



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

Guilherme da Silva Rodrigues¹, Ulisses Rocha de Oliveira², Miguel da Guia Albuquerque³ & José Antônio de Antiqueira⁴.

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 escolhida para este estudo apenas a extensão da orla com urbanização na retaguarda com presença de um sistema praia-duna defrontante.

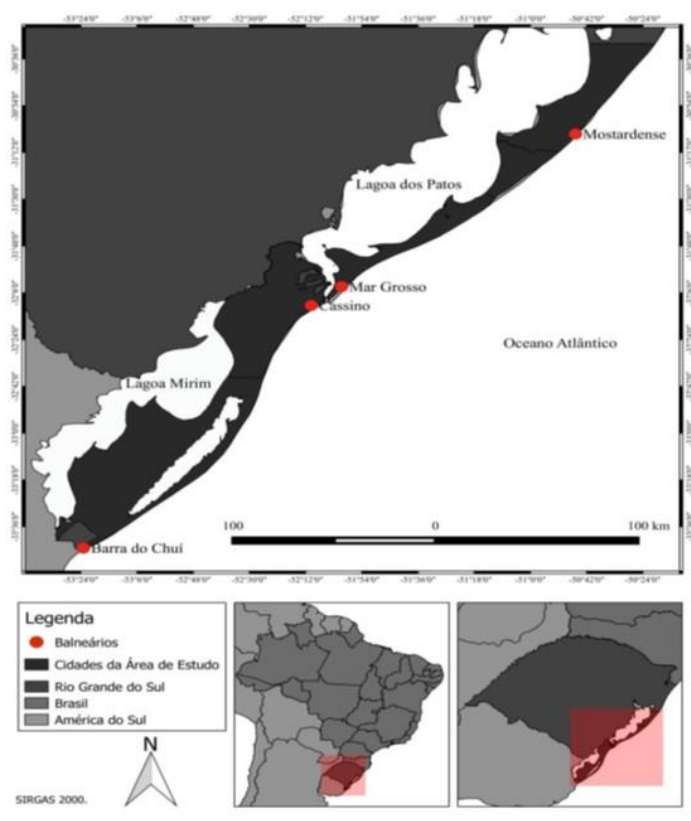


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Elaboração: Karine Bastos Leal.

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 embaçamento, 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, Glonass, 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 ortométrica. 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, porém 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 apresentar 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 $(\theta) = \hat{A} = \arctg DV/DH$. 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.

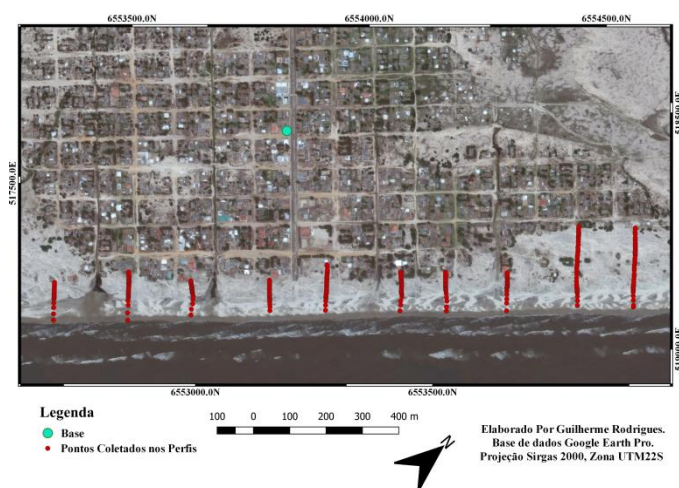


Figura 2. Localização do balneário Mostardense e dos 10 perfis medidos, estando o perfil 1 localizado mais a NNE e o perfil 10 mais a SSW da área.

