus elliottii*, not only completely alters the landscape, but also greatly impacts the environment, since such exotic species present high growth rates and demand nutrients, even when they are naturally low. Taim Ecological Station (ESEC Taim) is an Integral Protection Conservation Unit inserted in this context. Taim plays an important role in conservation and scientific research. When founded its goal was to represent and preserve the typical areas of the southernmost Coastal Plain of Rio Grande do Sul. This circumstance validates this research spatial clipping, which covers both areas. Landsat 2 and 8 satellite scenes from 1981 and 2018 were acquired on the US Geological Survey (USGS) database. The data provided the basis for the land use and coverage maps. First, the images were imported into the QGis software. There, the bands were redesigned from WGS 84 to the Coordinate Reference System EPSG 31982 / SIRGAS 2000 datum / UTM 22S projection. SPRING software provided further image processing and analysis. Five classes were identified based on the IBGE manual for Land Use and Coverage. Silviculture was the only class considered for anthropic use. The two scenarios comparison allowed the identification of the Sand and Dune class decrease because of exotic forest increment in these areas. From 1981 to 2018 there was also an increase, in hectares, of the Vegetated Dunes class over Mobile Dunes, which can be explained by the surge of wetter areas near the dunes, or *Pinus elliotti* dispersion, considering its winged seeds propagation capacity through the wind. Land use and land cover mapping for the 1981 and 2018 scenarios showed the silviculture increment as well as the natural coastal dunes habitat suppression. In addition, it is perceived that the exotic forest invades the ESEC Taim limits. There are very few typical natural features remaining on the Brazilian Southernmost Coastal Plain and the ESEC Taim shelters this peculiar ecosystem.

Key-words: Coastal Plain, ESEC Taim, Geoprocessing, Forestry.

INTRODUÇÃO

O litoral do extremo sul do Rio Grande do Sul possui características únicas que lhe conferem uma riqueza particular. Sua planície costeira abriga uma extensa área de cordões litorâneos, de dunas móveis e sésseis, de campos de dunas vegetadas,de banhados entre cordões e dunas. A conexão entre os a lagos e lagoas da região, através dos cordões litorâneos é de fundamental importância para o desenvolvimento da paisagem e da biodiversidade.

Esses ambientes foram formados a partir de eventos de transgressão e regressão marinha ocorridos no Pleistoceno e Holoceno, os quais originaram uma ampla zona de sedimentação, composta por cordões arenosos que individualizaram grandes formações lacustres da linha de costa marítima, contribuindo para a formação da atual planície costeira (TOMAZELLI et. al. 2009).

A planície costeira é o suporte para os diversos usos da terra, os quais muitas vezes, conflituosos com as suas características físicas. Na década de 1960, impulsionado pelos altos investimentos no setor urbano-industrial, houve um crescimento pontual nos espaços litorâneos (MARRONI & ASMUS, 2005).

Em relação à planície costeira do extremo sul do Rio Grande do Sul, a atividade industrial e portuária, e

também as monoculturas, foram as atividades que mais alteraram o meio físico. No caso da área de estudo a pressão das atividades antrópicas sobre a Estação Ecológica da Taim (ESEC Taim) está relacionada à silvicultura.

A ESEC Taim está situada entre os municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, em uma área destinada ao domínio público em 1978 pelo Decreto nº81.603, com o principal objetivo de preservação e manutenção do ambiente físico-natural.Atualmente é administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sendo uma Unidade de Conservação (UC) que pertence ao grupo de Proteção Integral. Neste tipo de UC não é permitido nenhum tipo de atividade socioeconômica dentro da sua área, sendo 90% destinadas à preservação total e 10% reservados para a pesquisa e educação ambiental, as quais devem ser previamente autorizadas e sujeitas à normas pré-estabelecidas (BRASIL, 2000).

No ano de 2017, a ESEC Taim foi considerada pela Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Convenção Ramsar), como uma das 25 áreas brasileiras de relevância internacional do ponto de vista ambiental. Sua importância está associada ao papel fundamental na conservação da biodiversidade, na manutenção do equilíbrio ecológico da área, na produção de alimentos, na contenção de inundações e no controle da poluição (MMA, 2017; RAMSAR, 2017).

A ESEC Taim, embora com 41 anos de existência, ainda não possui Plano de Manejo, este documento está em andamento e para concluí-lo fazem-se necessários estudos atuais com o diagnóstico da área e prognósticos para o melhoramento e controle ambiental.Considerando as transformações espaciais decorrentes do uso da terra, faz-se necessário um monitoramento contínuo dos impactos e pressões das atividades antrópicas sobre a ESEC Taim, para compreender as alterações e realizar proposições a fim de promover um adequando gerenciamento da Unidade.

Para este estudo, destacamos a inserção em grande escala de espécies exóticas, com alto potencial de crescimento e necessidade de grandes volumes de água e nutrientes, que são retirados de solos do tipo Neossolos Quartzarênicos (solos arenosos) e também de solos Hidromórficos (imperfeitamente a mal drenados), pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente,e apresentam lençol freático próximo à superfície e quantidade nutricional reduzida (EICHENBERGER, 2015; GOMES et al. 1987; SCHREINER, 2012;STRECK et al. 2008; TASSI, 2008). O solo, que antes abrigavam espécies nativas, agora é perfeito para a plantação de maciços de *Eucalipytus* sp. e *Pinus* sp. para gerar economia e fomentar o agronegócio. E o ambiente, anteriormente natural, está sendo modificado com a supressão das espécies nativas pela competição ocasionada pela introdução dessas novas espécies invasoras.

Neste contexto, os produtos de sensoriamento remoto possibilitam um contínuo monitoramento temporal, e através da interpretação desses, torna-se possível a detecção das mudanças. Sob esta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi mapear áreas de influência antrópica, com base na interpretação de imagens de satélite, e quantificar os usos da terra nessas áreas nos cenários temporais de 1981 e 2018.

Justifica-se a escolha da silvicultura, como o uso da terra em análise, pois este uso está presente na Zona de Amortecimento (ZA), ocasionando pressão sobre os limites da UC. Segundo a definição dada pelo Art. 2° do SNUC, entende-se por ZA o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (BRASIL, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo encontra-se no município de Santa Vitória do Palmar, localizada no litoral do extremo sul Estado do Rio Grande do Sul e abrange parte da Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim) (Figura 01).



Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: adaptado de *Google Earth Pro*

Para este estudo estabeleceu-se um recorte da área de cordões litorâneos próximos e pertencentes à ESEC Taim e foi delimitado um limite de 3km a Norte e a Sul, a partir dos limites da Unidade de Conservação, a fim de analisar as transformações temporo-espaciais ocasionadas por esse uso.

A ESEC Taim encontra-se em processo de construção do seu Plano de Manejo, ou seja, ainda não apresenta uma Zona de Amortecimento definida, portanto deve-se considerar a Resolução CONAMA nº 428 de 17 de dezembro de 2010, a qual estabelece a ZA, caso a mesma não tenha sido estabelecida, sendo 3 mil metros a partir dos limites da UC.

As imagens de satélite foram adquiridas no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), obtida dos satélites Landsat2 e 8, sensores *Multispectral Scanner* (MSS), *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) datadas de 17/12/1981 e 15/10/2018, ponto e órbita 237-83e 221-83, respectivamente.

Primeiramente as imagens foram importadas para o *software* QGis, onde as bandas foram reprojetadas de WGS 84 para Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) código EPSG 31982, projeção/datum SIRGAS 2000/UTM 22S. Para as pesquisas realizadas no Brasil e no hemisfério sul o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE indica que as imagens sejam reprojetadas para SIRGAS 2000.

Para a classificação das imagens, utilizou-se o *software* Spring. Neste programa, foi realizada a segmentação das bandas, processo em que ocorre o agrupamento de pixels que possuem características semelhantes. A segmentação faz com que o contexto em que se encontra inserido o pixel seja considerado na classificação, e assim leve em conta as características do meio (regiões), e não com base em valores individuais dos pixels (FLORENZANO, 2011). Para realizar a segmentação das bandas da imagem foi definido nesse trabalho os dois limiares do processo de segmentação, sendo a similaridade de 5 e a área de 30.

Após este procedimento foi realizado a Classificação das Imagens através da composição RGB nas bandas 4, 6 e 5 para imagem que data 1981 e 3, 5 e 4 para a imagem de 2018. Essa composição de bandas possibilita a formação de imagens coloridas, favorecendo assim a perspectiva do olho humano (Figuras 02 e 03). Na classificação foram coletadas amostras (treinamento), identificando os

pixels ou grupos de pixels (amostras) pertencentes a uma mesma classe (FLORENZANO, 2011).

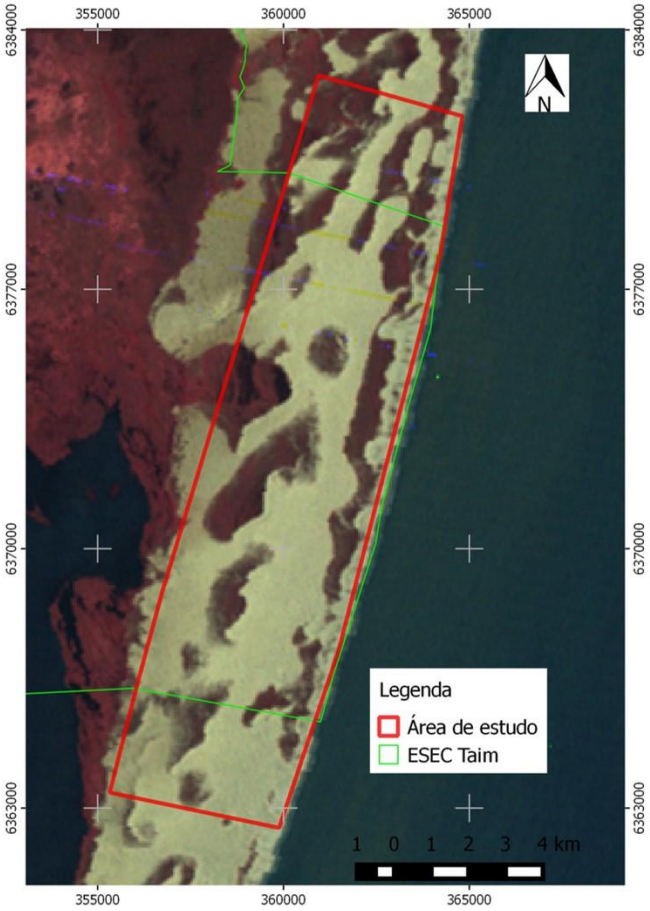


Figura 2 - Composição valsa cor RGB da imagem Landsat de 1981. Fonte: USGS, 2019.

Por fim, com o Refinamento da Classificação e a ferramenta de edição matricial do Spring foi possível agrupar as classes e também classificar áreas que não foram classificadas em nenhuma das classes pré definidas (BRITES et al., 2012; FLORENZANO, 2011). A definição das classes teve como base o manual de Uso e Cobertura da Terra do IBGE (2013) conforme o Quadro I.



Figura 3 - Composição valsa cor RGB da imagem Landsat 2018.Fonte: USGS, 2019.

Quadro I - Classes utilizadas no mapeamento de Uso e Cobertura da Terra

Classes	Descrição	RGB
Água	Inclui todos os corpos d'água, onde não há cobertura vegetal.	R:153 G:194 B:230
Areia e Dunas	Inclui dunas móveis e sésseis, com predomínio de areia e vegetação rala.	R:178 G:178 B:178
Banhado	Inclui áreas úmidas permanente ou sazonalmente alagadas, com cobertura de macrófitas.	R:0 G:255 B:255
Duna Vegetada	Inclui área de dunas com vegetação rasteira e arbustiva.	R:120 G:120 B:112
Silvicultura	Inclui áreas de cultivo das espécies *Eucalipytus saligna* e *E. grandis* e *Pinus elliottii*.	R:205 G:173 B:0

Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra - Cenário de 1981.

Para o ano de 1981 os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra apontam para um predomínio das classes naturais de *Areia e Duna* e *Duna Vegetada*, sendo 4.187 ha e 4.261 ha respectivamente. Visto que a área de estudo compreende parte do litoral, e abrange área destinada à conservação (ESEC Taim) e o entorno. Pode ser observado, através da classificação, que no ano de 1981 ainda não se tinha usos antrópicos associados à área de estudo, neste período as áreas de silvicultura estavam sendo estabelecidas ao Norte da área de estudo. Portanto o cenário representa as características naturais da zona costeira do extremo sul do Brasil ainda bem preservadas.

Segundo SEELINGER et al. (2004) foi na década de 1980 que as plantações de *Pinus sp.*mais próximas à praia ganharam espaço e acarretou na drenagem dos banhados atrás das dunas. Ainda, estes mesmos autores constatam que em consequência do cultivo de exóticas, o nível do lençol freático baixou drasticamente e, agravado pela intensa pastagem de gado de pequenas propriedades atrás das dunas, a cobertura de *Panicum sp.* foi reduzida, o que comprometeu a estabilidade das dunas frontais.

As classes *Banhado* e *Água*, ambas naturais representaram 773 e 164 em hectares, visto que a área de estudo compreende áreas de dunas associadas à áreas alagáveis, o que pode ser observado na Figura 04.

A tabela I mostra a relação de classes para o ano de 1981 conforme a medida de classes do *software* Spring em hectares.

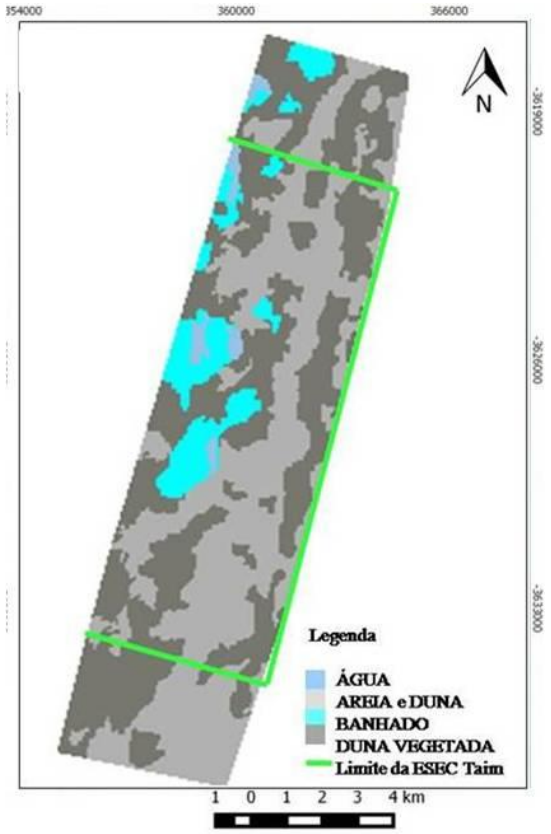


Figura 4 - Classificação de uso e cobertura da área de estudo da cena 1981.Fonte: USGS. Organização: autora, 2019

Tabela I - Medidas das Classes – Cenário 1981

Classes	Área (ha)
Água	164
Areia e Dunas	4.187
Banhado	773
Duna Vegetada	4.261
Silvicultura	0
Área Total	9.385

Fonte: autora, 2019

Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra – Cenário de 2018.

O mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2018 mostrou o aumento considerável da classe antrópica no entorno da ESEC Taim (Figura 05 – A e

B). As classes *Areia e Duna* e *Duna Vegetada*, onde a classe *Silvicultura* se instalou, foram completamente substituídas.

Para GUADAGNANI (1999) o principal vetor de pressão, na faixa praial, é o florestamento das dunas e campos arenosos com espécies exóticas, principalmente *Pinus* sp.. Outros autores apontam a Silvicultura como um fator antrópico de grande escala que atua no meio de forma a pressionar os ambientes naturais e comprometer a dinâmica funcional da paisagem (EICHENBERGER, 2015; LOPES et al. 2008; MATEI & FILLIPI, 2013; SEELINGER et al. 2004).

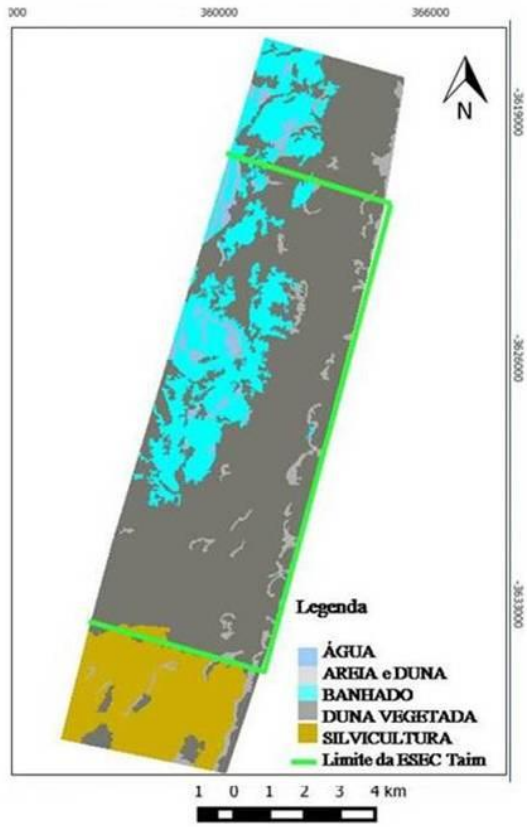


Figura 5 - Classificação de uso e cobertura da área de estudo da cena 2018.Fonte: USGS. Organização: autora, 2019

SCHREINER (2012) aponta que é notável a dispersão de sementes de *Pinus* sp. na região, proveniente da Silvicultura que está situada no entorno da UC, as mesmas germinam formando novas mudas e se disseminam em áreas vizinhas, e inclusive, no interior da ESEC Taim.

Além do maciço de silvicultura adentrar os limites da Estação, ainda essas áreas estão em desacordo com a Resolução Nº 303 do CONAMA que define os limites de distância das áreas de preservação permanente (APPs), nas margens dos corpos de água naturais, ou seja, os maciços florestais exóticos ocupam a faixa dos 100m contados a partir da margem da Lagoa Mangueira (SCHREINER, 2012). A tabela II apresenta a relação de classes para o ano de 2018 conforme a medida de classes do *software* Spring em hectares.

Tabela II - Medidas das Classes – Cenário 2018

Classes	Área (ha)
Água	226
Areia e Dunas	400
Banhado	1.657
Duna Vegetada	5.818
Silvicultura	1.283
Área Total	9.385

Fonte: autora, 2019.

De 1981 para 2018 houve também um aumento, em hectares, da classe *Duna Vegetada* sobre as dunas móveis, com vegetação esparsa, isso pode ser explicado pelo aumento de áreas mais úmidas próximos às dunas o que favoreceu o crescimento e estabilidade da vegetação. As áreas úmidas, com maior estabilidade de substrato, favorecem a cobertura com plantas herbáceas e novos nichos ecológicos (SEELINGER et al. 2004).

Porém, sabe-se que a espécie *Pinus* sp. possui alto poder de dispersão, visto a capacidade de propagação das suas sementes aladas através do vento (FILHO et al. 2017; ZILLER & GALVÃO, 2002). Isso pôde ser observado em dois pontos na área de estudo.

No ponto 01 (Figura 06 – A), próximo à área de estudo, observa-se, entre as áreas úmidas com vegetação típica, a presença arbustiva da espécie *Pinus Elliotti*, espécie cultivada nas proximidades, sinalizando seu alto poder de dispersão e fixação sobre esses ambientes (Figura 06– B).

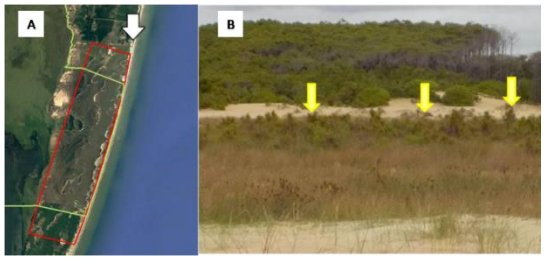


Figura 6 - (A) Ponto de captura de imagem fotográfica. (B) Fotografia com destaque para a dispersão de Pinus elliotti sobre as dunas vegetadas. Fonte: (A) *Google Earth Pro* e (B) Marcos Lima, 2019.

A substituição de áreas naturais de dunas para áreas de dunas vegetadas por espécies exóticas reflete a modificação de área natural do litoral, visto a introdução dessas espécies nesses ambientes. No ponto 02, as áreas de dunas com a presença de vegetação fixadora natural dividem espaço com áreas úmidas mais baixas (Figura 07 – A e B).

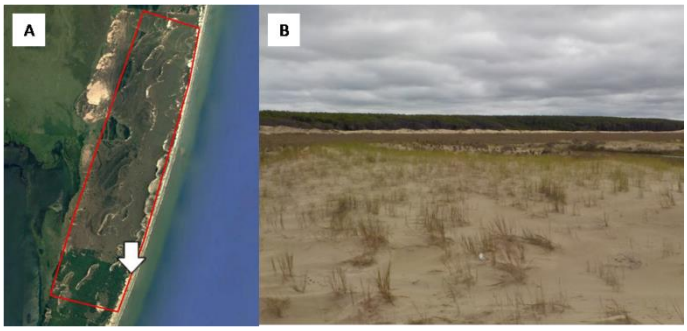


Figura 7 - (A) Ponto de captura de imagem fotográfica. (B) Fotografia com vista ao fundo a silvicultura, no centro área úmida mais baixa e destaque para da espécie *Spartina ciliata* atuando como fixadora das dunas. Fonte: (A) *Google Earth Pro* e (B) Marcos Lima, 2019.

Porém no ponto 02, também pode ser observada a presença de vegetação arbustiva exótica em áreas adjacentes à silvicultura, mesmo que em menor quantidade (Figura 08 – A e B). Se não controlada, a disseminação das espécies exóticas recobrirá parte considerável do espaço natural de dunas.

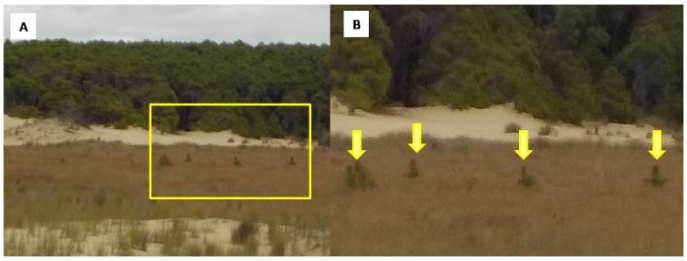


Figura 8 - (A) Fotografia com vista ao fundo a Silvicultura e presença de vegetação arbustiva sinalizando a disseminação de *Pinus elliotti*. (B) Aproximação da imagem A - Destaque nas setas amarelas para a disseminação de exóticas sobre o campo de dunas vegetadas. Fonte: Marcos Lima, 2019.

Por meio da fotointerpretação é possível identificar os tipos de cobertura, sendo natural ou antrópico, presentes na imagem captada pelos sensores, através da análise da cor, tonalidade, tamanho, forma, textura, padrão, contexto e presença de sombras (AYACH et. al. 2012; SOUSA et al. 2015). Através de *softwares* livres como o QGis e Spring e o aplicativo *Google Earth Pro* é possível analisar de forma rápida e com acurácia as transformações que ocorrem no espaço (Figuras 09- A, B e C, e 10 - A, B e C).

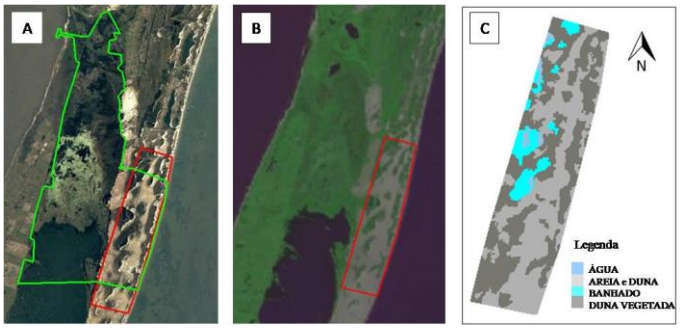


Figura 9 - (A) Imagem *Google Earth Pro*; (B) Cena da área de estudo do site do USGS de 17/12/1981; (C) Mapa temático gerado no *software* Spring da Classificação de Uso e Cobertura

da cena 1981 do site USGS. Fonte: (A) *Google Earth Pro* (B) USGS, 2018. (C) Spring

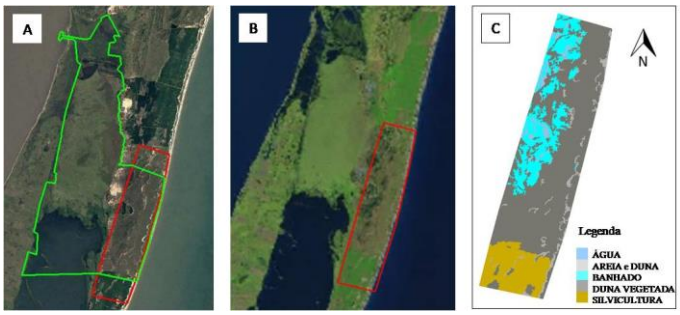


Figura 10 - (A) Imagem *Google Earth Pro* do ano de 2018; (B) Cena da área de estudo do site do USGS de 15/10/2018; (C) Mapa temático gerado no *software* Spring da Classificação de Uso e Cobertura da cena 2018 do site USGS. Fonte: (A) *Google Earth Pro* (B) USGS, 2018. (C) Spring

Os mapeamentos de uso e cobertura da terra para os cenários de 1981 e 2018 mostraram a inserção da Silvicultura ao longo desses 37 anos, bem como a supressão de *hábitats* naturais de dunas costeiras, além disso, percebe-se que o cultivo de exóticas invade os limites da Estação Ecológica do Taim. A classe Silvicultura, em 2018, ocupa uma área de 1.283 ha, sendo que 113 ha correspondem ao plantio de exóticas que adentra os limites da ESEC Taim, como mostram a Figura 11e Gráfico I.

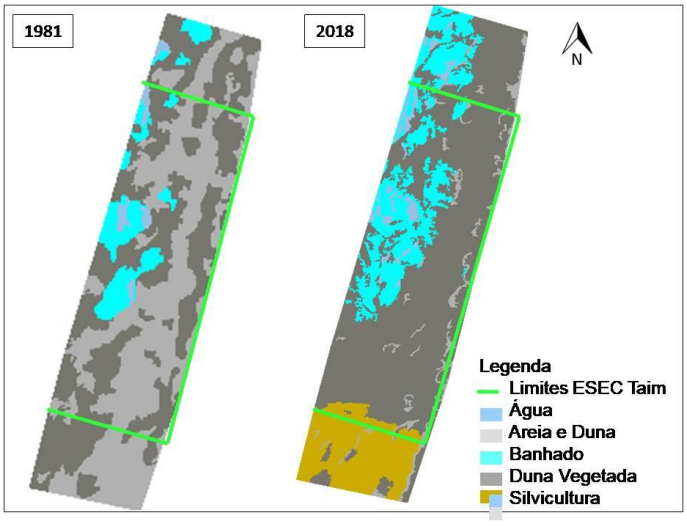


Figura 11 - Mapas Temáticos de Uso e Cobertura da Terra – 1981 e 2018. Fonte: autora, 2019.

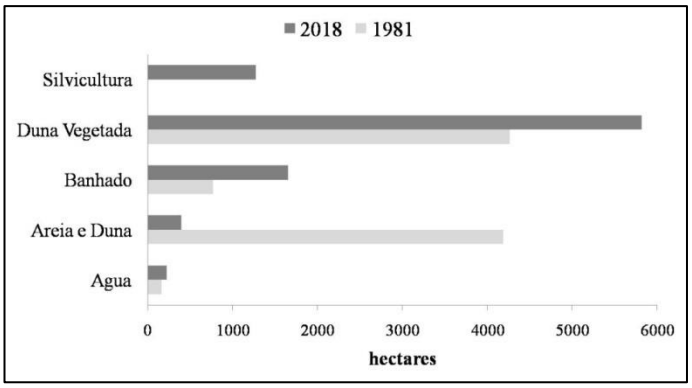


Gráfico I - Gráfico comparativo das Classes de Uso e Cobertura para os cenários de 1981 e 2018. Fonte: autora, 2019.

Através do cálculo simples matemático de subtração, nota-se que houve a diminuição da classe *Areia e Duna* entre os anos de 1981 e 2018. A classe *Areia e Duna*, a qual indica ambientes de dunas livres, sem ou com pouca vegetação, perdeu 3.787 ha de área, porém as classes *Banhado*, *Duna Vegetada* e *Silvicultura* tiveram um acréscimo em cobertura de área, sendo aumento de 885 ha, 1.557 ha e 1.283 ha, respectivamente. No caso da classe *Banhado*, o aumento pode estar relacionado a um período chuvoso, ou ao imageamento da área após dias de chuva. A tabela III indica o total de área coberta por cada classe mapeada na área de estudo nos cenários de 1981 e 2018.

Tabela III - Relação de Medidas de Classes de Uso e Cobertura da Terra em hectares (ha) e percentual de cobertura para os cenários 1981 e 2018.

	1981		2018	
Classes	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Água	164	2	226	2
Areia e Duna	4.187	45	400	4
Banhado	771	8	1.656	18
Duna Vegetada	4.260	45	5.817	62
Silvicultura	**0**	**0**	**1.283**	**14**
Total	9.382	100	9.382	100

Fonte: autora, 2019

O ambiente onde se instalou a Silvicultura é formado por solo arenoso mal drenado, portanto não favorável ao cultivo de rizicultura, outra atividade econômica presente no Município. Já as espécies *Eucalipytus saligna* e *E. grandis* e *Pinus elliotti*, encontram nesse substrato nutrientes e água suficientes para seu desenvolvimento. O que torna-se preocupante à medida em que há a dispersão dessas exóticas dentro da ESEC Taim comprometendo as áreas naturais que precisam ser conservadas.

CONCLUSÃO

A Planície Costeira do extremo Sul do Brasil possui pouquíssimas áreas remanescentes dos ecossistemas típicos da região. A Estação Ecológica do Taim encontra-se pressionada pelas diversas atividades antrópicas do seu entorno, o que demanda um olhar minucioso sob essa região tão rica em biodiversidade e importante para a conservação e tutela deste ecossistema peculiar.

A observação de áreas determinadas Unidades de Conservação (UCs) possibilita a comparação entre ambientes naturais e/ou menos antropizados com aqueles onde a interferência antrópica predomina.

Salienta-se a importância de estudos temporais comparativos, com a utilização de mapeamentos para o monitoramento dessas atividades antrópicas em expansão é de extrema importância para a gestão de Unidades de Conservação. Além disso, as pesquisas recentes são necessárias para atualização de Planos de Manejo e, como é o caso da ESEC Taim, para a criação deste documento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AYACH, L. R. et al. 2012. Utilização de imagens *Google Earth* para mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Córrego Indaiá, MS. Revista Geonorte, v. 2, n. 4, 1801-1811p.

BRASIL. Decreto nº 81.603, de 26 de Abril de 1978. Declara de utilidade pública para fins de desapropriação pelo Ministério do Interior - Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, áreas de terras nos Municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, Estado do Rio Grande do Sul.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC; 2000.

BRITES, R. S.; BIAS, E. S. & ROSA, A. N. C. 2012. Classificação por regiões. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UNB, p. 209-220.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 428, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA. Brasília, DF, 20 dezembro 2010.

EICHENBERGER, C. C. D.2015. Diagnóstico Participativo no Planejamento e Ordenamento Territorial de Unidades de Conservação: O Caso da Estação Ecológica do Taim. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande/RS.113p.

FILHO, M. T. et al. 2017. Avaliação da dispersão de sementes de *Pinus taeda* L. pela análise dos anéis de crescimento de árvores de regeneração natural. Floresta e Ambiente, v. 24, p. e00040913.

FLORENZANO, T. G. 2011. Iniciação em sensoriamento remoto. 3ª edição ampliada e atualizada. 3ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128 p.

GOMES, A.; TRICART, J. L. F. &TRAUTMANN, J. 1987.Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores. In: Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUADAGNIN et al. 1999. Diagnóstico de áreas prioritárias para conservação da Zona Costeira da região Sul – Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 91p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Manual Técnico de Uso da Terra. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE.

LIMA, W. P.1993. Impacto ambiental do eucalipto. 2º ed. USP.

LOPES, R. P.; UGRI, A. & BUCHMANN, F. S. C. 2008. Dunas do Albardão, RS - Bela paisagem eólica no extremo sul da costa brasileira. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.

MARRONI, E. V. & ASMUS, M. L. 2005. Gerenciamento Costeiro: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental. Pelotas. Editora da União Sul-Americana de Estudos da Biodiversidade USEB, 149p.

MATEI, A. P.; FILIPPI, E. E. 2013.O bioma pampa e o desenvolvimento socioeconômico em Santa Vitória do Palmar. Ensaios FEE, v. 34.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/s%C3%ADtios-ramsar> Acesso em: 01 de agosto de 2018.

RAMSAR. Convenção de Ramsar sobre Zonas Úmidas. Cuidar das zonas úmidas: uma resposta para as alterações climáticas. 2010. Disponível em: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/wwd2010_portugal_leaflet.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2018.

RODRIGUES, L. C. 1994.A necessidade da avaliação ambiental na silvicultura no entorno da Estação Ecológica do Taim. 63f. Trabalho (Conclusão de curso de Geografia). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS. 63p.

SCHREINER, G. de M. 2012.Proposta de cenários para a delimitação da zona de amortecimento de impactos na Estação Ecológica do Taim. Dissertação (Mestradoem Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande/RS, 110p.

SEELIGER, U; CORDAZZO, C; BARCELLOS, L.2004. Areias do Albardão: um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil / Ulrich Seeliger, César Cordazzo, Lauro Barcellos. Rio Grande: Ecoscientia. 96 p. il.

SILVA, J. F.2017. Avaliação da vulnerabilidade ambiental do Distrito do Taim, Santa Vitória do Palmar (RS). Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande/RS, 87p.

SOUSA, D. G.; MINCATO, R. L.; KAWAKUBO, F. S. 2015. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, n. 5, 1482- 1492p.

STRECK, E. V. et al. 2008. Solos do Rio Grande do Sul / Edemar Valdir Streck ... [et al.]. - 2.ed. - Porto Alegre : EMATER/RS-ASCAR, 222p.

TASSI, R.2008. Gerenciamento Hidroambiental de Terras Úmidas. Tese (Doutorado em recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS, 240 p.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; BACHI, F.

A. & DEHNHARDT, B. A. 2009. Evolução Geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma síntese. In: RIBEIRO, A. M.; BAUERMANN, S. G.; SCHERER, C. S. (Organizadores.) Quaternário do Rio Grande do Sul: integrando conhecimentos. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 328-339p.

ZILLER, S. R. & GALVÃO, F. 2002. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. Floresta, v. 32, n. 1.

Capítulo 34

Análise comparativa entre dados OLI/Landsat-8, Alos prism e lidar para a realização de zoneamento ecológico-econômico: estudo de caso do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS OLI/ LANDSAT-8, ALOS/ PRISM E LIDAR PARA A REALIZAÇÃO DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA, CEARÁ, BRASIL

Rodrigo C. Moraga[1]; Miguel da G. Albuquerque[1]; Jean Marcel de A. Espinoza[1]; Deivid C. Leal Alves[2]; Davis Pereira de Paula[3] & Renan G. P. Guerra[4]

[1]Departamento de Geoprocessamento, Instituto Federal do Rio Grande do Sul – IFRS, 96201-460, Rio Grande – Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: rmoraga.rs@gmail.com.
[2]Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
[3]Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará – UECE, 60714-913, Fortaleza, Ceará, Brasil.
[4]Secretaria de Meio Ambiente do Ceará – SEMACE. 60135-238, Fortaleza, Ceará, Brasil.

RESUMO

O Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ) é uma Unidade de Conservação Federal sob administração do ICMBio, que sofre com a expansão imobiliária e o turismo. Nesta perspectiva, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento técnico/ político para otimização do uso dos territórios e de políticas públicas. O objetivo principal do estudo foi o de avaliar o sistema LiDAR e dados de sensoriamento remoto (LANDSAT-8 e ALOS), no intuito de caracterizar as vantagens e desvantagens de cada plataforma de dados, usando como estudo de caso o PNJ. Para a etapa de processamento, classificação supervisionada, NDVI e NDWI, foi utilizada como base, uma única cena do PNJ, referente ao ano de 2014. O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado no software MultiSpec, abrangendo oito classes de uso e cobertura do solo. O classificador MAXVER foi utilizado para a classificação supervisionada, e a avaliação da qualidade foi submetida a uma análise da Matriz de Confusão e do índice Kappa. A partir do mapa de uso e cobertura do solo, do Modelo Digital de Elevação e das cotas topográficas, foram extraídos os ZEE's para cada plataforma de dados. Os resultados obtidos pelo LiDAR foram superiores aos do ALOS, tanto na qualidade dos dados, quanto na precisão e detalhamento dos alvos. Apesar de apresentar um elevado custo para obter os produtos planialtimétricos, a tecnologia LiDAR proporciona resultados satisfatórios para zoneamentos costeiros.

Palavras-chave: Zona costeira, Unidade de Conservação ambiental, Tratamento de Imagens Digitais, Diagnóstico ambiental.

ABSTRACT

Jericoacoara National Park (JNP) is a Federal Conservation Unit under the administration of ICMBio, which present a process of real estate expansion and tourism. In this perspective, the Ecological-Economic Zoning (EEZ) is a technical/ political instrument for optimizing the use of territories and public policies. This study aims to evaluate the EEZ of the Jericoacoara National Park using remote sensing and LiDAR data, in order to characterize the advantages and disadvantages of each data platform. A single National Park scene, for the year 2014, was used for the supervised classification, NDVI and NDWI. The land cover and user map was elaborated in the Multispec software, covering eight classes of land use and land cover. The MAXVER classifier was used for

the supervised classification, and the quality evaluation was submitted to the analysis of Confusion Matrix and the Kappa Index. From the land use and coverage map, digital elevation model and topographic coordinates, the EEZ's were extracted for each data platform. The results obtained by LiDAR were superior to those of ALOS, both in data quality, accuracy and target details. Although it presents a higher cost to obtain the planialtimetric products, this technology provides satisfactory results for coastal zoning.

Key-words: Coastal Zone, Environmental Conservation Unit, Digital Imaging, Environmental Diagnostics.

INTRODUÇÃO

O litoral do estado do Ceará possui cerca de 573km de extensão e é composta, principalmente, por uma zona de praia, campos de dunas móveis e fixas e por falésias, tornando-se um objeto importante para o turismo regional, uma vez que a maior parte da população deste estado se concentra neste espaço (BEZERRA & MAIA, 2012). Inserido na zona costeira do Ceará está o Parque Nacional de Jericoacoara - PNJ (Decreto s/n de 4 de fevereiro de 2002 e revogado pela Lei Federal n° 11.486/ 2007), que é uma Unidade de Conservação (UC) criada com o objetivo de proteger e preservar amostras dos ecossistemas costeiros e de seus componentes, possibilitando o controle e a realização de pesquisa, educação ambiental, recreação e o ecoturismo (BRASIL, 2007).

O PNJ pertence ao Bioma Zona Costeira e Marinha (ICMBIO, 2011), onde predominam feições de restinga, manguezal e vegetação pioneira psamófila (adaptada a solos arenosos), bem como, o serrote da Pedra Furada, formado por um conjunto de rochas metamórficas pré-cambrianas aflorando em superfícies e em parte coberto por sedimentos coluviais e eólicos. O complexo de dunas móveis é caracterizado por lagoas rasas permanentes, periódicas e lagoas profundas, também permanentes, pelo tabuleiro pré-litorâneo, que representa a faixa de transição entre o domínio das terras altas e da planície costeira, gramados halofílicos (altas concentrações de sal) e as praias arenosas (FERNANDES, 1985 *apud* MATIAS & NUNES, 2001; BEZERRA & MAIA, 2012).

A partir da década de 1980, a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA (Lei Federal n° 6.938/ 1981) estabeleceu o Zoneamento Ambiental, mais tarde denominado Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, previsto no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC (Lei Federal n° 7.661/ 1988), como instrumento de gestão da Zona Costeira (MMA). Em linhas gerais, o ZEE (Decreto n° 4.297/ 2002) pretende viabilizar o desenvolvimento sustentável, com vistas a compatibilizar o crescimento econômico com a conservação ambiental, através da delimitação de zonas ambientais e atribuição do uso e atividades compatíveis com as limitações de cada uma delas, com o propósito sustentável dos recursos naturais disponíveis e o equilíbrio dos ecossistemas existentes (BRASIL, 2002; O ECO, 2018).

No caso do PNJ, o intenso fluxo de veículos que acessa a vila de Jericoacoara resultou em um elevado número de trilhas que tem impactado negativamente o transporte eólico de sedimentos, além de influenciar na dinâmica da fauna e da flora habitantes e, consequentemente, na fragmentação de lagoas costeiras e na compactação do solo (MEIRELES; DANTAS; SILVA, 2011).

As técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto, associadas com SIG's, são bastante aplicadas para mapeamento de uso e cobertura do solo, sendo fundamentais para o entendimento das modificações atuais e posteriores da paisagem (JUNIOR *et al*., 2015). O uso de critérios como limites administrativos, microrregiões, polígonos irregulares, setores geomorfológicos ou zonas homogêneas no ZEE, podem estabelecer as diferenças regionais e a

compreensão da distribuição geográfica zonal (JUNIOR *et al.*, 2015). Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o Zoneamento Ecológico-Econômico do Parque Nacional de Jericoacoara, referente ao ano de 2014, com o auxílio do de dados provenientes do sistema LiDAR (Light Detection and Ranging) e dos satélites ALOS/ PRISM (ALOS – Advanced Land Observing Satellite; PRISM – Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping) e OLI/ LANDSAT-8 (OLI – Operation Land Imager; LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite), com o intuito de caracterizar as vantagens e desvantagens de cada plataforma de dados.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ) (Figura 1), com área aproximada de 8.850 hectares (ICMBIO, 2011), situa-se no litoral oeste do estado do Ceará, a cerca de 300km da capital Fortaleza, compreendendo os municípios de Jericoacoara e Cruz (MEIRA; BRITO; MORAIS, 2016) e um pequeno trecho de Camocim. Esta UC encontra-se, atualmente, sob administração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

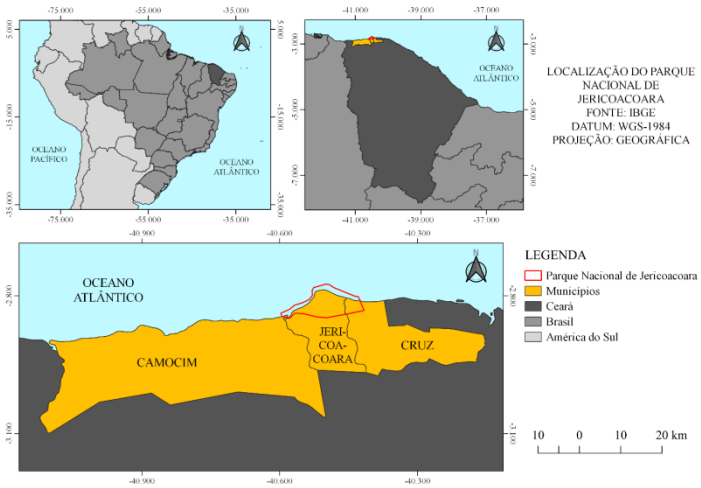


Figura 1: Localização da área de estudo. Representação temática da localização do Parque Nacional de Jericoacoara e dos municípios abrangidos pelo Parque.

O clima da região é do tipo quente e úmido, com chuvas de verão e temperaturas oscilantes entre 32°C e 21°C. O período de seca tem duração semestral, com a ocorrência de chuvas ocasionais nos meses de setembro e outubro, com pluviosidade média anual de 1.364mm (ICMBIO, 2011). O Parque Nacional apresenta um clima mais úmido, com forte ação eólica, promovida por ventos predominantes no sentido Leste – Nordeste, que influenciam na dinâmica da geomorfogênese local (ARRUDA, 2007).

A constituição vegetal do PNJ está inserida no complexo vegetacional das Formações Pioneiras, as quais podem ser divididas em: Marinha (Pm) – praias, restingas, dunas, planícies de influência eólica, tabuleiro litorâneo; Flúvio-marinha (Pf) – mangue e apicum; Fluvial e/ ou Lacustre (Pa) – riachos e lagoas (VELOSO, *et al.*, 1991 *apud* ICMBIO, 2009). O extremo-sul do Parque e a zona de amortecimento constituem uma região ecótona, que apresenta um misto de composição florística do Cerrado, da Restinga e da Caatinga, podendo, ainda, ser subdivididas em outras fitofisionomias (VELOSO, *et al.*, 1991 *apud* ICMBIO, 2009).