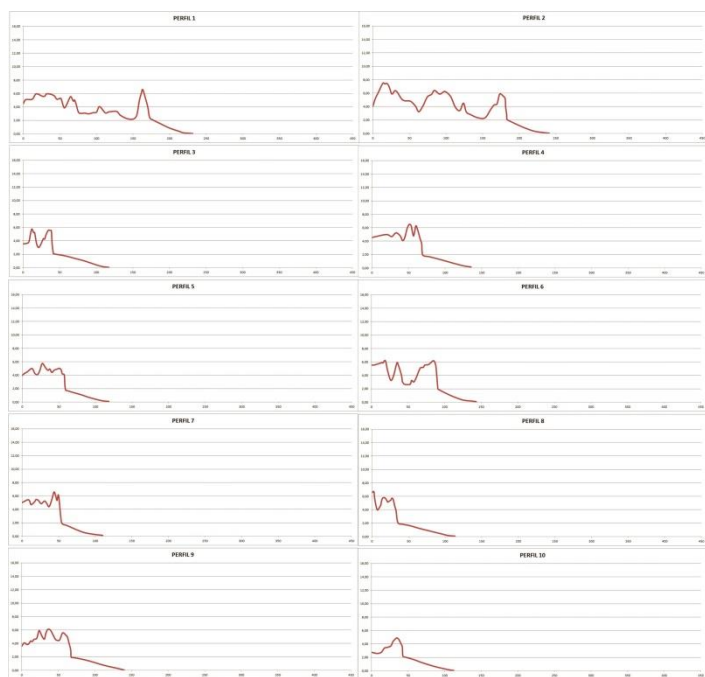


Figura 3: Topografia dos 10 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Mostardense.

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 1,5° no P9, mostrando uma praia de baixa declividade, porém com variações influenciadas por bermas e cúspides praias, 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.

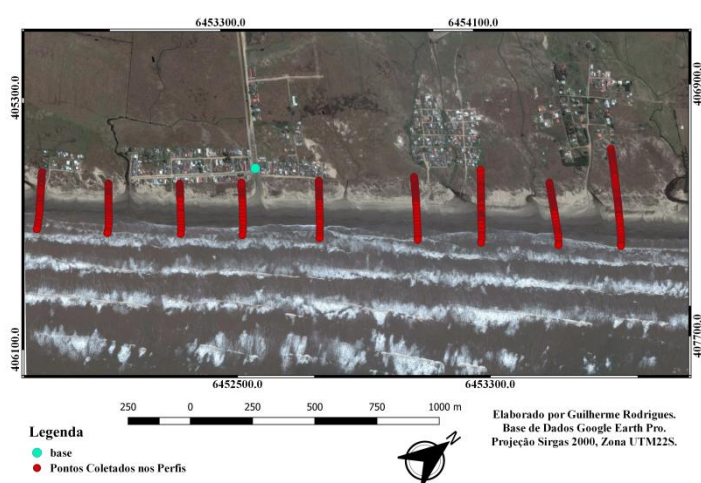


Figura 4. Localização do balneário Praia do Mar Grosso com localização dos 9 perfis medidos, estando o perfil 1 o situado mais a NNE e o perfil 9 mais a SSW da área.

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.

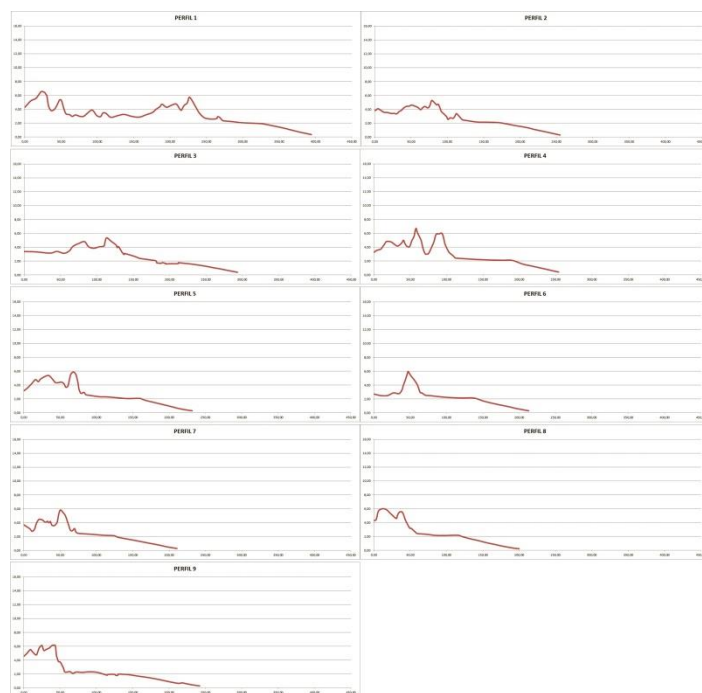


Figura 5. Topografia dos 9 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Praia do Mar Grosso.