O Parque Nacional de Jericoacoara abriga uma cadeia trófica faunística bastante complexa, com alta diversidade específica, representada, em sua maioria, por espécies pertencentes aos grupos de Avifauna (aves), Ictiofauna (peixes cartilaginosos e ósseos), Artrópodes e aos Cetáceos (baleias e golfinhos), além de outros menos predominantes, como, a Mastofauna (mamíferos), a Herpetofauna (repteis e anfíbios), os Cnidários, os Briozoários (águas-vivas), os Moluscos e os Poríferos (esponjas) (ICMBIO, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi escolhida uma cena que correspondesse ao período do aerolevantamento sobre a região (06, 07, 09, 11 e 18 de julho de 2014). Neste

caso, a cena escolhida refere-se ao ponto 218 e órbita 062, com data de imageamento de 27 de julho de 2014 e obtida pelo sensor óptico OLI do satélite LANDSAT-8, através do portal eletrônico Earth Explorer do USGS. A diferença temporal de alguns dias em relação às datas de coletas em campo foi devida ao fato de que a base de dados dispunha de uma única cena no período supracitado, 11 de julho, com a presença de nuvens no local que poderia inviabilizar a análise da imagem. Desta forma, a imagem selecionada não foi considerada como significativa para ser descartada, ao levar-se em conta que não haveria mudança considerável no ambiente devido ao curto espaço de tempo entre um período e outro.

O arquivo disponibilizado veio no formato GEOTIFF, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum planimétrico WGS84 (World Geodetic System) e zona 24N, sendo reprojetada para 24S, uma vez que as imagens orbitais disponibilizadas por este sítio estão projetadas para o Norte verdadeiro.

A base cartográfica das Unidades de Conservação Federais utilizada é proveniente do sítio do ICMBio (http://www.icmbio.gov.br/portal/), com dado vetorial-poligonal, no formato shapefile, em multiescala que varia de 1:10.000 – 1:250.000 e disponibilizada gratuitamente ao público. A UC utilizada para o recorte da cena corresponde ao Parque Nacional de Jericoacoara, com especificação vetorial-poligonal, no formato shapefile e escala de 1:100.000, de acordo com o Decreto responsável pela criação do PNJ. O Quantum GIS (QGIS), uma multiplataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre com código-fonte aberto foi o software escolhido para o tratamento dos seguintes procedimentos:

- ✓ Extração do polígono referente ao Parque Nacional de Jericoacoara;
- ✓ Pré-Processamento da imagem digital;
- ✓ Recorte do PNJ;
- ✓ Construção de mapas temáticos;
- ✓ Overlay.

Paralelamente, o software SIG ArcGIS, versão 10.5, foi utilizado para realizar outros procedimentos:

- ✓ Correção das imagens ALOS e LiDAR;
- ✓ Interpolação;
- ✓ Extração das classes de uso e cobertura do solo;
- ✓ União das classes de uso e cobertura do solo para gerar as classes do ZEE.

O software utilizado para realizar o processo de fusão da imagem (Pan sharpening), das bandas multiespectrais foi o ENVI 5.0. A classificação supervisionada e o cálculo de área ficaram por conta do programa MultiSpec versão 3.4. Para auxiliar na identificação e classificação dos alvos, fez-se uso do software Google Earth.

Para a aquisição dos dados LiDAR, o voo de perfilamento à *laser* e a cobertura fotogramétrica foram realizados à uma velocidade de 148km/ h, com o sensor RIEGL LMS-Q680i, em uma taxa de repetição do pulso de 150 quilohertz (khz) PRR, instalado e operacionalizado com a aeronave CESSNA 182P. Os levantamentos de campo foram executados com receptores GNSS de dupla frequência, com observação mínima e simultânea de seis satélites, precisão da diluição das posições (PDOP) ≤ 3, posicionamento relativo estático, taxa de coleta de 15 segundos e tempo de ocupação variável em função do comprimento da linha da base.

Os dados do MDE ALOS/ PRISM foram obtidos, gratuitamente, através do sítio da JAXA. Estes dados foram disponibilizados com uma resolução de 30m de pixel.

A escolha das classes temáticas utilizadas obedeceu a classificação estabelecida pelo Relatório Final de Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo elaborado pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará - SEMACE (Quadro 1).

Classe de Uso e Cobertura do Solo	Observação
Vegetação natural arbórea/ arbustiva	Compreendendo a vegetação com porte arbóreo e/ ou arbustivo em áreas não classificadas como mangue
Vegetação natural herbácea	Vegetação rasteira
Vegetação natural de mangue/ Apicum	Vegetação existente nas planícies flúviomarinhas
Área edificada ou em edificação	Área com ocupação existente ou com infraestrutura implantada para ocupação. Esta classe inclui as principais estradas (estaduais e federais)
Sedimento arenoso	Sedimento existente no trecho com depósito eólico (praia, dunas, planície de deflação e lagoas interdunares), podendo ocorrer, também, no Tabuleiro Pré-litorâneo e em barras de canais fluviais
Sedimento lamoso	Sedimento existente na planície flúviomarinha e em áreas úmidas fluviais com alta concentração de matéria orgânica
Corpos d'água	Rios e lagos naturais
Oceano	Corpo d´água com água salgada relacionado as franjas de mar que bordejam o litoral
Área degradada com solo exposto	Áreas degradadas que apresentam solo exposto

Quadro 1: Classes de uso e cobertura do solo. Fonte: SEMACE (2016).

A seguir é apresentado um fluxograma com os procedimentos realizados nesse estudo (Figura 2).

A imagem Landsat foi pré-processada no software Quantum GIS através do complemento Semi-automatic Classification Plugin (SCP), onde foram aplicadas as correções atmosférica (com exceção da banda termal) e radiométrica, a partir dos metadados da imagem. A função Band Set do SCP foi utilizada para agrupar todas as bandas multiespectrais (B1-B7), exceto a pancromática (PAN-B8), em uma única imagem de baixa resolução (pixel de 30m) para o procedimento de recorte a partir da base cartográfica.

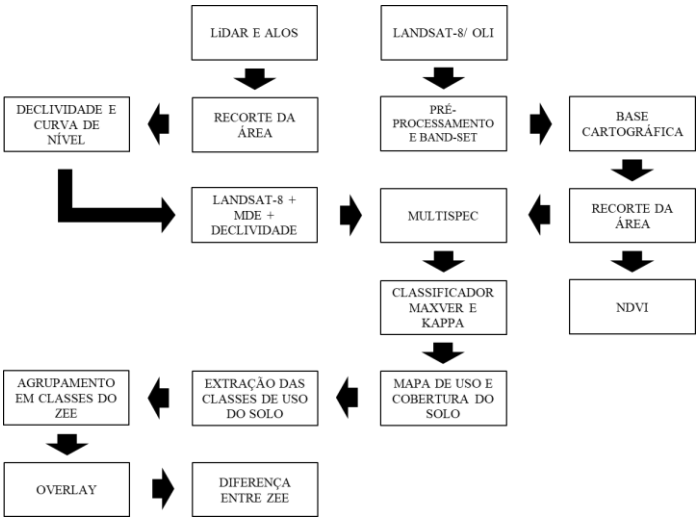


Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

Após o processamento da imagem foi realizada uma classificação supervisionada, utilizando-se o classificador de Máxima Verossimilhança – MAXVER (pixel a pixel), através do software MultiSpec. A classificação baseou-se em nove das 15 classes temáticas estabelecidas pelo ZEE do estado do Ceará pela dificuldade de se visualizar estas classes restantes: Oceano, Sedimento arenoso, Vegetação natural de Mangue/ Apicum, Corpos d'água, Vegetação natural herbácea, Vegetação natural arbórea-arbustiva, Área degradada com solo exposto, Área edificada ou em edificação e Sedimento lamoso.

A qualidade das classificações ficou submetida à análise da Matriz de Confusão e ao índice Kappa (Equação 1).

$$\text{Kappa} = \frac{n\sum_{i=1}^{c} xii - \sum_{i=1}^{c}(xi+x+i)}{n^2 - \sum_{i=1}^{c}(xi+x+i)} \quad (1)$$

Onde: $\sum_{i}^{c} xii$ é somatório da diagonal da Matriz de Confusão; n é o número de amostras coletadas; c é o número total de classes; x_i é a soma da linha i da Matriz de Confusão; e x + i a soma da coluna i da Matriz de Confusão.

Os parâmetros utilizados para avaliar a presença e/ ou ausência da vegetação e sua densidade, foram o

índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI (Equação 2), atribuindo a nomenclatura das bandas do LANDSAT-8:

$$NDVI = \frac{B5-B4}{B5+B4} \quad (2)$$

Onde: B4 é a banda do vermelho, B5 é o valor da reflectância da banda no infravermelho próximo e B6 é o valor da reflectância da banda no infravermelho médio.

A partir da classificação supervisionada foi elaborado um mapa temático de uso e cobertura do solo para o dimensionamento de cada uma das classes temáticas. Através das imagens de alta resolução da plataforma Google Earth, foi possível avaliar os produtos da classificação, com um período de imageamento próximo ao da imagem orbital do LANDSAT-8, para auxiliar na identificação dos alvos durante a classificação supervisionada.

Para os dados ALOS/ PRISM e LiDAR foi possível extrair o modelo digital de elevação (MDE), de forma distinta, para ambas as plataformas. Com os MDE (ALOS e LiDAR) corrigidos, foram extraídas as curvas de nível e declividade de ambos. As curvas de nível foram obtidas com espaçamento equidistante de um 1m (ALOS e LiDAR) e de 5m (ALOS e LiDAR).

Através do empilhamento da imagem LANDSAT-8, do MDE ALOS e da declividade obtida pelo ALOS foram criados arquivos shapefile, a partir da classificação supervisionada do Multispec. O mesmo procedimento foi realizado com os dados de MDE e declividade do Lidar. Estas classes foram inseridas nas três classes estabelecidas do ZEE (Corredores Fluviais, Frente Marinha e Terras Altas), de forma que fosse possível avaliar as diferenças dos subprodutos gerados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliando os resultados para a imagem LANDSAT-8, a performance da Matriz de Confusão foi de 99,6 % e a estatística Kappa foi de 98 % (Tabela 1), sendo considerada uma excelente classificação. As classes que apresentaram precisão mais baixa foram Área antrópica e Água. Na classe Área antrópica, a precisão foi de 78,2 %, pois foram identificadas 57 amostras como pertencentes a esta classe, não o sendo. No caso dos corpos d'água, representados pela classe Água, a precisão foi de 67,4 %, com uma acurácia de 62,1 %, pelo fato de terem sido reconhecidas 42 amostras da classe Oceano como sendo Água.

Classes	Acurácia (%)	Oceano	Sedare	Vegarb	Vegherb	Man-gue	Área antro	Á-gua	Sedlam	Amostra
Oceano	99,7	27329	0	0	0	0	27	42	0	27398
Sedare	100	0	5206	0	0	0	0	0	0	5206
Vegarb	99,9	0	0	843	0	0	1	0	0	844
Vegherb	98,8	0	0	0	1985	0	25	0	0	2010
Mangue	99,6	0	0	0	0	669	0	0	3	672
Área antro	100	0	0	0	0	0	204	0	0	204
Água	62,1	0	1	0	48	0	4	87	0	140
Sedlam	100	0	0	0	0	0	0	0	116	116
TOTAL		**27329**	**5207**	**843**	**2033**	**669**	**261**	**129**	**119**	**36590**
Precisão (%)		**100**	**100**	**100**	**97,6**	**100**	**78,2**	**67,4**	**97,5**	
Perf	**36439/ 36590**									
Perf (%)	**99,6**									
Kappa (%)	**98**									
Variância	**0,000**									

Tabela 1: Classificação supervisionada para LANDSAT-8 com o classificador MAXVER.

Observando os resultados da classificação para o ALOS, a performance da Matriz de Confusão foi de 99,7 % e a estatística Kappa foi de 99,3 % (Tabela 2), o que significa que a classificação foi excelente e obteve resultados melhores que os obtidos pelo

LANDSAT-8. Nesta amostragem, a classe que apresentou acurácia mais baixa foi Água (61,4 %), porque, para o ALOS, foram reconhecidas outras três classes como pertencentes a esta classe, ficando, também, com uma precisão de 61,4 %. No caso dos corpos d'água, representados pela classe Água, em comparação com o LANDSAT-8, a acurácia diminuiu de 62,1 % para 61,4 %. Esta redução foi influenciada pela amostragem da classe Oceano (54 amostras como Água).

Classes	Acurácia (%)	Oceano	Sed are	Veg arb	Veg herb	Man-gue	Área antro	Água	Sed lam	Amos-tra
Oceano	99,8	27344	0	0	0	0	0	54	0	27398
Sed are	100	0	5206	0	0	0	0	0	0	5206
Veg arb	100	0	0	844	0	0	0	0	0	844
Veg herb	100	0	0	0	2010	0	0	0	0	2010
Mangue	99,6	0	0	0	0	669	0	0	3	672
Área antro	100	0	0	0	0	0	204	0	0	204
Água	61,4	0	2	0	48	0	4	86	0	140
Sed lam	100	0	0	0	0	0	0	0	116	116
TOTAL		**27344**	**5208**	**844**	**2058**	**669**	**208**	**140**	**119**	**36590**
Precisão (%)		**100**	**100**	**100**	**97,7**	**100**	**98,1**	**61,4**	**97,5**	
Perf	**36479/ 36590**									
Perf (%)	**99,7**									
Kappa (%)	**99,3**									
Variância	**0,000**									

Tabela 2: Classificação supervisionada para ALOS/ PRISM com o classificador MAXVER.

Quanto à tecnologia LiDAR, a performance da Matriz de Confusão foi de 99,7 % e a estatística Kappa foi de 99,2 % (Tabela 3), considerando a classificação como excelente, apresentando melhores resultados que os obtidos pelo LANDSAT-8, mas não melhores que os obtidos pelo satélite ALOS. Nesta amostragem, as classes com os valores mais baixos se repetem. Contudo, a classe Água aumentou o seu percentual (69,4 %), pela redução de amostragens erradas (38 amostras da classe Oceano). Em contrapartida, a classificação da Área antropizada foi prejudicada, apresentando uma precisão de 85,4 %, pois considerou áreas pertencentes à Oceano, Vegetação arbórea e Arbustiva e Mangue como suas.

Classes	Acurácia (%)	Oceano	Sed are	Veg arb	Veg herb	Man-gue	Área antro	Água	Sed lam	Amos-tra
Oceano	99,8	27333	0	0	0	0	26	38	1	27398
Sed are	100	0	5206	0	0	0	0	0	0	5206
Veg arb	99,9	0	0	843	0	0	1	0	0	844
Veg herb	100	0	0	0	2010	0	0	0	0	2010
Mangue	99	0	0	0	0	665	4	0	3	672
Área antro	100	0	0	0	0	0	204	0	0	204
Água	61,4	0	2	0	48	0	4	86	0	140
Sed lam	100	0	0	0	0	0	0	0	116	116
TOTAL		**27333**	**5208**	**843**	**2058**	**665**	**239**	**124**	**120**	**36590**
Precisão (%)		**100**	**100**	**100**	**97,7**	**100**	**85,4**	**69,4**	**96,7**	
Perf	**36463/ 36590**									
Perf (%)	**99,7**									
Kappa (%)	**99,2**									
Variância	**0,000**									

Tabela 3: Classificação supervisionada para o sistema LiDAR com o classificador MAXVER.

A partir dos algoritmos utilizados para a extração do NDVI (Figura 3), bem como, da máscara de vegetação, as áreas com maior densidade vegetacional encontram-se, em sua maioria, ao sul do parque, na formação de dunas fixas e de manguezal, sendo compostas, principalmente, por vegetação arbórea e arbustiva (verde), com agrupamentos menores mais ao centro e ao norte, nas planícies de deflação e do promontório (Pedra Furada).

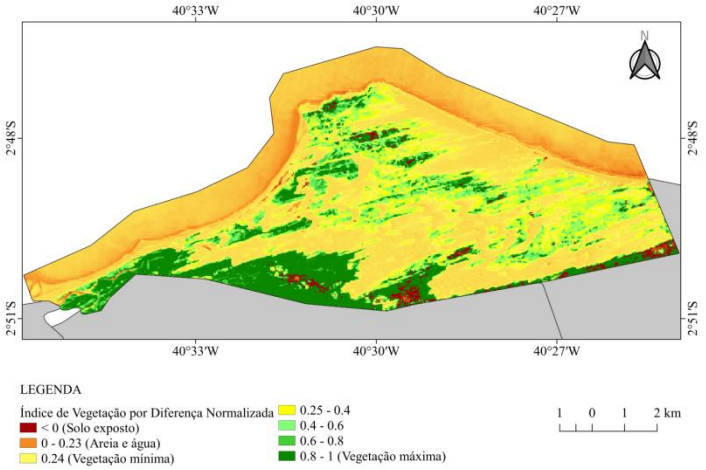


Figura 3: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para o Parque Nacional de Jericoacoara.

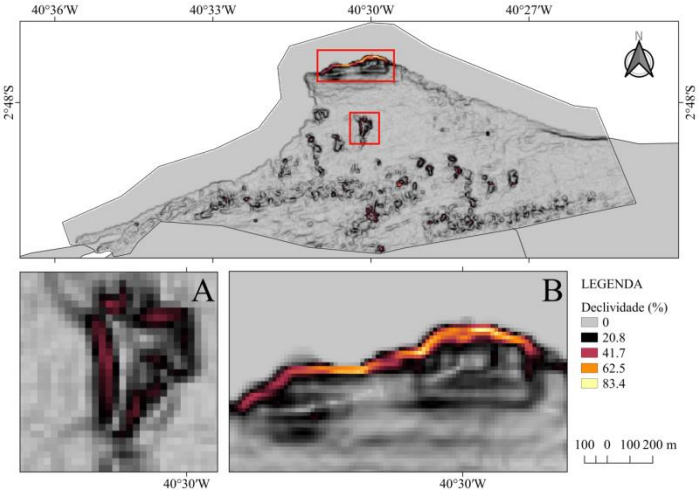


Figura 4: Mapa de declividade para o Parque Nacional de Jericoacoara a partir do MDE do satélite ALOS.

Analisando o mapa de declividade gerado para o Parque Nacional de Jericoacoara, a partir do MDE do satélite ALOS (Figura 4), observa-se que a região é basicamente plana, com algumas pequenas elevações (preto) e outras maiores, representadas por dunas (vinho) (Figura 4-A) e afloramentos rochosos da Pedra Furada (laranja), principalmente, que correspondem a formação de rochas Neoproterozoicas. Destas elevações, o trecho com maior destaque encontra-se na região norte do parque (Figura 4-B), no Promontório, contemplado por formações rochosas esculpidas pela erosão ao longo do tempo geológico. De fato, não fica evidente a identificação dos objetos pelo baixo detalhamento, por conta da resolução espacial de 30m de cada pixel, supondo-se que haja a superestimação dos valores de alguns alvos para a declividade.

Conforme a Resolução Federal CONAMA n° 303, de março de 2002, na qual dispõe sobre os parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanentes (APP), foi realizado o cálculo de declividade para a obtenção das áreas com declives acima de 30 %, para o devido enquadramento da lei. Neste sentido, o resultado obtido pelo satélite ALOS não foi satisfatório, uma vez que, devido à baixa resolução espacial, este realçou poucos pontos, espalhados ao longo da área de estudo, com exceção do afloramento rochoso (Pedra Furada) ao norte do parque, no qual, devido ao seu dimensionamento, este satélite conseguiu captar.

Ao observar o mapa de declividade do LiDAR, o nível de detalhamento, por conta de sua alta resolução espacial, permite-nos descrever com clareza as regiões mais íngremes e mais suaves de um determinado alvo, como, no caso, das dunas barcanas (Figura 5-A) e das formações rochosas no Promontório (Figura 5-B). Além disso, o nível de detalhamento dos dados é maior, descrevendo a feição e tornando-a mais próxima da realidade. Neste sentido, o LiDAR respondeu muito bem a esta especificidade, apresentando um resultado bastante satisfatório, no que diz respeito às APP, possibilitando, em campo, outras medições para o

devido enquadramento e delimitação da zona de amortecimento.

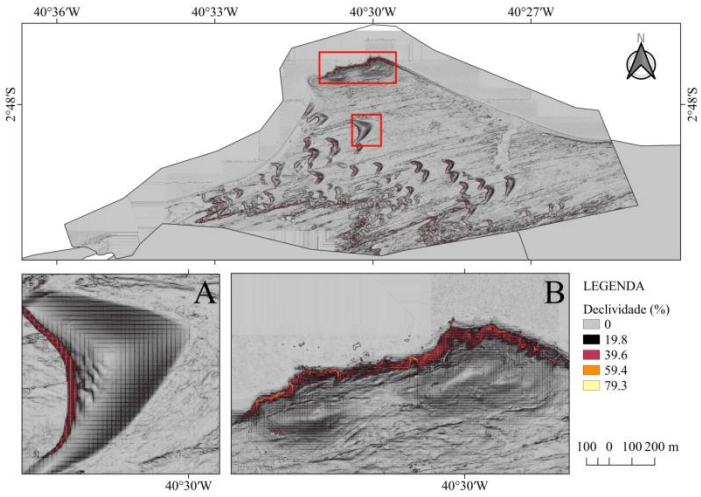


Figura 5: Mapa de declividade para o Parque Nacional de Jericoacoara a partir do MDE do sistema LiDAR.

A classificação supervisionada, oriunda do Multispec, resultou em oito classes de uso e cobertura do solo para o satélite LANDSAT-8, para o sistema LiDAR e para o satélite ALOS, estes dois últimos, por meio da fusão entre a imagem do satélite LANDSAT-8 com o MDE e a declividade de cada tecnologia (ALOS e LiDAR). Com isso, foram gerados três subprodutos, na forma de mapas temáticos.

Para gerar as classes do ZEE referentes ao satélite ALOS e ao sistema LiDAR, as unidades geoambientais foram agrupadas em três sistemas ecológicos principais, sendo, Terras Altas, Corredores Fluviais e Frente Marinha (Figuras 6 e 7). Cada agrupamento levou em consideração as peculiaridades de cada geossistema, como, por exemplo, as características dominantes de cada ambiente. Juntamente com os geossistemas, a parte urbana foi incluída no sistema de Frente Marinha, devido a sua localização geográfica. Entretanto, a zona urbana deve ser enquadrada em Zona de Proteção Prioritária (ZP1), devido ao grau de vulnerabilidade da região com o assentamento urbano.

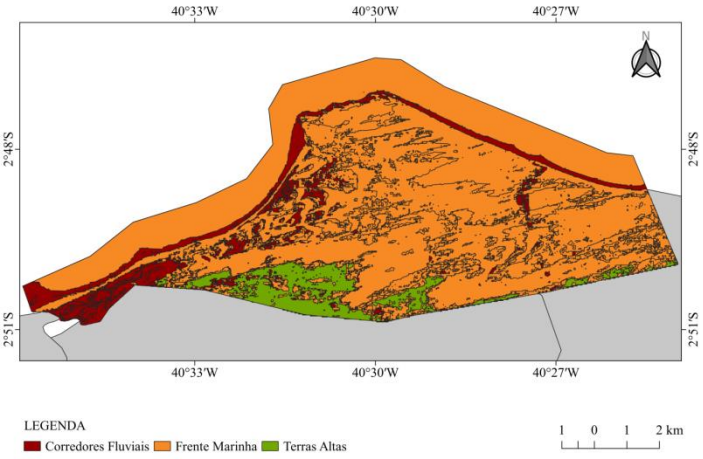


Figura 6: Divisão dos sistemas ecológicos no Parque Nacional de Jericoacoara, a partir dos dados do satélite ALOS.

Ao comparar a espacialização dos dados LiDAR e ALOS, é possível observar algumas diferenças, como no caso dos Corredores Fluviais. A região de praia, segundo a ilustração do ALOS está incluída no sistema de Corredores Fluviais, ao contrário do que se vê no zoneamento do LiDAR, onde, parte da costa está inserida nos Corredores Fluviais, como os manguezais, e a outra parte, aonde se encontram os costões rochosos, estão na Frente Marinha.

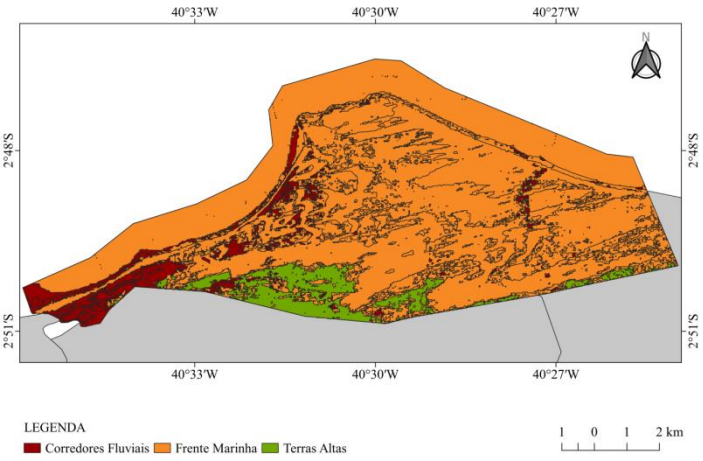


Figura 7: Divisão dos sistemas ecológicos no Parque Nacional de Jericoacoara, a partir dos dados do sistema LiDAR.

De fato, Silva *et al.* (2007), enquadram os costões rochosos na Frente Marinha, conforme delineado pelo

LiDAR. Isto se deve ao fato de que, quando foram extraídas as curvas de nível de ambos as tecnologias, estas foram obtidas com a suas respectivas resoluções espaciais, sendo, de 0,5m para o LiDAR e de 30m para o ALOS.

CONCLUSÕES

O Zoneamento Ecológico-Econômico, como instrumento de gestão da Zona Costeira e importante viabilizador do desenvolvimento sustentável, através da aliança entre a economia e meio ambiente, delimitando as zonas ambientais e impondo restrições para o uso dos recursos naturais, respeitadas às suas limitações, com vistas ao equilíbrio dos ecossistemas, é uma importante ferramenta para o planejamento urbano e ambiental.

O uso de geotecnologias para auxiliar na caracterização dos ambientes do ZEE podem proporcionar ao usuário uma resposta rápida, com precisão e detalhamento apropriados. A utilização do sistema LiDAR e dos satélites ALOS/ PRISM e LANDSAT-8 para caracterização dos alvos, identificação dos corpos d'água e da vegetação, bem como, para a visualização das Áreas de Preservação Permanentes no Parque Nacional de Jericoacoara foi satisfatória, especialmente pelos produtos oriundos do sistema LiDAR.

Desta forma, com base nos resultados apresentados, o sistema LiDAR demonstrou ser superior ao satélite ALOS, especialmente, nos quesitos resolução espacial e precisão, sendo apropriado para estudos ambientais e para o planejamento urbano, devido a sua riqueza em detalhes. Entretanto, esta tecnologia não é gratuita e a leitura dos seus dados requer equipamentos com capacidade avançada de processamento. Outro aspecto importante é que este tipo de tecnologia não é automatizada e dependente do clima para se realizar o aerolevantamento.

Por outro lado, a disponibilização dos dados ALOS é gratuita e seu uso vem a ser mais indicado para alvos com maior dimensão espacial, ou seja, que não exijam muito detalhamento. Desta forma, para estudos mais específicos, como zoneamentos ambientais, por exemplo, este tipo de tecnologia não é o mais indicado, por conta do nível de detalhamento das informações planialtimétricas e da capacidade de reconhecimento dos alvos.

Da mesma forma como ocorre com o ALOS, a disponibilização dos dados LANDSAT-8 também é gratuita. Comparado ao LiDAR e ao ALOS/ PRISM, os produtos gerados da classificação supervisionada foram inferiores aos derivados do LiDAR, mas superiores aos gerados do ALOS, especialmente no quesito uso e cobertura do solo. Por fim, em termos comparativos, os dados provenientes de Lidar se mostraram mais indicados para estudos de Zoneamento Ecológico-Econômico.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geoprocessamento do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – IFRS, *campus* Rio Grande e à Secretaria de Meio Ambiente do Ceará – SEMACE.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Maíra Gomes Cartaxo de. Parque Nacional de Jericoacoara: Zoneamento Ambiental para o Plano de Manejo. 2007. 132 f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

BEZERRA, L. J. C.; MAIA, L. P. Caracterização sedimentológica dos tabuleiros pré-litorâneos do estado do Ceará. Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza, 45(1), 47-55, 2012. (doi: http://dx.doi.org/10.32360/acmar.v45i1.142).

BRASIL. Decreto s/n., de 4 de fevereiro de 2002. Cria o Parque Nacional de Jericoacoara, redefine os limites da Área de Proteção Ambiental de Jericoacoara, no Estado do Ceará e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 fev. 2002. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Jericoacoara.pdf. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Resolução n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html. Acesso em: 02 jan. 2019.

_____. Decreto n. 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Lei n. 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mai. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7661.htm. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Lei n. 11.486, de 15 de junho de 2007. Altera os limites originais do Parque Nacional de Jericoacoara, situado nos municípios de Jijoca de Jericoacoara e Cruz, no Estado do Ceará, revoga o Decreto n. 90.379, de 29 de outubro de 1984 e o Decreto s/n. de 4 de fevereiro de 2002 e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 jun. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11486.htm#art7. Acesso em: 02 jun. 2018.

ICMBIO. Parna de Jericoacoara. Plano de manejo do Parque Nacional de Jericoacoara. Contextualização da Unidade de Conservação. Diário. 2011. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Contextualizacao.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. ICMBIO. Parna de Jericoacoara. Plano de manejo do Parque Nacional de Jericoacoara. Relatório dos pesquisadores. Diário. 2009. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Relatorio_pesquisadores.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. ICMBIO. Parna de Jericoacoara. Plano de manejo do Parque Nacional de Jericoacoara. Relatório do Meio Físico. Diário. 2009. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Relatorio_meiofisico.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.

JUNIOR, C. A. da, S. *et al*. Conversão do uso e ocupação do solo no noroeste da Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. 2015, João Pessoa. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, João Pessoa: INPE, 2015, p. 2559-2566.

O ECO. Jornalismo Ambiental. Dicionário Ambiental: O que é o Zoneamento Ecológico-Econômico. Diário. 2018. Disponível em: http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27545-o-que-o-zoneamento-ecologico-economico/. Acesso em: 02 jun. 2018.

MATIAS, L. Q.; NUNES, E. P. Levantamento florístico da área de proteção ambiental de Jericoacoara, Ceará. Acta Botanica Brasilica, Belo

Horizonte, 15(1): 35-43. 2001. ISSN 0102-3306. (doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000100005).

MEIRA, S. A.; BRITO, D. da S.; MORAIS, J. O. de. Cartões postais como ferramenta de divulgação da geodiversidade do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. RGA, Roraima, v. 10, n. 2, p. 41-55, 2016.

MEIRELES, A. J. A.; DANTAS, E. W. C.; SILVA, E. V. Parque Nacional de Jericoacoara: trilhas para a sustentabilidade. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

SILVA, L. A. C. *et al.* Zoneamento Ecológico-Econômico da zona costeira do estado do Ceará. In: CONGRESSO DA SOBER. 45. 2007, Londrina. Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina: UEL, 2007, p. 1-20.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO CEARÁ. SEMACE. Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras. Relatório final de mapeamento de uso e cobertura do solo. Fortaleza: SEMACE, 2016.

VELOSO, H. P.; FILHO, A. L. R. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: CDDI, 1991.

Capítulo 35

Quantificação do processo erosivo na praia do Icaraí (Ceará, Brasil) entre os anos de 2004-2018 através do método do polígono de mudança

QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO EROSIVO NA PRAIA DO ICARAÍ (CEARÁ, BRASIL) ENTRE OS ANOS DE 2004-2018 ATRAVÉS DO MÉTODO DO POLÍGONO DE MUDANÇA

Tayane Fiorelli Moreira[1], Miguel da G. Albuquerque[2], Davis Pereira de Paula[3], Jean Espinoza[2], Deivid Leal Alves[4] & Thais Ferreira da Conceição[1]

[1] Universidade Federal do Rio Grande, Campus Carreiros, Av. Itália, KM 08 – Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96.203-900, taymoreira2015@gmail.com, prof.thaisferreirac@gmail.com.
[2] Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande, Rua Eng. Alfredo Huck, 475 – Centro, Rio Grande - RS, Brasil, CEP: 96.201-460, migueldaguia@gmail.com, jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br.
[3] Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Campus do Itaperi, Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.714.903, davis.paula@uece.br.
[4] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Campus do Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre - RS, 91501-970. dclealalves@gmail.com.

RESUMO

Por se enquadrarem nos ambientes mais dinâmicos do planeta, as zonas costeiras merecem uma atenção especial. Através disso, uma percepção em ampla escala de seu comportamento se torna fundamental para as tomadas de decisões de gestores costeiros. Logo, a presente pesquisa tem como objetivo quantificar as variações ocorridas na linha de costa da praia do Icaraí, localizada no município de Caucaia (CE) entre os anos de 2004 e 2018 através do método do polígono de mudança. Dado que a localidade sofre com as ressacas marítimas cada vez mais intensas, as construções civis cada vez mais próximas à linha de costa e os barramentos posicionados ao longo de toda a extensão do rio Ceará - impedindo que os sedimentos cheguem à orla marítima, sua região costeira se torna vulnerável aos eventos erosivos. Fato que levou a gestão municipal, em 2010, a tomar medidas de emergência para evitar desastres futuros, a construção de um dissipador de energia das marés (*bag wall*) para conter o recuo da linha de costa. Por fim, notou-se com os resultados dessa pesquisa a significativa retrogradação que ocorreu na zona costeira da praia do Icaraí, validando assim, o método do polígono de mudança, como adequado para verificação das taxas de variação de linhas de costa.

Palavras-chave: Polígono de mudança; retrogradação; erosão costeira, zona costeira.

QUANTIFICATION OF THE EROSIVE PROCESS ON THE ICARAÍ BEACH (CEARÁ, BRAZIL) BETWEEN 2004 – 2018 THROUGH THE CHANGE POLYGON METHOD

ABSTRACT

Because they fit into the most dynamic environments on the planet, the coastal areas deserve special attention. Through this, a wide-scale perception of their behavior becomes central to coastal managers' decision-making. Therefore, the present research aims to quantify the variations occurring in the Icaraí beach shoreline, located in the municipality of Caucaia (CE) between 2004 and 2018 through the change polygon method. As the locality suffers from the increasingly intense sea hangover, civil constructions increasingly close to the shoreline and structures positioned along the entire length of the Ceará River - preventing the

sediments from reaching the sea's edge, vulnerable to erosion events. A fact that led the municipal management in 2010 to take emergency measures to prevent future disasters, the construction of a tidal energy sink (bag wall) to contain the retreat of the coastline. Finally, the results of this research showed the significant retrogradation that occurred in the coastal zone of the beach of Icaraí, thus validating the change polygon method, as appropriate to verify the rates of variation of shoreline.

Key-words: Change polygon method; retrogradation; coastal erosion, coastal zone.

INTRODUÇÃO

O aumento substancial da população costeira nos últimos 40 anos tem sido realizado de uma forma não planejada e desorganizada (KLEIN & SHORT, 2016). Esse fator, somado aos eventos extremos (i. e., ressacas marítimas e elevação no nível médio do mar) e às intervenções antrópicas (i. e., construções civis próximas à orla marítima) culminam na intensa erosão costeira dessas regiões que acabam por desgastar a orla marítima (MUEHE, 2005).

Sendo assim, observa-se como os programas/as políticas de gestão para intervenções antrópicas e planejamento urbano são de extrema importância para evitar o desgaste das zonas costeiras. O avanço da linha de costa em direção ao continente pode ocasionar prejuízos à sociedade, como mudanças na dinâmica praial e desgaste de construções civis. Devido a isso, para que se possa gerir de maneira mais eficiente essas áreas vulneráveis, torna-se interessante o conhecimento da posição da linha de costa.

Seguindo esse viés, com o uso das técnicas de geoprocessamento, como o processamento digital de imagens e o sensoriamento remoto, foi possível extrair a posição da linha de costa da praia do Icaraí nos últimos anos, com a finalidade de caracterizar as taxas de variação posicional. A presente proposta se apresenta como uma ferramenta de auxílio à gestão pública do município de Caucaia, no que diz respeito à tomada de decisões e prováveis intervenções na localidade, para que a população local esteja ciente do panorama do processo erosivo que vem ocorrendo de forma gradativamente mais severa desde o fim da década de 1990.

A partir do exposto, a presente pesquisa visou utilizar técnicas de detecção da variação da linha de costa para quantificar as variações espaço-temporais ocorridas na linha de costa da Praia do Icaraí, localizada no município de Caucaia, no estado do Ceará (Figura 1), entre os anos de 2004 a 2018, através do método do Polígono de Mudança proposto por Smith & Cromley (2012), permitindo uma visualização ampla da dinâmica costeira da praia do Icaraí.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Praia do Icaraí está localizada no município de Caucaia (CE, Brasil), nas coordenadas centrais de Latitude 3º 40’ S e Longitude 38º 40’ O. A área possui média de temperatura de 28°C ao longo de todo o ano, clima tropical e chuvas cada vez mais recorrentes. Tornar-se um atrativo turístico por se tratar de uma zona litorânea, a localidade atrai um alto fluxo de pessoas, além de propiciar o estabelecimento de novas moradias fixas, o que aumenta a faixa de área edificada de até então com 11,74 km² (FAÇANHA et al. 2017). A localidade é caracterizada, também, por um déficit sedimentar em virtude dos diversos barramentos localizados ao longo do rio Ceará (fator que reduziu o auxílio sedimentar para a praia do Icaraí), pelas ressacas marítimas e pelas construções civis cada vez mais próximas à linha de costa (FAÇANHA et al., op. cit.). Esses fatores somados às interferências antrópicas vêm avançando em direção à orla, causando uma desestabilidade na dinâmica costeira local e um recuo significativo da linha de costa.

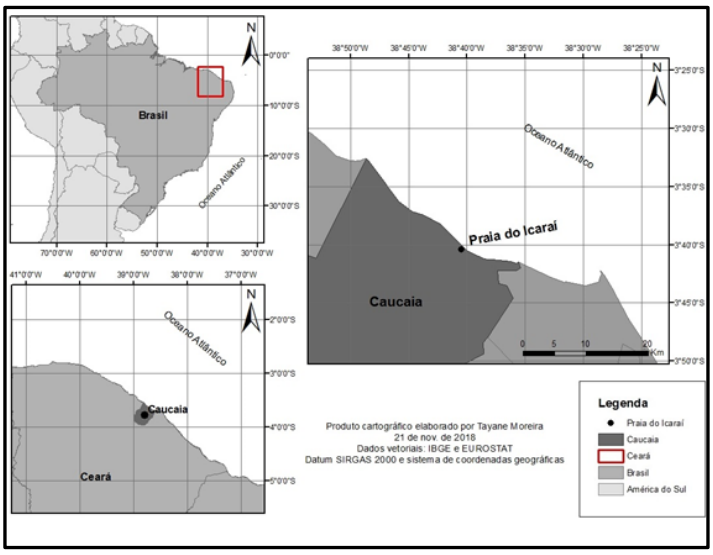


Figura 1: Área de estudo. Fonte: Própria da pesquisa.

A retrogradação da linha de costa estava tornando-se um perigo para a população que ali residia, logo, em 2010, percebeu-se a necessidade da construção de um *bag wall* (estrutura rígida construída em forma de degraus) para minimizar a energia das ondas e evitar ao máximo os prejuízos provocados por elas. Contudo, em 2012, as frequentes ressacas marítimas retomaram o intenso processo erosivo, o que ocasionou a destruição parcial do *bag wall* (Figura 2).



Figura 2: *Bag wall* parcialmente destruído na Praia do Icaraí. Fonte: Oliveira, 2014.

O mesmo foi reconstruído no início de 2013, entretanto, retornou a ser destruído pela maré por volta do final do mesmo ano (AMORICARAI, 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

Pré-processamento e vetorização manual das linhas de costa

A análise foi feita no intervalo de tempo do ano de 2004 e de 2011 a 2018 (obteve-se um intervalo de tempo entre as imagens de 2004 e 2011 devido à disponibilidade dessas) oriundas do satélite Quickbird (2004) e do satélite GeoEye (20011 a 2018) em conjunto com o Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO), através dos *softwares* AutoGR e Google Earth Pro. Todas as imagens foram organizadas em um mesmo *datum*, o *World Geodetic System* 1984 (WGS 84), e projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM), Zona 24 Sul e exportadas na altitude de 2,1km no formato *Tagged Image File Format* (TIFF). Levando em consideração a perda da resolução espacial, as imagens exportadas adquirem um acréscimo de 0,5m/pixel no seu erro. Como a imagem de 2018 foi exportada do *software* AutoGR (módulo GGrab), teve as características originais do pixel da imagem inalterados.

De posse das imagens, foram realizados seus mosaicos no *software* ArcMap® 10.5 (uma extensão do pacote ArcGIS). Além do mosaico, tornou-se necessário corregistrá-las para obter uma correspondência espacial entre os dados e viabilizar a comparação das taxas e distâncias de variação da linha de costa, pois, pelo fato de se tratar de uma análise temporal de dados, a correlação espacial das imagens é essencial. Segundo Albuquerque (2013) o corregistro refere-se a converter as imagens para manter uma correspondência espacial entre elas, aplicando três

transformações sobre os dados (rotação, translação e escala). Para o corregistro, foi efetuada a correção geométrica a partir da imagem base de 2004, previamente georreferenciada, obtendo-se 0,348 metros como RMS médio.

Após o corregistro, realizou-se a etapa de vetorização manual das linhas de costa na escala de 1:800, na posição da média das marés mais altas, que se designa pela diferença entre a areia seca e a areia molhada. De acordo com Maia (2014), esse é o geoindicador mais nítido em imagens de satélite (Figura 3)..

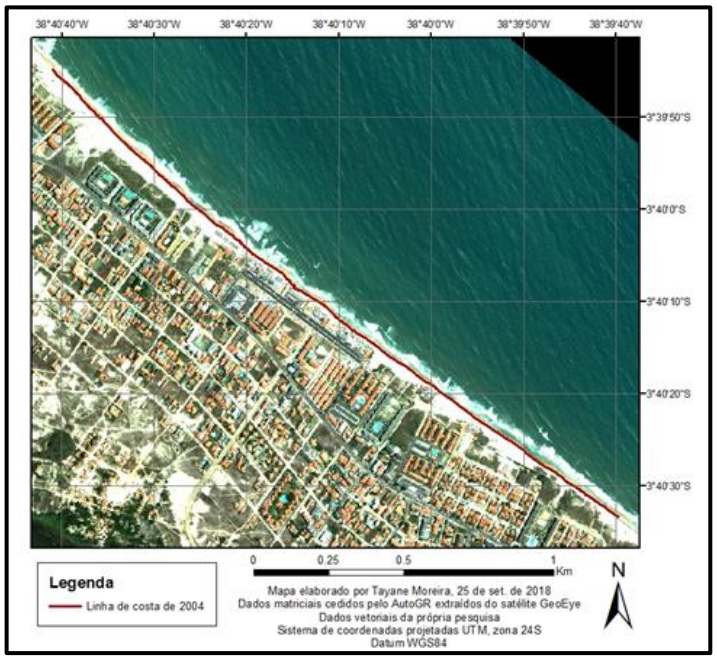


Figura 3: Vetorização manual das linhas de costa. Fonte: Própria da pesquisa.

Aplicação do método polígono de mudança

Segundo Leal *et al*. (2018) o polígono de mudança é o método que apresenta melhor resposta quando aplicado em áreas onde o desenho da linha de costa apresenta muitas reentrâncias, pois considera a área total para o cálculo ao invés de apenas pontos específicos na linha de costa. Para tanto, foi realizada a vetorização de uma linha base (localizada na Avenida Central) e duas linhas de fechamento para determinar a área que vai ser estudada (Figura 4)..