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 $1,2^\circ$ no P1 a $0,6^\circ$ 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 praias 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.

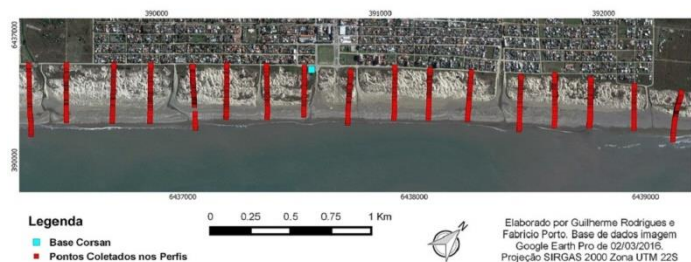


Figura 6. Localização do balneário do Cassino com localização dos perfis 17 perfis medidos, estando o perfil 1 situado mais a NE e o 17 mais a SW da área.

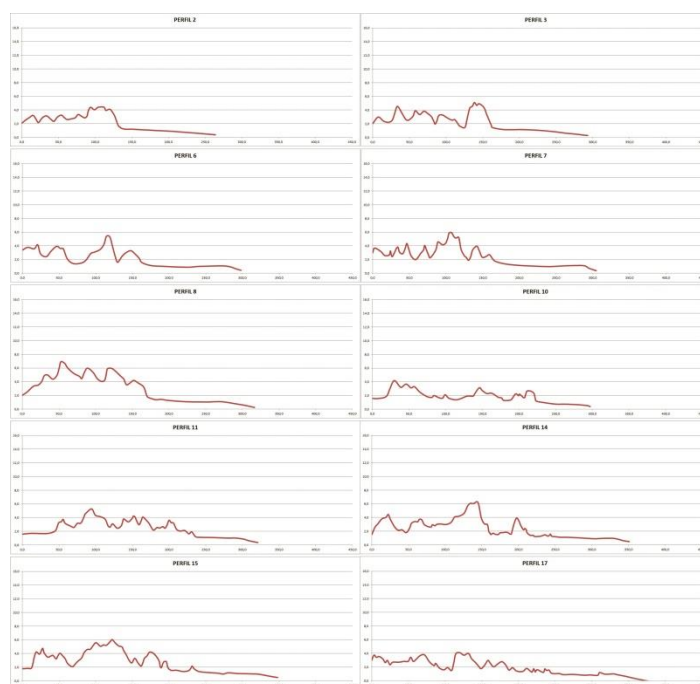


Figura 7. Topografia de 10 dos 17 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário Cassino.

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 $0,4^\circ$ no P14 a $1,1^\circ$ 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.

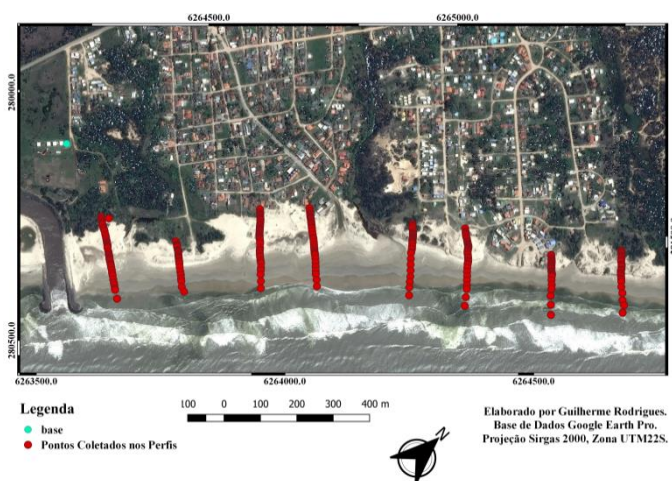


Figura 8. Localização do balneário da Barra do Chuí com localização dos 8 perfis medidos, estando o perfil 1 mais a NNE e o perfil 8 situado mais a SSW da área.

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.