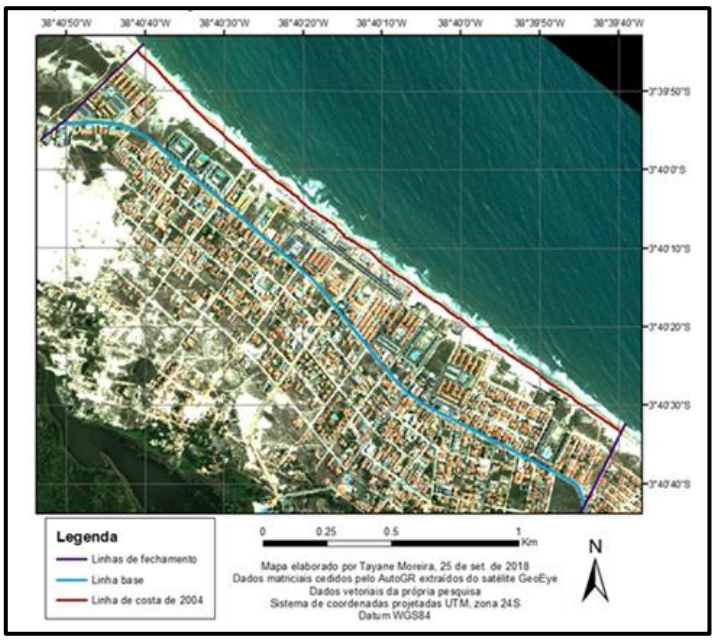


Figura 4: Mapa da linha base e das linhas de fechamento. Fonte: Própria da pesquisa.

Logo após, uniu-se todas as linhas previamente vetorizadas dentro do *software* ArcMap® 10.5, que resultaram na formação de diversos polígonos simples, que somados formam quadriláteros únicos, os polígonos (Figura 5). Após a elaboração dos polígonos de todos os anos, esses foram convertidos de arquivos vetoriais (*shapefile*) para arquivos matriciais (*raster*) a fim de serem inseridos dentro do *software* ENVI e subtraídos através da ferramenta *Compute Difference Map*.

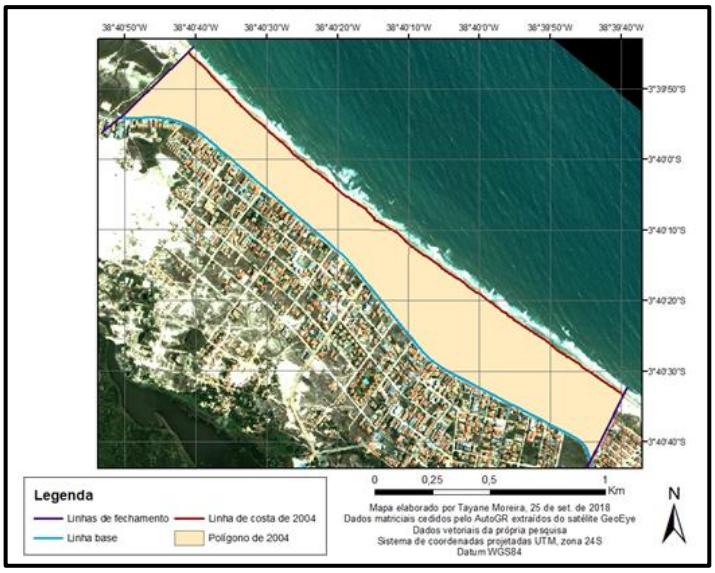


Figura 5: Vetorização do polígono de 2004. Fonte: Própria da pesquisa.

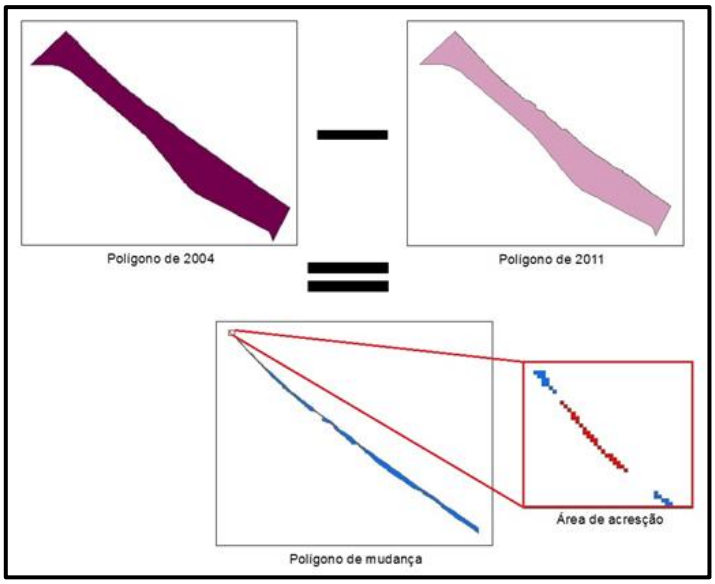


Figura 6: Imagem diferença do ano de 2011-2004. Fonte: Própria da pesquisa.

Essa ferramenta exibe como resultado um polígono que define como *change (+)* as áreas que obtiveram como resultado progradação, e *change (-)* as áreas que obtieram como resultado retrogradação. O resultado final se dá na forma de um saldo, que é calculado através da diferença entre a soma de todos os polígonos caracterizados como *change (+)* (Eq. 1) e todos os polígonos classificados como *change (-)* (Eq. 2).

$$A_{\text{progradação total}} = \sum_{1}^{n} A_{progradação}$$

Eq. 1

$$A_{\text{retrogradação total}} = \sum_{1}^{n} A_{retrogradação}$$

Eq. 2

Com isso, calcula-se a área total e as localidades onde ocorreram progradação e retrogradação, isto é, a soma todos os polígonos simples gerados como *change (+)* e *change (-)*, respectivamente. E a partir disso, realiza-se a geração das imagens diferença, que se da pela demonstração em azul das áreas acresção e em vermelho para as áreas recuo da linha de costa (Figura 6).

Feito isso, soma-se a área de progradação e retrogradação para atingir o saldo (Eq. 3), sendo esse negativo se houver mais erosão que acresção ou positivo se houver mais acresção do que erosão.

$$A_{\text{saldo final}} = \sum_{1}^{n} A_{progradação} + \left(- \sum_{1}^{m} A_{retrogradação} \right)$$

Eq. 3

Uma vez que o saldo for obtido, deve dividi-lo pelo perímetro da linha de costa mais antiga, no caso deste estudo, a linha de costa de 2004, atingindo assim, a taxa de variação da linha de costa em metros. A figura 7 representa os intervalos temporais que foram subtraídos nessa pesquisa, sendo eles feitos aos pares para todos os anos e, ao final, do ano de 2018 em comparação com o ano de 2004 para obter a variação total da linha de costa no período estudado.

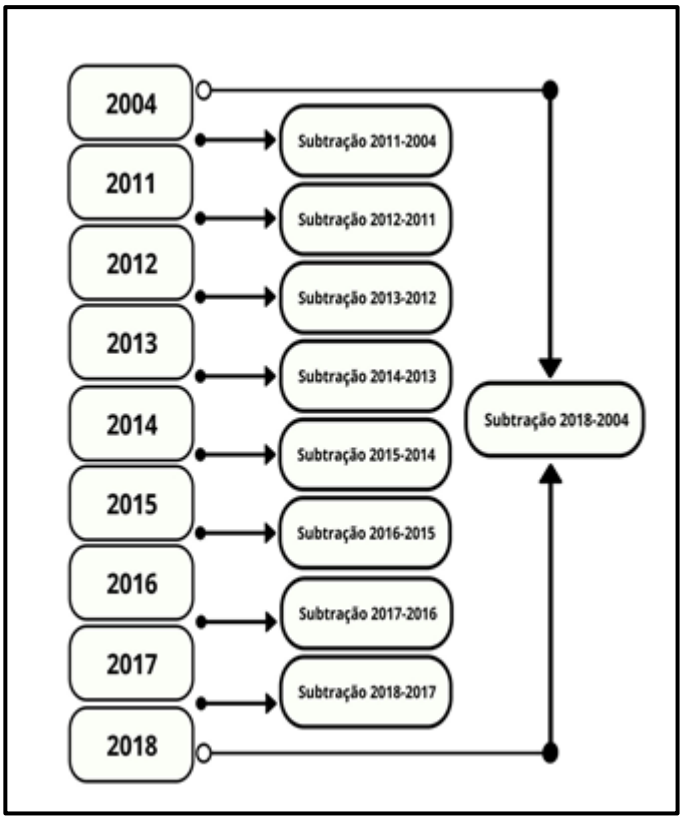


Figura 7: Fluxograma com as subtrações que serão realizadas. Fonte: Própria da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação do método do polígono de mudança para caracterizar as variações ocorridas na linha de costa da praia do Icaraí obteve-se como resultado as áreas totais onde houve progradação e retrogradação, bem como seu saldo de diferença e a taxa anual de variação em metros (Tabela 1). Percebe-se através dos cálculos como a linha de costa da praia do Icaraí retrogradou significativamente nos últimos 14 anos, resultando em um total de 50,42 metros de erosão e um saldo final de 127.427 m² de área retração.

Subtração dos anos	Resultados (m²)		Saldo	Taxa anual (m)
	Progradação	Retrogradação		
2004 – 2011	78	-47.597	-47.519	-2.68
2011 – 2012	3	-49.378	-49.375	-18.12
2012 – 2013	10.381	-3.691	6.690	2.66
2013 – 2014	3.158	-18.510	-15.352	-6.07
2014 – 2015	6.548	-19.731	-13.183	-5.19
2015 – 2016	1.693	-19.100	-17.407	-6.41
2016 – 2017	3.827	-5.841	-2.014	-0.79
2017 – 2018	13.137	-2.404	10.733	4.20
2004 – 2018	0	- 127.427	- 127.427	-50.42*

* taxa de variação total do período

Tabela 1: Resultados das subtrações dos polígonos. Fonte: Própria da pesquisa.

De posse dos valores de variação anuais da linha de costa, tornou-se possível a elaboração de um gráfico para representar de modo mais dinâmico essas variações, contendo o período analisado no eixo horizontal e a taxa de variação em metros por ano no eixo vertical (Figura 8). Através do gráfico, observar-se os intervalos temporais mais extremos: sendo o intervalo entre 2011 e 2012 como o que apresenta maior taxa de retrogradação; e o intervalo entre o ano de 2017 e 2018, que apresenta a maior taxa de progradação. Nota-se que as taxas são, em sua maioria, regredidas.

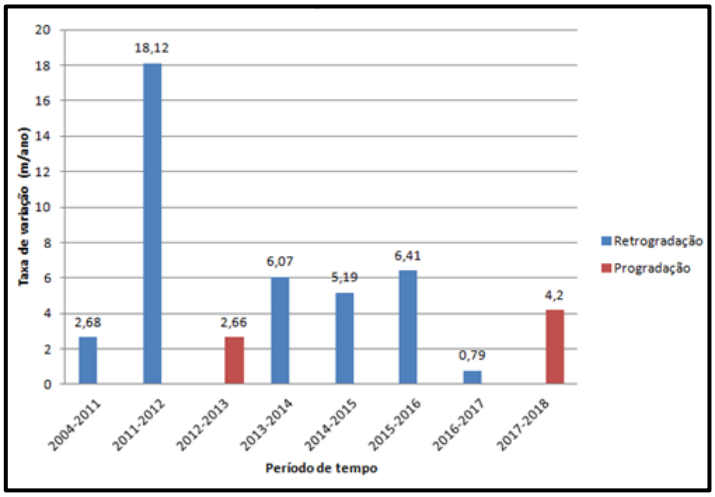


Figura 8: Taxas de variação da linha de costa. Fonte: Própria da pesquisa

Presumivelmente, esse fato ocorreu devido aos eventos de ressacas que, segundo Paula & Neto (2017) intensificam a locomoção vertical de nível da água, permitindo o espraio máximo das ondas na frente marinha urbana do Icaraí, que somados ao elevado número de construções civis neste lado da praia, acabam por agravar o processo de erosão costeira local. Sendo assim, a figura 9 demonstra a aplicação do método do polígono de mudança e vê-se como houve uma grande retrogradação da linha de costa da praia do Icaraí entre os anos de 2004 a 2018, culminando em uma grande erosão da zona costeira, principalmente do lado oeste da praia.

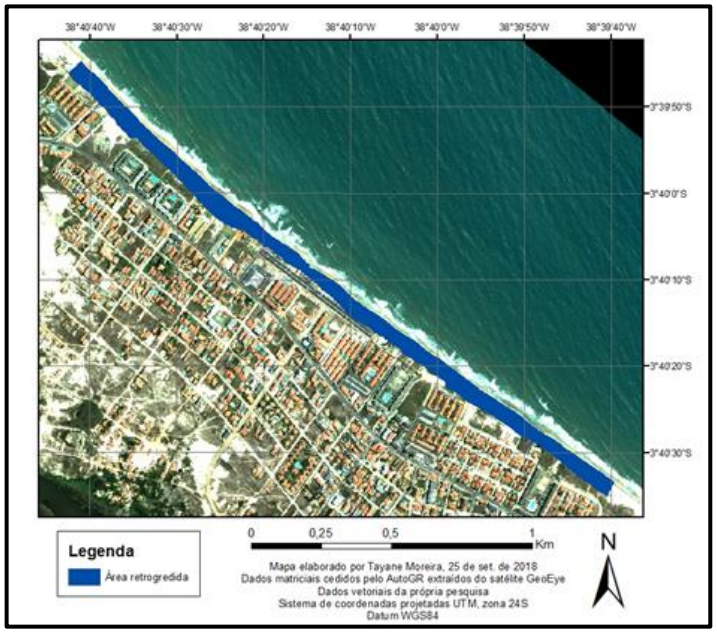


Figura 9: Retrogradação total da linha de costa. Fonte: Própria da pesquisa.

A aplicação do método de detecção de mudança proporcionou uma visão ampla do comportamento da linha de costa da praia do Icaraí. Percebe-se o intenso processo erosivo que vêm degradando a praia nas últimas décadas, colocando as construções e a população que reside nas proximidades da praia em perigo, fato que provocou a necessidade da tomada de uma medida emergencial por parte dos gestores municipais para amenizar os efeitos erosivos das marés – a criação de um *bag wall*, uma estrutura rígida em forma de degraus que dissipa o efeito das ondas que sobre ela incidem. Embora o *bag wall* tenha impedido o avanço extremo da linha de costa na parte central da praia, a estrutura acaba por ocasionar a difração das marés, fazendo com que a erosão nesses pontos da praia ainda se suceda.

CONCLUSÃO

Pôde-se observar desconhecimento sobre o comportamento das margens costeiras municipais, e sem a devida noção sobre seu prognóstico, torna arriscada a deliberação de alguma atividade a ser realizada dentro da área de zona costeira, visto que em um intervalo pequeno de tempo tal feito pode ser depredado pelas marés. Com isso, verifica-se a importância de ter-se conhecimento do comportamento em mesoescala da linha de costa para que não se torne necessário aplicar medidas emergências a fim de desacelerar o processo de erosão costeira incidente sobre a região litorânea. Pois sem a devida análise territorial e perspectiva futura, a determinação de uma possível intervenção a uma região que está sob risco de erosão se torna mais difícil.

Tomando como foco a praia do Icaraí, o descaso com a orla marítima, a pouca preocupação com as ressacas marítimas e a desatenção para com as construções civis cada vez mais próximas a linha de costa, dificultou a visão dos gestores sobre o avanço das marés. Através dos resultados, percebe-se a grande mobilidade que a linha de costa da praia do Icaraí apresentou nos últimos 14 anos, além da vulnerabilidade de sua zona costeira. Nesse sentido, a falta de intervenções amparadas por conhecimento técnico ocasionou impactos negativos, como a difração erosiva proporcionada pelo emprego de *bag walls*, afetando diretamente a população que reside em suas proximidades. Sendo assim, os resultados gerados pela

pesquisa poderão auxiliar os gestores municipais nas condutas que serão estabelecidas para a melhoria no desenvolvimento costeiro não somente da praia do Icaraí, como também de todo o litoral do Ceará.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande pelo incentivo a pesquisa, concessão da bolsa, disponibilidade de ambiente e ferramentas para concretizá-la e aos professores Miguel Albuquerque e Davis de Paula pelo auxílio na elaboração da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. G. **Análise espaço-temporal das causas da variabilidade da linha de costa e erosão na praia do hermenegildo, RS**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2013.

AMORICARAI. Associação de Moradores do Icaraí. **Destruição da praia do Icaraí, construção do Bag wall**. 2013. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v =Vmx9FGM3HMM>. Acesso em: 16 abr. 2018.

FAÇANHA, M. C. *et al.* **Erosão Costeira da Praia do Icaraí (Caucaia/CE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA - SBGFA, 2946, 2017, Campinas. Anais e resumos. Campinas: SBGFA, 2017.

KLEIN, A. H. F.; SHORT, A. D. **Chapter 1 – Brazilian Beach Systems: Introduction.** In: SHORT, A.D. & KLEIN, A.H.F. (ORG). Brazilian Beach Systems. Springer: Florida, p. 1-36, 2016.

LEAL, K. B. *et al*. Variação do limite praia duna nos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS no intervalo entre 2003-2015. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 9, n. 1, p. 25-37, 2018.

MAIA, G, G, O. **Vulnerabilidade e riscos naturais a eventos de alta energia nas praias semi-urbanas e naturais do litoral de Aquiraz, Ceará**. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2014.

MUEHE, Dieter. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará.** Ceará, v. 4, n. 7, p. 97-110, 2005.

PAULA, D. P.; NETO, C. A. F. **Resposta de uma praia arenosa a um evento de ressaca do mar: o caso da Praia do Icaraí (Caucaia, Ceará, Brasil)**. Ateliê geográfico (UFG), v. 11, p. 184-204, 2017.

SMITH, M. J.; CROMLEY, R. G. Measuring Historical Coastal Change using GIS and the Change Polygon Approach. **Transactions in GIS**, n. 16, v. 1, p. 3–15, 2012.

Capítulo 36

Comparação dos métodos support vector machine e máxima verossimilhança gaussiana para classificação de imagens orbitais Geoeye das áreas de dunas costeiras da praia do Cassino, Rio Grande, RS

COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS SUPPORT VECTOR MACHINE E MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA GAUSSIANA PARA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS GEOEYE DAS ÁREAS DE DUNAS COSTEIRAS DA PRAIA DO CASSINO, RIO GRANDE, RS

Lisandra Roldão Miranda[1], Delnir Monteiro de Lemos[2] & Jean M. de Almeida Espinoza[2]

[1] Universidade Federal de Pelotas, Rua Gomes Carneiro, 01 – Pelotas - RS, Brasil, CEP: 96.010-610, lisproldao@gmail.com.
[2] Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande, Rua Eng. Alfredo Huck, 475 – Centro, Rio Grande - RS, Brasil, CEP: 96.201-460, delnir.lemos@riogrande.ifrs.edu.br jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br.

RESUMO

A classificação de imagens de orbitais possui uma variedade de métodos para análise espectral, porém a escolha deles dependerá da área a ser estudada. Este trabalho apresenta, com foco para a aplicação das técnicas de Processamento Digital de Imagens, a classificação supervisionada da extensão das dunas costeiras do Balneário Cassino, no município do Rio Grande/RS, utilizando os classificadores *Support Vector Machines* (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG). Esses métodos proporcionaram implementar a análise de acurácia baseada na matriz erro e a comparação entre os classificadores. A partir da imagem de alta resolução espacial Geoeye, com o auxílio do software MatLab®, as amostras de treinamento foram coletadas para treinar os algoritmos de classificação implementados na cena segmentada. Os resultados deste trabalho foram avaliados visualmente, assim comparando os métodos pela sua eficiência na classificação de imagem da área de estudo e trazendo subsídios para futuros interessados em classificadores para a área de dunas costeiras.

Palavras-chave: Classificação, PDI, dunas, supervisionada.

COMPARISON OF SUPPORT VECTOR MACHINE AND MAXIMUM GAUSSIAN VERISIMILITY METHODS FOR CLASSIFICATION OF GEOEYE ORBITAL IMAGES OF CASSINO BEACH AND COASTAL DUNES AT RIO GRANDE, RS

ABSTRACT

The classification of satellite images has a variety of methods for spectral analysis, but the choice of them depends on the area being studied. This work presents, with the techniques of Digital Image Processing, supervised classification of the extension of the coastal dunes of the Balneário Cassino, in the city of Rio Grande, using the classifiers Support Vector Machines (SVM) and Maximum Gaussian Likelihood. These classifications provided to implement the analysis of accuracy based on the matrix error and the comparison between the classifiers. From the high spatial resolution Geoeye image, with the aid of MatLab software, the training samples were collected to train the classification algorithms implemented in the segmented scene. The results of this work were evaluated visually, thus comparing the methods for their efficiency in the image classification of the study

area and bringing subsidies to interested parties in classifiers for the coastal dune area.

Keywords: Classification, DIP, dunes, supervised.

INTRODUÇÃO

A classificação de imagens digitais leva em consideração as classes espectrais para extrair seus dados, mas dependendo da área de estudo essas divisões possuem valores de médias próximos entre si, necessitando de dimensões espectrais altas para separação apropriada dos dados (ANDREOLA, 2009). Baseado nesta afirmação dentro das técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) existem diversos métodos para classificação de imagens de satélites, como por exemplo, a distância mínima, K-média, ISODATA e árvore de decisão (NASCIMENTO et al, 2009).

Inseridos nesses métodos de classificação temos também o Support Vector Machine (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG), caracterizados como métodos supervisionados e paramétricos no processamento de imagem deste trabalho. Os métodos supervisionados baseados na definição das classes e na coleta dos pixels de treinamento representativos de cada classe (MATHER & TSO, 2009), realizam cálculos a partir dessas amostras para ser referência nas demais classificações.

Os métodos paramétricos baseados nas amostras de treinamento, pixels de valores conhecidos, estimam a densidade de probabilidade do comportamento dos dados das classes (ANDREOLA, 2009), possuindo previamente seu valor. Também salientar que um método pode também ser considerado não paramétrico quando não é possível conhecermos a densidade de probabilidade do comportamento dos dados (SEMOLINI, 2002). No caso do método Support Vector Machine (SVM), este pode ser aplicado na classificação de imagens, como não supervisionado. O SVM une as informações pela semelhança e separa pela diferença dos valores de cada pixel na imagem para discriminar as classes, não necessitando de pixels pré-definidos (LORENA & CARVALHO, 2007).

A fim de comparar os semelhantes métodos, citados anteriormente, a área de estudo definida para este estudo foi a extensão de dunas costeiras da praia do Cassino, litoral do Rio Grande do Sul, pela sua função ambiental como Área de Preservação Permanente (APP), sendo assegurada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 302/2002.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram realizar a comparação dos métodos de classificação Support Vector Machine (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG) em uma imagem do satélite Geoeye da extensão das dunas costeiras do Balneário Cassino, classificação da área de estudo com os métodos SVM e MVG, análise dos dados gerados, e a implementação da análise de acurácia baseada da matriz de erro dos dados resultantes das classificações.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo definida para realização desse trabalho é a extensão das dunas costeiras da praia do Cassino, localizada no balneário Cassino dentro do município de Rio Grande no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O recorte espacial utilizado corresponde ao início da localidade do ABC, no arroio do Gelo, até o final da praia do Cassino.

O ecossistema de dunas costeiras é definido como uma faixa paralela a linha de costa estabelecida no pós-praia, constituído por sedimentos granulares que são levados pelos ventos e depositados em locais quando encontram barreiras, geralmente essas são vegetações (CALLIARI et al., 2005). Sendo um território legalmente protegido pela sua vulnerabilidade ambiental e pelas suas funções de

anteparo da costa, proteção dos lençóis freáticos e preservação da fauna e flora.

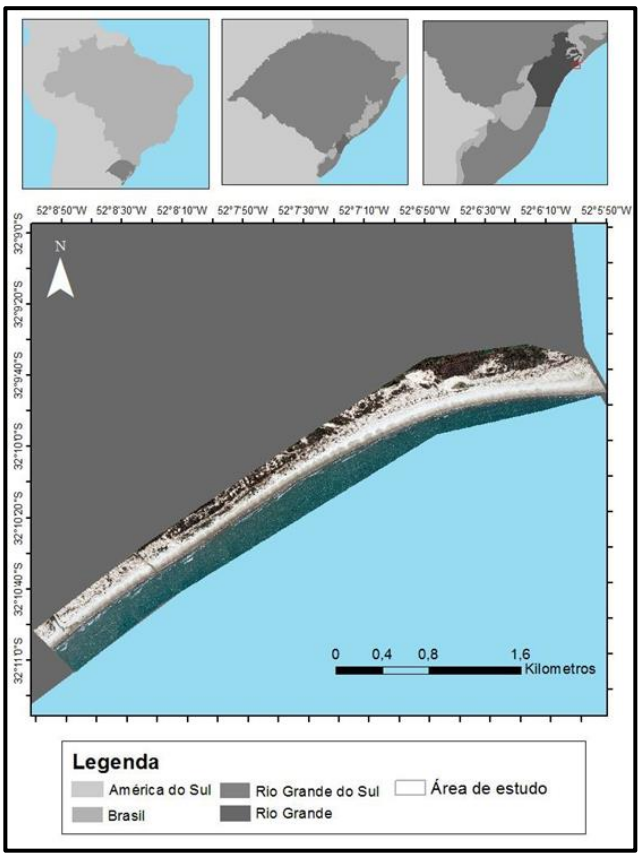


Figura 1: Área de estudo.

O ecossistema de dunas costeiras é definido como uma faixa paralela a linha de costa estabelecida no pós-praia, constituído por sedimentos granulares que são levados pelos ventos e depositados em locais quando encontram barreiras, geralmente essas são vegetações (CALLIARI et al., 2005). Sendo um território legalmente protegido pela sua vulnerabilidade ambiental e pelas suas funções de anteparo da costa, proteção dos lençóis freáticos e preservação da fauna e flora.

As dunas costeiras são formadas pela interação dos ventos, areia e vegetação (NEMA, 2006), com a função ambiental de resguardo da costa, proteção dos lençóis freáticos e a preservação da fauna e flora, sendo Áreas de Preservação Permanente (APP).

A área de APP caracteriza-se pela sua fauna e flora contendo, respectivamente, o tuco-tuco, maçarico de colar, sapo das dunas, entre outros animais silvestres e na sua flora a catiporágua, margarida das dunas, capim das dunas, entre outras vegetações. Segundo o Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental - NEMA (2006), essa APP, como diversas outras áreas ambientais, enfrenta o conflito entre a urbanização, o uso da praia e sua preservação, esse que vem desde 1996, sendo confrontado com avanços em comparação ao início. Mas como se trata de um sistema contínuo, a sua preservação torna-se também contínua e sustentável, um bom exemplo desse resguardo é a construção da passarela na praia do Cassino que permite o acesso a ela sem a necessidade da retirada da areia (NEMA, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2 apresenta os procedimentos metodológicos desta pesquisa.

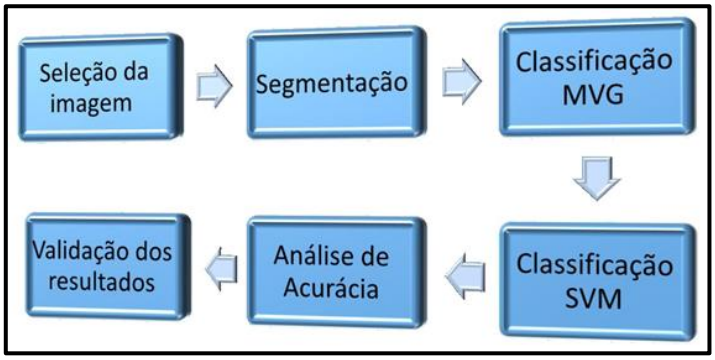


Figura 2: Fluxograma metodológico.

O trabalho foi desenvolvido com a utilização de uma imagem de alta resolução espacial Geoeye, adquirida em 5 de dezembro de 2015, via projeto do curso técnico de Geoprocessamento do Instituto Federal do Rio Grande do Sul em colaboração com a Prefeitura Municipal do Rio Grande, e o software MatLab. A imagem foi georeferenciada no sistema de coordenadas SIRGAS 2000.

A imagem Geoeye, que foi selecionada, possui o total de 4 bandas, sendo elas do vermelho (R), verde (G), azul (B) e infravermelho próximo (NIR). A resolução espacial é de 50 cm no pancromático e de 2 m multiespectral, união do RGB, que consiste na tomada de diferentes comprimentos de onda eletromagnética do alvo.

Seguindo a metodologia, a segmentação consiste no agrupamento de pixels semelhantes (MENESES & ALMEIDA, 2012), se optou pelo o software MATLAB para efetuar a segmentação por crescimento de regiões. Essa que inicialmente distribui pontos aleatoriamente espalhados pela cena (sementes), as quais proporcionam o crescimento das regiões a partir do *pixel* em que está a semente pela junção dos *pixels* vizinhos que apresentam propriedades semelhantes (ZANOTTA, 2014).

Assim, de maneira exploratória, foi definido como 5x5 pixels o tamanho mínimo para as regiões e o limiar de similaridade utilizado foi de 10%. É necessário ressaltar que pelo tamanho da imagem ser de 6.209 linhas por 9.599 colunas, foi preciso determinar ao segmentador dividir em dez retângulos a cena inteira, isso otimizou o processo e acrescentou peculiaridades ao resultado final, pois o algoritmo segmentou cada retângulo independente dos demais.

Com finalidade de realizar a metodologia proposta foram definidas as classes corpos d'água, vegetação e sedimentos. Visto que, o ecossistema dunar é composto pela interação entre vegetação e sedimentos (NEMA, 2006), as classes vegetação e sedimentos das dunas se tornam essenciais na classificação. Assim como, a classe corpos d'água é relevante pelo ecossistema de dunas costeiras estar presente ao longo da praia do Cassino.

Ainda para melhorar o resultado das classificações se optou por subdividir as classes já citadas, em grupos com menores segmentos (Tabela 1), para efetivar o processamento e a coleta dos pixels de treinamento necessários nas classificações supervisionadas.

Tabela 1: Classes utilizadas na classificação supervisionada.

Classe geral	Classes subdivididas	Referente
Corpos d'água	Corpos d'água 1	Arroio
	Corpos d'água 2	Mar
	Corpos d'água 3	Corpos d'água entre a vegetação
Sedimentos	Sedimentos 1	Sedimentos a beira mar
	Sedimentos 2	Sedimentos entre a beira mar e as dunas
	Sedimentos 3	Sedimentos do mar
Vegetação	Vegetação 1	Vegetação clara
	Vegetação 2	Vegetação escura

Na sequência foram implementados os classificadores supervisionados *Support Vector Machine* e Máxima Verossimilhança Gaussiana, com as bandas 3 e 4 da imagem Geoeye. No MVG são inseridos pixels de treinamento das classes, ou seja, pixels de valores conhecidos, para estimar a forma da distribuição deles no espaço das bandas e localizar o centro de cada classe. Baseado nisso são realizados cálculos estatísticos para determinar o pertencimento de cada *pixel* à classe que tem a mais alta probabilidade (MENESES & ALMEIDA, 2012).

O classificador SVM gera um hiperplano, em que a distância entre um conjunto de classes dos dados possibilita a classificação e diferenciação deles. Esses dados podem ser identificados a partir de sua separação, como lineares e não lineares (ANDREOLA, 2009) definidos a partir das amostras de treinamento.

Os dados lineares requerem no código funções lineares e margens rígidas, no qual as restrições asseguram que não tenham dados entre as margens do hiperplano. Quanto aos dados não lineares, o algoritmo necessita de funções não lineares e margens suaves no hiperplano, em que variáveis são inseridas para atenuar

as restrições tendo a possibilidade de permanência de dados no hiperplano. No caso da pesquisa, o classificador SVM dados não lineares, sendo assim possuía um hiperplano de margens suaves.

As amostras de treinamento foram coletadas sobre a imagem Geoeye para treinar os algoritmos do Support Vector Machines (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG) para serem implementados na cena Geoeye segmentada por crescimento de regiões. Em que, o SVM utilizou o kernel Radial Basis Function (RBF), enquanto o MVG usou o limiar segundo análise de cada um dos pixels.

A fim de verificar os resultados obtidos nas classificações dos métodos SVM e MVG, foi realizada uma saída de campo no dia 13 de novembro de 2017 com o objetivo de melhor identificar as classes na área de dunas costeiras da praia do Cassino. A saída de campo foi realizada ao longo da extensão da cena Geoeye, possibilitando averiguar a localização das classes nas dunas (Figura 3).

Também foi realizada a analise da matriz erro representou a uniformidade entre os resultados das classificações possibilitando o cálculo dos erros de omissão e comissão de cada método de classificação. Os erros de omissão acontecem quando o pixel é excluído da sua classe pertencente, sendo referenciado em outra. Enquanto, nos erros de comissão, o pixel é incluído em uma classe, porém corresponde a outra classe. Logo, erros de comissão geram erros de omissão (ALBUQUERQUE, 2012).

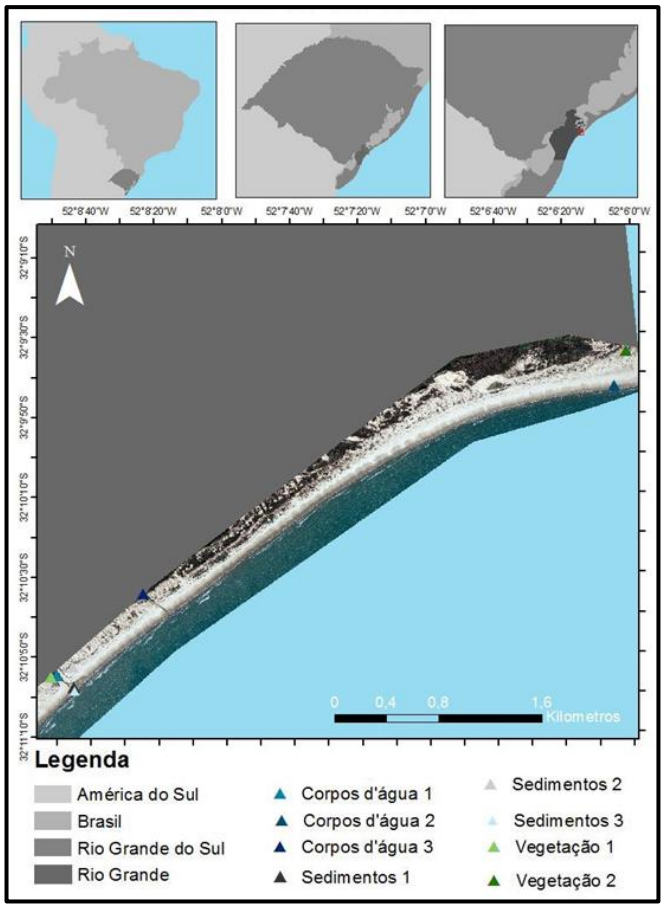


Figura 3: Mapa de pontos de localização das classes .

RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram à segmentação por crescimento de regiões na imagem Geoeye da área de estudo, (Figura 4), a qual teve por objetivo dividir a imagem em regiões ou objetos para facilitar a sua análise, a classificação da segmentação pelo método de classificação *Support Vector Machine* (SVM), e a classificação da mesma cena pelo método Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG).

A Figura 5 apresenta a classificação da segmentação imagem *Geoeye* pelo método de classificação *Support Vector Machine* (SVM) com as classes definidas na Figura 3. Seguida, pela Figura 6 que traz a classificação da mesma cena pelo método Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG). Salientando que para realização das classificações as bandas definidas foram a 3 e 4.

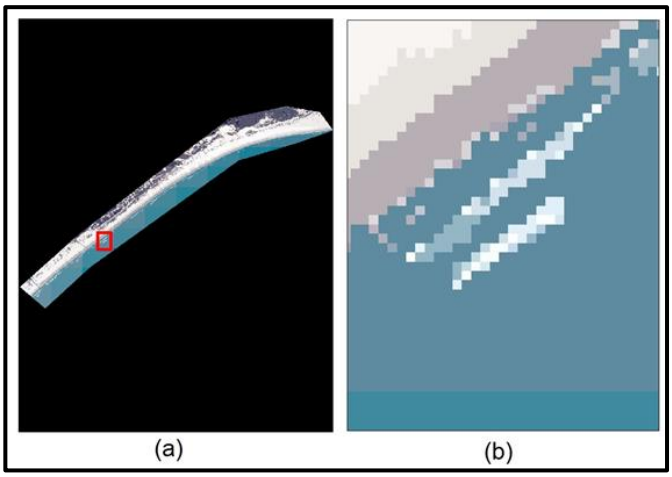


Figura 4: Imagem da segmentação área de estudo da imagem Geoeye (a) extensão total (b) recorte da segmentação.

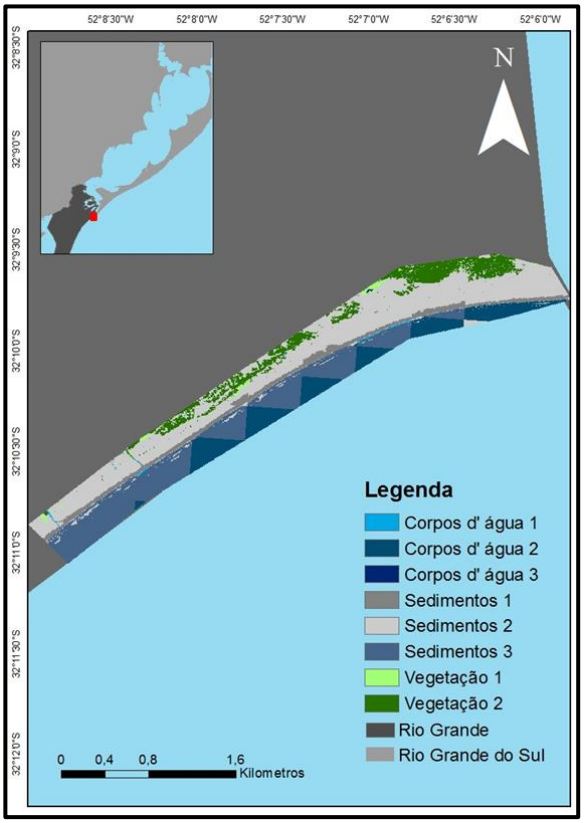


Figura 5: Classificação da imagem Geoeye com o método *Support* Vector *Machine* (SVM).

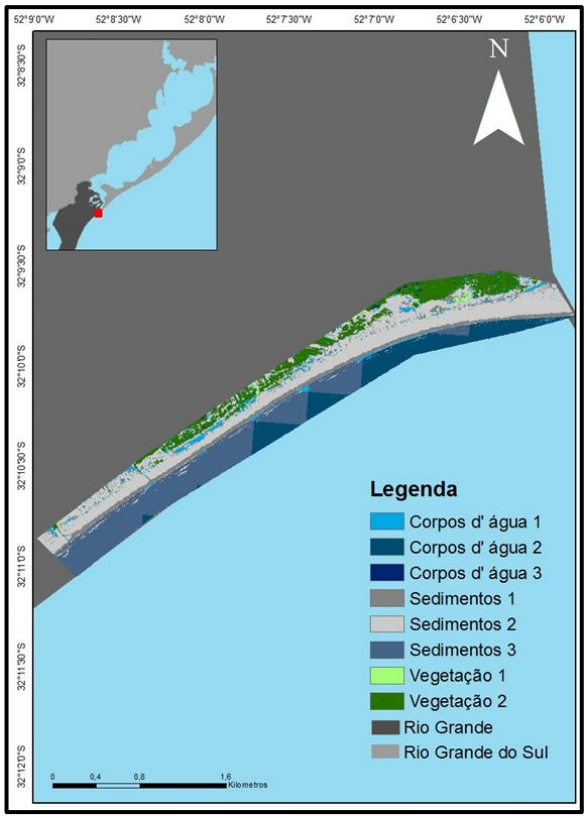


Figura 6: Classificação da imagem Geoeye com o método Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG).

DISCUSSÃO

Na análise visual dos resultados das classificações foi possível observar a confusão do classificador SVM entre as classes corpos d'água 2 e sedimentos 1 com sedimentos 2, essas confusões que podem ser esclarecidas pela segmentação ter sido dividida em retângulos, desse modo segmentos de mesma classe ficaram com padrões de cores diferentes. Os quais, são quase imperceptíveis na imagem segmentada e não são visíveis na imagem original usada para coleta de amostras, como mostra a Figura 7.

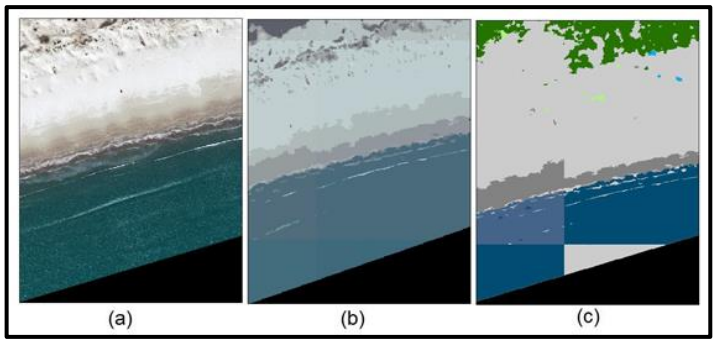


Figura 7: Confusão entre as classes corpos d' água 2 com sedimentos 2 (a) imagem Geoeye (b) segmentação da imagem (c) classificação SVM da segmentação.

Enquanto, o classificador MVG teve maior confusão entre corpos d'água 1, sedimentos 1 e vegetação 1 com sedimento 2, essas confusões que também podem ser atribuídas à semelhança de cor entre os pixels de treinamentos coletados nas classes (Figura 8).

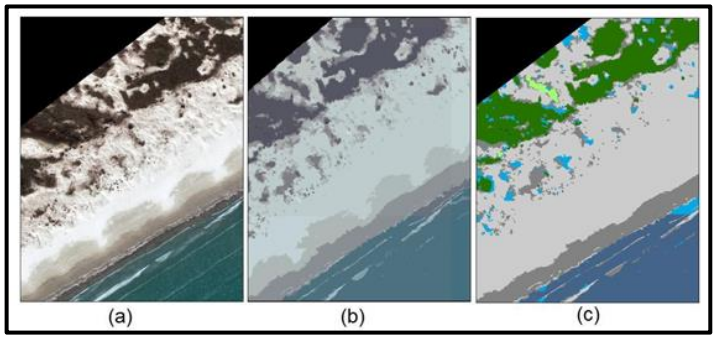


Figura 8: Confusão entre as classes corpos d' água 1, sedimentos 1 e vegetação 1 com sedimentos 2 (a) imagem Geoeye (b) segmentação da imagem (c) classificação MVG da segmentação.

Em comparação aos resultados dos métodos SVM e MGV, encontramos erros similares de classificação, como a confusão da classificação entre corpos d'água 1 e sedimentos 3, que acontece pela diferença de cor da classe sedimentos 3 na área em questão dentro da segmentação provocando o erro nos dois métodos (Figura 9).

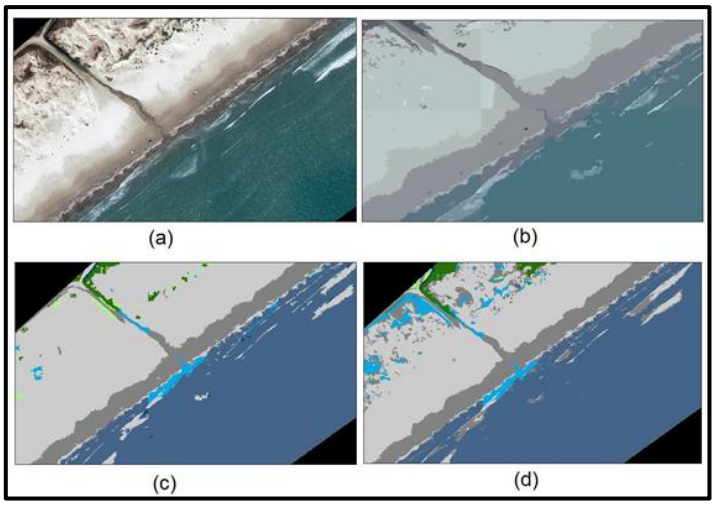


Figura 9: Confusão entre as classes corpos d' água 1 com sedimentos 3 (a) imagem Geoeye (b) segmentação da imagem (c) classificação SVM (d) classificação MVG da segmentação.

Outro equívoco dos classificadores *Support Vector Machine* (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG) na classificação foi um local que na imagem original e na segmentada representava a vegetação 1, mas cada um dos métodos optou em classificar relacionado a outra classe, em que o SVM classificou como sedimentos 2 e o MVG como sedimentos 3, isso ocorreu pela imagem de coleta possuir resquícios de sedimentos, assim cada classificador optou por designar, essa vegetação para uma das classes de sedimentos que acreditou ser mais correta (Figura 10).