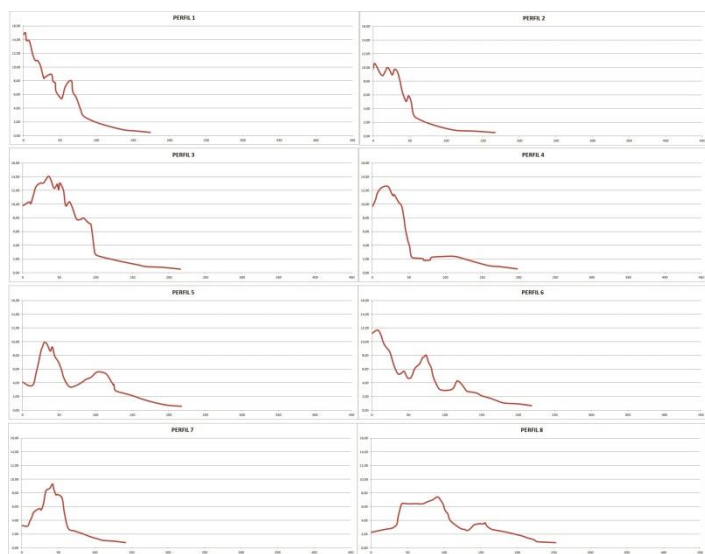


Figura 9. Topografia dos 8 perfis medidos do sistema duna praia na orla do balneário da Barra do Chuí.

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 0,9° 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 e 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.

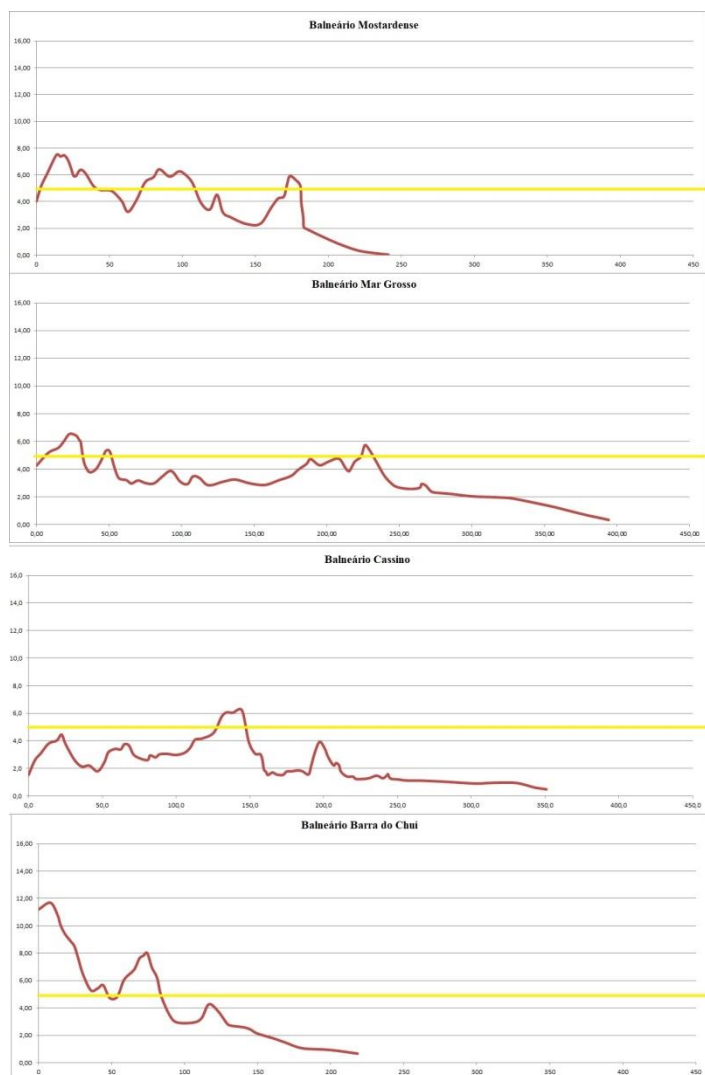


Figura 10. Perfis topográficos do sistema duna praia extraídos de cada balneário, destacando a cota de 5 metros, visando compará-los.

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, porém 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](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 marços 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 versus 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 Depositionais 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 Depositionais 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.
- VILLWOCK, 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.