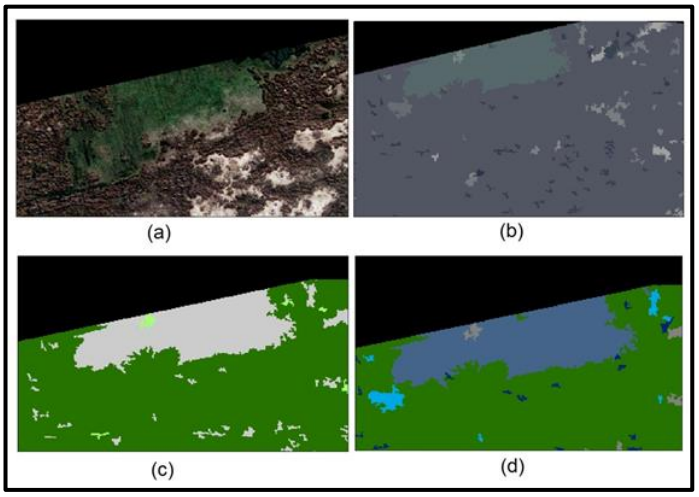


Figura 10: Confusão de classificação (a) imagem Geoeye (b) segmentação da imagem (c) classificação SVM (d) classificação MVG da segmentação.

Tanto o classificador SVM quanto o MVG obtiveram respostas divergentes na qual, a partir da validação a campo podemos perceber que o *Support Vector Machine* (SVM), pela Figura 11, teve um resultado próximo do real. O SVM classificou a área como corpos d' água 1, sedimentos 2 e, vegetação 1 e 2, Enquanto o MVG afirmou a presença da classe vegetação 2 dentro do arroio do Gelo e a presença das classes corpos d' água 1 e sedimentos 2 ao lado do arroio.

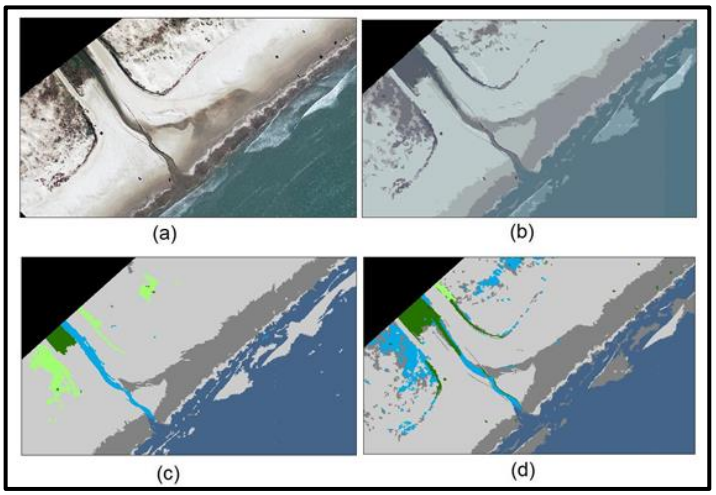


Figura 11: Confusão de classificação (a) imagem Geoeye (b) segmentação da imagem (c) classificação SVM (d) classificação MVG da segmentação.

Além disso, é importante ressaltar que pela área de estudo ser uma praia, temos a presença das ondas, as quais influenciaram negativamente o resultado das classificações, pois durante a aplicação da metodologia não foi possível diferenciá-las em uma única classe, pela sua forma dispersa ao longo de toda extensão do litoral. Desse modo, optamos por permitir que os classificadores SVM e MVG decidissem em qual classe as ondas deveriam estar presentes, assim o SVM classificou como sedimentos 2 e o MGV como sedimentos 1 e 2.

Analisando cada uma das matrizes erro (tabelas 2 e 3) percebemos que o método de classificação *Support Vector Machine* obteve menos erros de omissão e comissão em seu resultado, sendo assim sua matriz é mais acurada. Na qual, somente nas classes corpos d' água 2 e sedimentos 3 teve número significativo de pixels classificados incorretamente.

		Classes								
		Corpos d'água			Sedimentos			Vegetação		
Classes		*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	**TOTAL**
Corpos d'água	*1*	**4305**	0	0	14	2	0	0	0	4321
	2	0	**54927**	0	0	0	2991	0	0	57918
	3	0	0	**1024**	0	0	0	0	0	1024
Sedimentos	*1*	345	0	0	**155122**	122	1	0	0	155590
	2	3	0	0	442	**469743**	0	7	78	470273
	3	0	6	0	1	0	**151438**	0	0	151445
Vegetação	*1*	0	0	0	0	0	0	**16731**	0	16731
	2	2	0	0	0	17	0	1	**73499**	73519
TOTAL		4655	54933	1024	155579	469884	154430	16739	73577	**930821**

Tabela 2: Matriz erro da classificação com o método SVM.

		Classes								
		Corpos d'água			Sedimentos			Vegetação		
Classes		*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	**TOTAL**
Corpos d'água	*1*	**2491**	898	0	12122	5858	7525	4323	9177	42394
	2	0	**42593**	0	0	0	48485	1401	80	92559
	3	64	1	**981**	57	34	1	298	4889	6325
Sedimentos	*1*	481	395	0	**129406**	30547	2566	844	388	164627
	2	5	27	0	13929	**431728**	140	142	17	445988
	3	210	10713	0	2	6	**95475**	1339	650	108395
Vegetação	*1*	229	257	0	13	351	22	**1070**	3481	5423
	2	1175	49	43	50	1360	216	7322	**54895**	65110
TOTAL		4655	54933	1024	155579	469884	154430	16739	73577	**930821**

Tabela 3: Matriz erro da classificação com o método MVG.

Enquanto o método MVG apresentou grande número de erros em sua matriz, em especial nas classes de vegetação 1 e 2. A única classe que obteve um resultado melhor foi na classe de sedimentos 3 havendo confusão somente com vegetação 2. Esse resultado de acurácia pode ser explicado pela variância das classes serem similares, o que confundiu o método ao definir sua função decisão pela ponderação em relação às médias.

CONCLUSÕES

Ao longo da presente pesquisa foi realizada a comparação entre os métodos de classificação Support Vector Machine (SVM) e Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG) na área de dunas costeiras do Balneário Cassino. Ambos os métodos atingiram os

resultados esperados que foi classificar as dunas. Porém, baseado nos resultados obtidos de cada método é visível que para escolher qual deles é mais adequado para a área de dunas costeiras, depende diretamente do objetivo do estudo.

Visto que o classificador Support Vector Machine (SVM) obteve o melhor resultado pela matriz erro alcançando menos erros na classificação, esse método se torna uma melhor escolha quando o objetivo do estudo é a realização da detecção de mudanças, pois sua classificação possui áreas mais definidas para todas as classes, assim possibilitando analisar as áreas de mudanças positivas e negativas nas dunas costeiras.

O classificador Máxima Verossimilhança Gaussiana (MVG) não alcançou bons resultados na sua matriz erro possuindo mais erros de confusão entre as classes. Mas ainda é uma boa escolha quando o objetivo do trabalho é a comparação da imagem classificada com a imagem original das dunas costeiras, pois esse método é mais autêntico nas formas das classes, sendo sua classificação mais semelhante com a imagem original.

Também, é importante ressaltar que a imagem de alta resolução escolhida, acabou trazendo dificuldades para aplicação da metodologia, pois apresenta grande quantidade de pixels, assim necessitando de um computador adequado para o seu processamento o que, entretanto, não evitou a utilização de um tempo considerável para a sua execução.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a oprotunidade de participar do VIII Encontro da Rede Braspor realizado no município de Rio Grande, o qual é berço do nosso campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, W. R. Monitoramento Da Cobertura Do Solo No Entorno De Hidrelétricas Utilizando O Classificador Svm (Support Vector Machines) No Entorno De Hidrelétricas Utilizando O Classificador Svm (Support Vector Machines). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da USP.

ANDREOLA, R. 2009. “Support Vector Machines na classificação de imagens hiperespectrais”. Porto Alegre, UFRGS. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, UFRGS.

NASCIMENTO, R. F. F; ALCÂNTAR, E. H; KAMPEL, M; STECH, J. L & NOVO, E. M. L. M; FONSECA, L. M. G. 2009. “O algoritmo SVM: avaliação da separação ótima de classes em imagens CCD-CBERS-2”. Natal, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 2079-2086.

MATHER, P. & TSO, BT. 2009. “Classification Methods for Remotely Sensed Data”. 2. ed. London, CRC Press.

LORENA, A. & CARVALHO, A. 2007. “Uma introdução às Support Vector Machines”. Revista de informática teórica e aplicada. São Paulo, v. 14, n. 2, p. 43-67.

SEMOLINI, R. 2002. “Support Vector Machines, Inferência Transdutiva e o Problema de Classificação”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - UNICAMP. Campinas, SP.

CONAMA. Resolução n° 302, de 20 de março de 2002.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília: CNPq/UnB, 2012.

NEMA - Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental. 2006. “Plano de Manejo das Dunas Costeiras do Município de Rio Grande”. Rio Grande.

ZANOTTA, D. Uma metodologia adaptativa baseada em objetos para detecção semi-automática de desmatamento na Amazônia por imagens de sensoriamento remoto. São José dos Campos: INPE, 2014. Tese – Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, INPE.

Capítulo 37

Utilização de *wavelets* para inferir a batimetria a partir de imagens de satélite SAR

UTILIZAÇÃO DE *WAVELETS* PARA INFERIR A BATIMETRIA A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE SAR

Tiago Abreu [(1)]*, S. Fernández-Fernández [(2)], P. Baptista [(3)], Paulo A. Silva [(2)]

[(1)] CESAM & Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP-IPP), Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4249-015 – Porto, Portugal. taa@isep.ipp.pt
[(2)] CESAM e Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 – Aveiro (Portugal). sandrafernandez@ua.pt e psilva@ua.pt
[(3)] CESAM & Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal. E-mail: renato.baganha@ua.pt

*Interlocutor: E-mail: taa@isep.ipp.pt

RESUMO

A deteção remota possibilita a recolha de uma vasta gama de informação sobre a superfície e atmosfera do planeta Terra. Esta informação tem aplicações nas mais diversas áreas como, por exemplo, geografia, planeamento, cartografia, geologia, meteorologia ou oceanografia. A determinação da topografia submersa (ou batimetria) de zonas costeiras a partir da técnica de deteção remota, especialmente para grandes áreas de cobertura ou zonas remotas, torna-se vantajosa face às técnicas tradicionais que se apresentam relativamente dispendiosas e demoradas quando comparadas com o atual acesso gratuito a diversos sensores de deteção remota.

Quando as ondas gravíticas se aproximam da linha de costa, com a redução da profundidade, existe uma assinatura diferente das ondas à superfície associada à sua transformação. Por exemplo, as ondas gravíticas tendem a refratar e alinhar-se paralelamente à linha de costa. Observa-se uma outra mudança significativa relacionada com a redução do seu comprimento de onda. Em termos físicos, reconhece-se que a aproximação das ondas gravíticas a zonas pouco profundas, traduzida pela alteração do comprimento da onda, está diretamente relacionada com a estrutura do fundo marinho. Desta forma, é possível inferir a batimetria tendo como base a deteção da variação do comprimento de onda de uma imagem e/ou o processo de refração associado.

A partir da análise de imagens de satélite, nomeadamente da intensidade das sombras cinzentas da superfície oceânica, é possível distinguir padrões da superfície: tons mais claros (quase brancos) correspondem às cristas da onda e tons cinzentos, mais escuros, às cavas das ondas. Este sinal da imagem pode ser interpretado quantitativamente para detetar a variação do comprimento de onda ao longo da propagação da onda, permitindo estimar informação batimétrica.

Neste estudo, pretende-se testar e validar um conjunto de técnicas espectrais aplicadas a produtos SAR (Synthetic Aperture Radar), disponíveis gratuitamente, obtidos a partir da missão Sentinel-1-A. Como exemplo, é analisada uma imagem de satélite SAR da região de Aveiro, localizada na costa noroeste de Portugal. A data de aquisição da imagem de satélite é 17 de fevereiro de 2015, correspondendo a um dia com baixa intensidade de vento e condições de swell, permitindo este tipo de análise.

Para análise e caracterização da transformação das ondas é comum recorrer-se a técnicas matemáticas como a Transformada de Fourier. Contudo, os resultados obtidos pelo correspondente Espectro de Fourier têm sido questionados nos últimos anos por não

representarem adequadamente os processos não estacionários e não lineares associados à propagação de ondas em regiões de águas pouco profundas. Alternativamente à Transformada de Fourier, existem outras transformadas matemáticas que têm apresentado resultados interessantes por serem capazes de decompor as funções no domínio da frequência e do tempo. Neste trabalho emprega-se a Transformada por Ôndulas (ou Wavelets), visando superar as limitações da Transformada de Fourier (FFT) no cálculo do comprimento de onda em águas pouco profundas. Embora esta metodologia esteja em estágio inicial, a técnica espectral aplicada parece fornecer uma boa resposta, corroborando e ampliando a área de aplicação de metodologias empregues em trabalhos anteriores desenvolvidos neste âmbito.

Palavras-chave: Imagens de satélite, batimetria, agitação marítima, comprimento de onda.

USING WAVELETS TO INFER BATHYMETRY FROM SAR SATELLITE IMAGERY

ABSTRACT

Remote sensing enables the collection of a wide range of information about the surface and atmosphere of planet Earth. This information has applications in several areas such as geography, planning, cartography, geology, meteorology and oceanography. The determination of the submerged topography (or bathymetry) of coastal zones from the remote sensing technique is advantageous to traditional techniques that are currently expensive and time consuming, especially for large coverage areas or remote areas.

When the waves propagate in coastal areas, with the reduction of the depth, they show a different signature at the sea surface associated to its transformation: the waves refract and tend to align parallel to the shoreline and their wavelength decreases. In physical terms, it is recognized that the approximation of waves to shallow areas, resulting in a change in the wavelength, is directly related to the seabed structure. In this way, it is possible to estimate bathymetry based on the detection of the wavelength variation.

Some satellite images show differences in the intensity of the surface grey shades, from which it is possible to distinguish ocean surface patterns: the lighter tones (almost white) correspond to wave troughs and the darker grey tones refer to wave crests. The image signal can be interpreted quantitatively to detect the wavelength variation along the wave propagation, allowing to infer bathymetric information.

In this study we intend to test and validate a set of spectral techniques applied to SAR (Synthetic Aperture Radar) products, available free of charge, obtained from the SENTINEL-1 mission. As an example, a SAR satellite image of the region of Aveiro, located on the northwest coast of Portugal, is analysed. The date of acquisition of the satellite image is February 17, 2015, corresponding to a day with low wind intensity and swell conditions.

For the analysis and characterization of wave transformation, it is common to apply mathematical techniques such as the Fourier Transform. However, the results obtained with the Fourier Spectrum have been questioned in recent years because they do not represent non-stationary and non-linear processes, typical of wave propagation in shallow waters. Alternatively, to the Fourier Transform, there are other mathematical tools, which are able to decompose the functions in the frequency domain and the time domain. In this work, one makes use of the Wavelet Transform to overcome the limitations of the Fast Fourier Transform (FFT) in the wavelength computation. Although this methodology is at an early stage, the applied spectral technique seems to provide a good response to shallow water zones, corroborating and expanding the area of application of methodologies used in previous work developed in this scope.

Keywords: Satellite imagery, bathymetry, swell, wavelength.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aumento do nível do mar aumentou a vulnerabilidade das áreas costeiras, resultando em perda de território e danos significativos dos recursos naturais. Diante das mudanças climáticas e do aumento de eventos extremos em cidades costeiras que concentram a maioria da população, de

infraestruturas e de atividades económicas do mundo, torna-se imperativo efetuar um mapeamento de riscos e vulnerabilidades, avaliando a importância estratégica da sua preservação. Urge monitorizar a evolução do litoral e, em particular, a batimetria de uma zona costeira revela-se essencial para fins de planeamento, pois é um forte indicador de onde se deverão concentrar os esforços e recursos de proteção costeira em áreas mais críticas.

Tradicionalmente, os levantamentos batimétricos são obtidos a partir de métodos acústicos que se baseiam no tempo percorrido por um pulso sonar acústico. Neste método in-situ recorre-se ao disparo de um sinal acústico a bordo de um navio que atravessa a coluna de água até chegar ao fundo e regressa, sendo possível medir a profundidade a partir da velocidade do som na água, das características do sensor e o tempo de propagação do sinal, entre outros parâmetros.

Apesar de se identificar a precisão da informação obtida, o método pode ser dispendioso, demorado, inacessível em áreas remotas, ou em zonas de águas pouco profundas, e condicionado pelas condições climatéricas (JAWAK et al., 2015). De facto, em costas altamente energéticas e arenosas, a morfologia do fundo pode sofrer rápidas mudanças aquando de tempestades, inviabilizando a utilização de embarcações e, consequentemente, das medições obtidas pela metodologia tradicional de levantamento batimétrico.

Alternativamente, os sistemas de Laser Aéreo de Varrimento (ALS) instalados a bordo de plataformas aéreas vulgarmente designados como LIght Detection And Ranging (LIDAR) são sistemas capazes de medir a distância entre o sensor (distanciómetro laser) e o alvo, por intermédio da medição da diferença de fase entre o sinal transmitido e o recebido, ou por um mecanismo de pulsação. No primeiro caso, em que a distância é medida por diferença de fase, são utilizados lasers que emitem continuamente um sinal e, no segundo caso, são utilizados lasers que emitem um sinal a uma cadência elevada embora não contínua. O sistema SHOALS pode ser considerado como um derivado do LIDAR para trabalhos de hidrografia. O sinal é enviado pelo sensor, sendo a maior parte refletida pela superfície da água. Uma segunda componente do sinal penetra na água, sendo refletida pelo fundo do mar. A diferença, em tempo, entre o retorno do impulso refletido pela superfície e o impulso refletido pelo fundo, corresponde à profundidade da água. Este sistema opera por varrimento de uma faixa paralela à trajetória do avião e está vocacionado para monitorizar a morfologia do fundo até uma profundidade de 30 m, dependendo das condições de turbidez da água. Diversos trabalhos têm sido realizados recorrendo a este sistema (ver por ex.: LILLYCROP e BANIC, 1992; ESTEP et al., 1994; IRISH e WHITE, 1998).

Assim, a observação da Terra a partir de plataformas aéreas ou de satélite tornara-se uma técnica apetecível para a monitorização de extensas áreas costeiras, superando algumas das desvantagens do método tradicional. Nos últimos anos, a utilização de dados obtidos por deteção remota tem tido diversas aplicações e, em particular, tem sido muito utilizada na monitorização da hidrodinâmica e da morfodinâmica de zonas costeiras (e.g., BRODIE et al., 2015; ALMEIDA et al., 2015).

Este trabalho visa melhorar a compreensão do comportamento das ondas gravíticas, que é extremamente importante para a previsão da hidrodinâmica costeira e para a correta caracterização da morfologia do fundo do mar utilizando imagens de SAR (Synthetic Aperture Radar), disponíveis gratuitamente, obtidas a partir da missão Sentinel-1 A. A possibilidade de desenvolver modelos batimétricos a partir de imagens de satélite é atualmente um método

promissor (e.g., KEARNS & BREMAN, 2010; BRUSCH et al., 2011; MISHRA et al., 2014). A tecnologia SAR permite derivar informações batimétricas de mudanças na superfície oceânica, com base na sua assinatura de rugosidade e altura (JAWAK et al., 2015). De facto, as imagens possibilitam a observação de todo um conjunto de transformações das ondas associadas à redução da profundidade. As ondas gravíticas tendem a refratar e alinhar-se paralelamente à linha de costa e verifica-se, igualmente, uma redução do seu comprimento de onda que está diretamente relacionada com a estrutura dos fundos. Esta forte correlação entre a mudança no comprimento de onda e a topografia subjacente torna possível estimar a batimetria a partir do comprimento de onda medido (PLESKACHEVSKY et al., 2011). Salienta-se que o sinal analisado pode ser não-linear e não-estacionário e a sua análise e o seu conhecimento representam, amiúde, um desafio para a modelação das ondas.

A análise espectral surge como uma ferramenta para apoiar a nossa compreensão e observar o comportamento das ondas geradas pelo vento. Comummente, a análise espectral mais utilizada é a Transformada de Fourier (FFT). Utilizando essa técnica, PEREIRA et al. (2019) aplicou um conjunto de algoritmos elaborados em Matlab para manipular imagens de SAR e obter informações sobre estimativas dos comprimentos de onda em vários pontos de uma área de estudo. Em seguida, utilizou-se a relação de dispersão linear para estimar a profundidade da água nessa área. Estes autores fizeram uma análise dos erros associados a este método em função da profundidade e da proximidade à terra. Por outro lado, reconhece-se que a FFT apresenta algumas limitações quando se trata de ondas não-lineares e não-estacionárias, típicas de águas intermédias e pouco profundas (e.g., ABREU et al., 2016). Desta forma, este estudo utiliza a Transformada por Ôndulas (ou Wavelet), visando superar limitações da Transformada Rápida de Fourier (FFT) no cálculo do comprimento de onda (e.g., MOURA, 2010; NEVES et al., 2012). A maior vantagem dessa técnica é que permite decompor o sinal estudado no domínio da frequência e do tempo. Para o efeito, é analisada uma imagem de satélite SAR da região de Aveiro, localizada na costa noroeste de Portugal. O sinal da imagem é interpretado quantitativamente, de forma a estimar da variação do comprimento de onda ao longo da propagação da onda.

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização de um estado do mar é obtida através de determinados parâmetros, como a altura significativa das ondas, período de pico, período médio e direção principal. As imagens SAR fornecem uma visão sinótica do campo de ondas e mostram como os comprimentos de onda evoluem no espaço à medida que as ondas progridem das águas profundas para as águas pouco profundas (ver Figura 1). A partir da intensidade das sombras cinzentas da superfície da captura de imagens em tempo real, é possível distinguir os padrões da superfície do oceano. Os tons mais claros (quase brancos) correspondem às ondas e os tons cinzentos mais escuros referem-se às cristas das ondas, permitindo detetar a variação do comprimento de onda ao longo da propagação das ondas (PEREIRA et al., 2019). Verificam-se dois processos principais que influenciam a propagação das ondas da superfície sobre uma batimetria variável. Primeiro, observa-se que a refração faz com que as ondas acabem por se ir encurvando ao aproximarem-se da costa de modo a chegarem à praia numa direção quase perpendicular a ela. Segundo, o empolamento faz com que haja um aumento da altura da onda e uma redução do comprimento de onda à medida que a profundidade diminui.

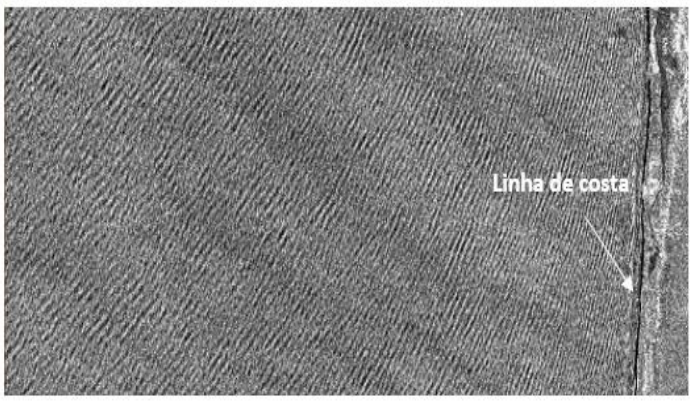


Figura 1. Reprodução de parte da imagem SAR 178a próximo da linha de costa.

A teoria das ôndulas possui aplicações importantes nas mais diversas áreas das Ciências e Engenharia, representando um desenvolvimento recente e muito interessante da Matemática (CHUI, 1992). A teoria teve o seu início na década de 80, com o geofísico Jean Morlet que utilizou funções que oscilam, isto é, se comportam como ondas que respeitam determinadas propriedades matemáticas, como ferramenta para análise de dados sísmicos no seu trabalho em prospeção de petróleo. O desenvolvimento da teoria cativou para este novo tópico de investigação muitos especialistas em processamento de sinal (e.g., COHEN & RYAN, 1995), sendo atualmente utilizada para os mais diversos fins como, por exemplo, na decomposição multi-resolução de sinais (usada em visão por computador) ou códigos de duas bandas (usados em compressão de sinal sonoro ou imagem).

A imagem utilizada neste estudo foi a imagem SAR 178a, obtida em 17 de fevereiro de 2015, disponível em https://scihub.copernicus.eu/, correspondente a um dia com swell visível (altura significativa Hs = 3.47 m e período de pico Tp = 14.05 s), permitindo esse tipo de análise. Note-se que este é um dia com pouco vento (velocidade média de 1.62 m/s), já que o vento é um parâmetro importante porque cria tensão na superfície do oceano, deformando as características das ondas que implicariam uma perda de rigor na análise das imagens. A Figura 2 localiza a nossa zona de estudo, compreendendo um setor da costa portuguesa da região de Aveiro. Este troço costeiro engloba uma secção que se estende desde a foz do rio Vouga e abrange o setor da laguna de Aveiro entre as praias da Barra e de Mira (Praia de Mira), correspondendo a um sistema costeiro de barreira arenosa (e.g., FERREIRA, 1993).

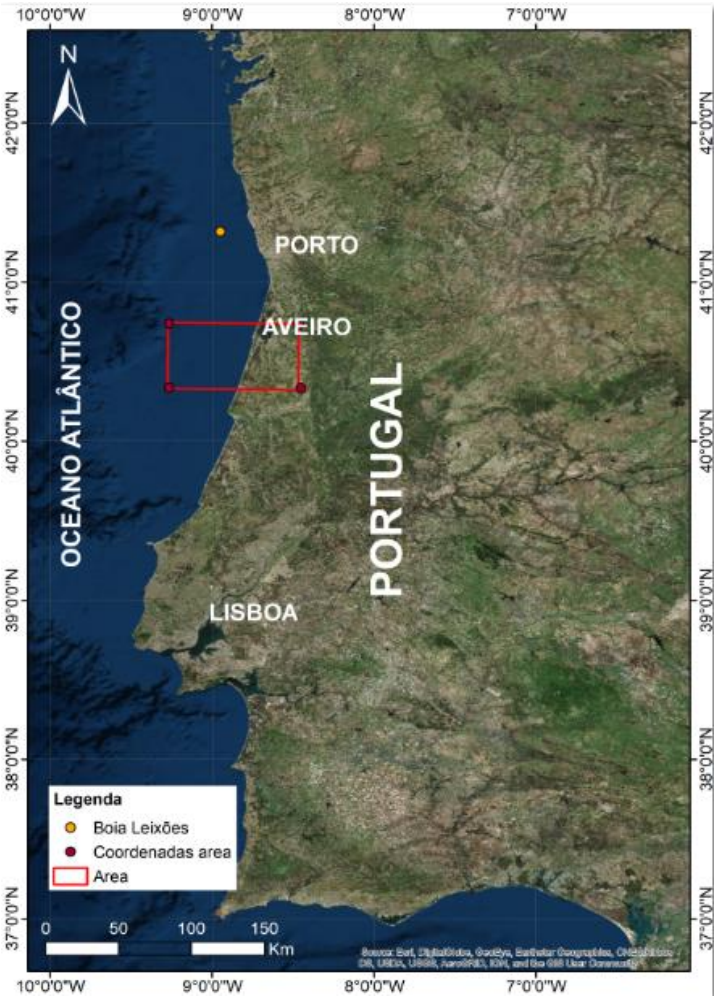


Figura 2. Localização da área de estudo.

A imagem SAR foi convertida numa matriz constituída por 2008 linhas e 3826 colunas (2008 × 3826). Cada valor da matriz corresponde à intensidade do tom cinza do pixel e cada pixel representa 10 metros de comprimento. A Figura 3 mostra o litoral da imagem selecionada (MATOS, 2017).

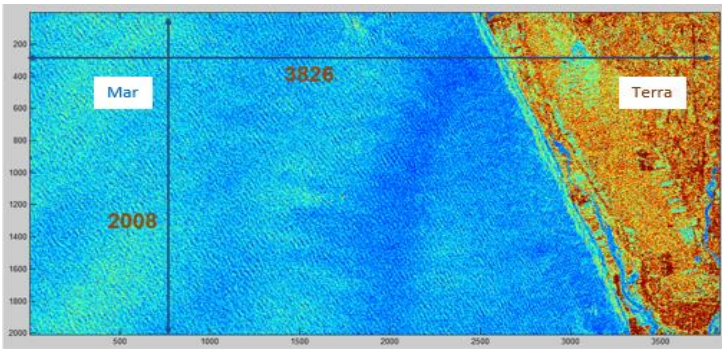


Figura 3. Zona de estudo correspondente à imagem SAR 178a.

Neste trabalho, a Transformada por Ôndula (Wavelet) foi aplicada ao longo de cada linha e coluna da imagem da matriz, a fim de estimar o comprimento de onda local. Então, usando a relação de dispersão linear, a abordagem usada para determinar a profundidade do leito marinho oceânico (h) atende ao conjunto de valores do comprimento de onda (L) e do comprimento de onda para águas profundas (L0):

$$h = \operatorname{atanh}\left(\frac{L}{L_0}\right) \times \frac{L}{2\pi} \quad (1)$$

Quando a imagem da SAR foi capturada, a boia de onda direcional de Leixões (ver Figura 2) registou um período de pico Tp = 14s, resultando em L0 ≈ 306 m.

Como o sinal processado foi obtido a partir da leitura da matriz através de linhas e colunas, a metodologia aplicada neste trabalho fornece as componentes horizontal e vertical do comprimento de onda (Lx e Ly). A Figura 4 ilustra as cristas das ondas refratadas, esclarecendo como o comprimento de onda L pode ser calculado a partir do conhecimento das duas componentes.

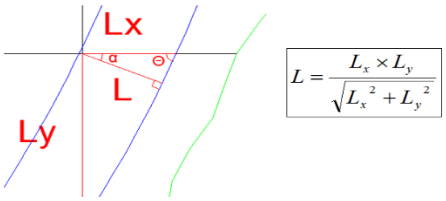


Figura 4. Obtenção do comprimento de onda L a partir das componentes Lx e Ly de ondas refratadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos com a Transformada por Ôndula (Wavelet) para as linhas 1000 e 2000 da matriz a partir da análise da imagem de satélite. Na prática, os dados procuram detetar, nessa direção, um sinal de intensidade para os vários comprimentos de onda (ver painéis b e c). A maior intensidade, assinalada através de tons amarelos e vermelhos, caracteriza a variação espacial da componente de comprimento de onda Lx do mar para terra. As linhas de tendência foram marcadas através de linhas brancas ponteadas, através do ajuste de funções polinomiais que passam sobre a localização das energias mais altas para ambos os espectros. Ambas as figuras revelam que os valores dos comprimentos de onda estão evoluindo de forma espectável pois, quando a profundidade da água diminui, o valor 1/Lx aumenta, traduzindo-se numa redução de Lx à medida que nos aproximamos da linha de costa.

Análise similar foi realizada para as colunas da matriz para obtenção da componente Ly. A Figura 6 exemplifica os resultados para os espectros Wavelet para as colunas 1000 e 2400. No entanto, para esta análise, os resultados não fornecem linhas de tendência claras porque os valores máximos estão localizados principalmente entre os valores 1/Ly = 0,01 e 1/Ly = 0,02. Estes representam valores muito altos e são inesperados. Este tipo de resultados foi igualmente observado para outras colunas. Nota-se que a imagem

SAR foi analisada sem ter havido algum processo de filtragem prévio ao processamento de dados. De futuro, será interessante aplicar um filtro passa-baixo (por exemplo, filtro Butterworth) e só posteriormente fazer esse tipo de análises. Também poderá ser interessante explorar esta metodologia utilizando outro tipo de transformadas como, por exemplo, a de Hilbert-Huang que é aplicável a sinais não-linear e não-estacionário (e.g., MOURA, 2010; NEVES et al., 2012). Adicionalmente, o processamento de imagem aplicado por PEREIRA et al. (2019) pode ser adaptado para detetar um raio de onda e determinar, ao longo do caminho, a sua direção e comprimento de onda (e.g., PLESKACHEVSKY & LEHNER, 2011). É, portanto, possível combinar a técnica FFT com a Transformada por Ôndula (Wavelet). Dos resultados da FFT pode-se estimar a batimetria de aguas intermédias (entre a zona de empolamento e de surf) e a análise por Transformada por Ôndula (Wavelet), diretamente aplicada ao sinal da curva da imagem obtida pelo raio de onda, permitiria complementar a batimetria para águas pouco profundas (entre a zona de surf e swash), como evidenciado no princípio ilustrado na Figura 7 (PLESKACHEVSKY & LEHNER, 2011). Nesse caso, a análise por Transformada por Ôndula (Wavelet) seria diretamente aplicada ao sinal da curva da imagem obtida pelo raio de onda, sem recorrer à análise por linhas ou colunas. A profundidade seria diretamente estimada a partir do comprimento de onda, sem haver necessidade de calcular as componentes Lx e Ly.

Embora esta metodologia esteja em estágio embrionário, a técnica espectral utilizada aparenta fornecer uma boa resposta a áreas de águas pouco profundas, corroborando e ampliando os resultados analisados previamente, para além do domínio obtido pela FFT.

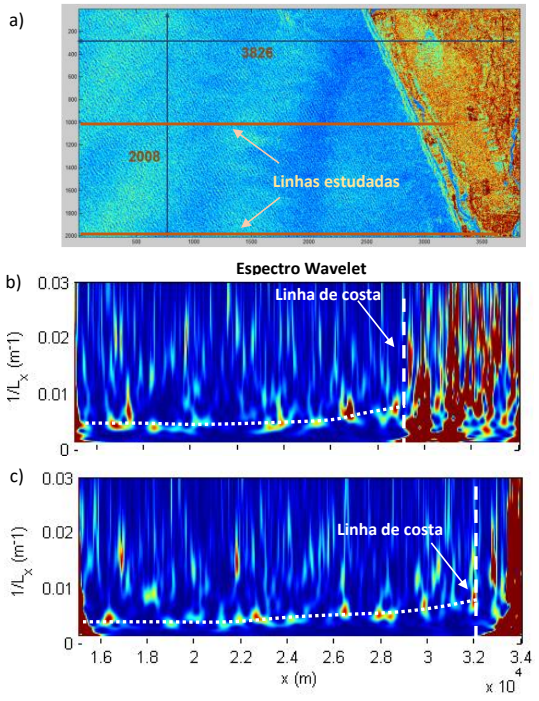


Figura 5. a) Domínio da imagem SAR e linhas selecionadas para a análise espectral do inverso de Lx; b) resultados da Transformada Wavelet para a Linha 1000; c) resultados da Transformada Wavelet para a Linha 2000. As linhas a ponteado assinalam a localização das maiores energias que determinam a posição do inverso da componente Lx.

CONCLUSÕES

A deteção remota pode ser utilizada na determinação da batimetria, tornando-se vantajosa face às técnicas tradicionais que, atualmente, se apresentam dispendiosas e demoradas. A disponibilidade de imagens de satélite SAR gratuitas possibilita o desenvolvimento de modelos batimétricos. As mudanças na superfície do oceano, baseadas em sua rugosidade e altura, estão diretamente ligadas à profundidade. Comummente, a Transformada Rápida de Fourier (FFT) é utilizada para avaliar os comprimentos de onda em vários pontos e, através da relação de dispersão linear, a profundidade da água é estimada. No entanto, como a FFT tem algumas limitações quando se trata de ondas não lineares e não estacionárias, este estudo analisa outra técnica

espectral em alternativa – a Transformada por Ôndula (Wavelet). Para o efeito, é analisado uma imagem SAR da região de Aveiro, localizada na costa noroeste de Portugal.

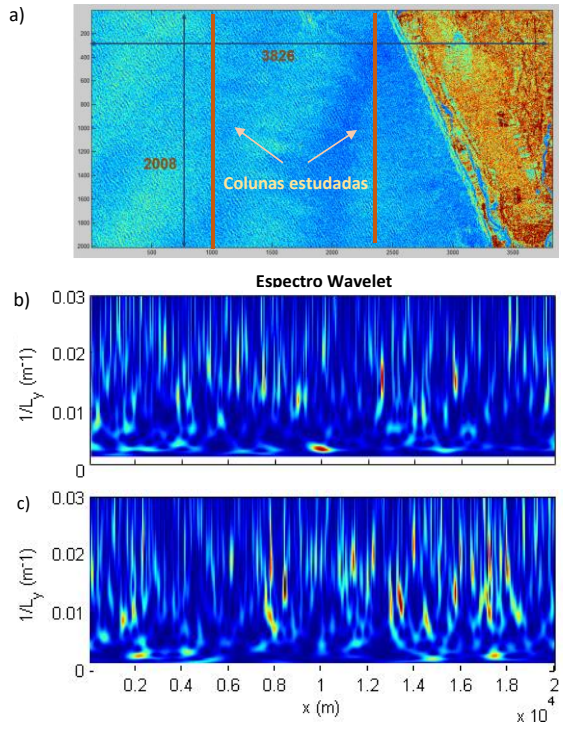


Figura 6. Domínio da imagem SAR e colunas selecionadas para a análise espectral do inverso de L_y; b) resultados da Transformada Wavelet para a Coluna 1000; c) resultados da Transformada Wavelet para a Coluna 2400.

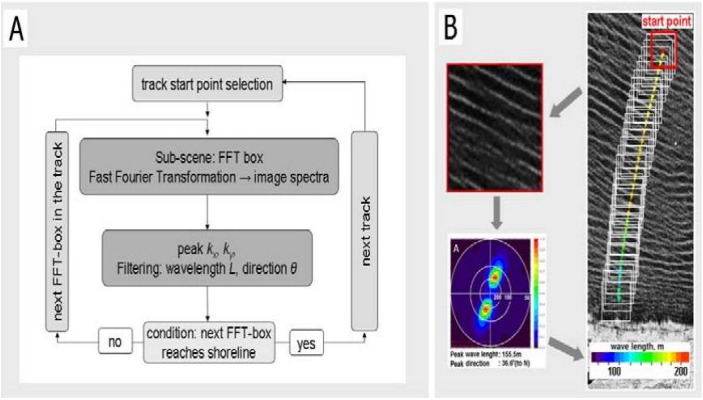


Figura 7. a) Algoritmo para rastrear o caminho associado ao raio de onda; b) exemplo de aplicação do método Pleskachevsky & Lehner, 2011 (PLESKACHEVSKY & LEHNER, 2011).

O sinal da imagem é interpretado quantitativamente em termos do espectro Wavelet que permite detetar a variação espacial do comprimento de onda ao longo da propagação da onda. O sinal analisado procura detetar a distribuição da intensidade do sinal para diferentes comprimentos de onda. O sinal de imagem é interpretado para duas direções diferentes, representando duas componentes do comprimento de onda. Em relação à componente horizontal, Lx, a técnica adotada apresenta bons resultados, indiciando uma tendência de diminuição no comprimento de onda espectável à medida que nos aproximamos da linha de costa. Curiosamente, para a componente vertical do comprimento de onda, Ly, não se vislumbra uma tendência clara dos resultados, pelo que esse diferente comportamento merece ser investigado.

Embora esta metodologia esteja num estágio inicial, a análise espectral aplicada parece fornecer uma boa resposta a áreas pouco profundas, expandindo o domínio de resultados da FFT na zona de rebentação.

AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos à FCT pelo apoio financeiro ao CESAM (UID/AMB/50017/2019) através de fundos nacionais e co-financiamento FEDER, dentro do Acordo de Parceria dos programas PT2020 e Compete 2020.

Este trabalho é uma contribuição para o projeto MarRISK: Adaptación costera ante el Cambio Climático: conocer los riesgos y aumentar la resiliencia (0262_MarRISK_1_E) financiado através do programa EP-INTERREG V A España-Portugal (POCTEP).

REFERÊNCIAS

ABREU, T.; SILVA, P.A. & FERREIRA, C. 2016. SPECTRAL ANALYSIS OF NONLINEAR AND NONSTATIONARY WAVES USING DIFFERENT TECHNICS. IN: 35TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL ENGINEERING (ICCE2016), ANTÁLIA, TURQUIA.

ALMEIDA, L.P.; MASSELINK, G.; RUSSELL, P.& DAVIDSON, M., 2015. OBSERVATIONS OF GRAVEL BEACH DYNAMICS DURING HIGH ENERGY WAVE CONDITIONS USING A LASER SCANNER. GEOMORPHOLOGY 228: 15–27.

BRODIE, K.L.; RAUBENHEIMER, B; ELGAR, S; SLOCUM, R.K. & MCNINCH, J.E. 2015. LIDAR AND PRESSURE MEASUREMENTS OF INNER-SURFZONE WAVES AND SETUP. J. ATMOS. OCEAN. TECHNOL, 32: 1945–1959.

BRUSCH, S.; HELD, P.; LEHNER, S.; ROSENTHAL, W. & PLESKACHEVSKY, A. 2011. UNDERWATER BOTTOM TOPOGRAPHY IN COASTAL AREAS FROM TERRASAR-X DATA. INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 32 (16): 4527-4543.

COHEN, A. & RYAN, R.D. 1995. WAVELETS AND MULTISCALE SIGNAL PROCESSING, 238P. DORDRECHT: SPRINGER. (ISBN 978-0-412-57590-7).

CHUI, C.K. 1992. AN INTRODUCTION TO WAVELETS, 266P. ACADEMIC PRESS. (ISBN:0-12-174584-8)

ESTEP, L.L., LILLYCROP, W.J., PARSON, L.E. 1994. ESTIMATION OF MAXIMUM DEPTH OF PENETRATION OF A BATHYMETRIC LIDAR SYSTEM USING A SECCHI DISK DATABASE. MARINE TECHNOLOGY SOCIETY JOURNAL 28(2): 31-36.

FERREIRA, Ó. 1993. CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS FACTORES CONDICIONANTES DO BALANÇO SEDIMENTAR E DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA ENTRE AVEIRO E O CABO MONDEGO. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, UNIVERSIDADE DE LISBOA, 166P.

IRISH, J.L., WHITE, T.E. 1998. COASTAL ENGINEERING APPLICATIONS OF HIGH-RESOLUTION LIDAR BATHYMETRY. COASTAL ENGINEERING, 35: 47-71.

JAWAK, S.D.; VADLAMANI, S.S. &LUIS, A.J. 2015. A SYNOPTIC REVIEW ON DERIVING BATHYMETRY INFORMATION USING REMOTE SENSING TECHNOLOGIES: MODELS, METHODS AND COMPARISONS. ADVANCES IN REMOTE SENSING, 4: 147-162.

KEARNS, T.A. & BREMAN, J. 2010. BATHYMETRY—THE ART AND SCIENCE OF SEAFLOOR MODELLING FOR MODERN APPLICATIONS. ESRI PRESS, 1-36.

LILLYCROP, W.J. E BANIC, J.R. 1992. ADVANC.E.M.ENTS IN THE U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS HIDROGRAPHIC SURVEY CAPABILITIES: THE SHOALS SYSTEM. MARINE GEODESY, 15: 177-185.

MATOS, J. 2017. ESTUDO DA HIDRODINÂMICA COSTEIRA COM RECURSO A DIFERENTES TÉCNICAS ESPECTRAIS. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO, 96P.

MISHRA, M.K.; GANGULY, D.; CHAUHAN, P. & AJAI. 2014. ESTIMATION OF COASTAL BATHYMETRY USING RISAT-1 C-BAND MICROWAVE SAR DATA. IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, 3 (11): 671-675.

MOURA, T.G.R. 2010. APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA DE HILBERT-HUANG PARA O ESTUDO DE ONDAS MEDIDAS POR PUV. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 119P.

NEVES, C.F.; MOURA, T.G.R. & FORTES, C.J. 2012. APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA DE

HILBERT-HUANG PARA CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA COSTEIRA. PARTE 1: GRANDEZAS ESCALARES. RBRH - REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS, 17 (2), 143-156.

PEREIRA, P.; BAPTISTA, P.; CUNHA, T.; SILVA, P.A.; ROMÃO, S. & LAFON, V. 2019. ESTIMATION OF THE NEARSHORE BATHYMETRY FROM HIGH TEMPORAL RESOLUTION SENTINEL-1AC-BAND SAR DATA-A CASE STUDY. REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 223, 166-178.

PLESKACHEVSKY A. & LEHNER S. 2011. ESTIMATION OF UNDERWATER TOPOGRAPHY USING SATELLITE HIGH RESOLUTION SYNTHETIC APERTURE RADAR DATA. IN: 4. TERRASAR-X SCIENCE TEAM MEETING, OBERPFAFFENHOFEN, ALEMANHA: 1-19.

EDITORES:
ANA CRISTINA ROQUE
DAVIS PEREIRA DE PAULA
JOÃO ALVEIRINHO DIAS
LUÍS CANCELA DA FONSECA
MARIA ANTONIETA C. RODRIGUES
MIGUEL DA GUIA ALBUQUERQUE
SÍLVIA DIAS PEREIRA



e-ISBN 978-85-87245-03-8