

Capítulo II

PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DIANTE DE UMA POSSÍVEL ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR, COMO CONSEQUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE NITERÓI, RIO DE JANEIRO, BRASIL



PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DIANTE DE UMA POSSÍVEL ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR, COMO CONSEQUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE NITERÓI, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Vilmar Leandro Dias Ferreira¹; Elizabeth Santos Pereira²; Lucas Pluvie Souza de Mello³;
Rodrigo Amado Garcia Silva⁴; Fábio Ferreira Dias⁵

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas. Rua Passo da Pátria, nº 156, bloco D, sala 236, Campus Praia Vermelha, São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 24.210.240. vldferreira@id.uff.br (autor correspondente).

² Universidade Federal Fluminense - UFF. Bacharel em Ciência Ambiental. Departamento de Análise Geoambiental. Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 24.210.346. elizabethpereira@id.uff.br

³ Universidade Federal Fluminense - UFF. Bacharel em Ciência Ambiental. Departamento de Análise Geoambiental. Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 24.210.346. lucaspluvie@id.uff.br

⁴ Universidade Federal Fluminense – UFF. Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente. Rua Passo da Pátria, nº 156, bloco D, sala 218, Campus Praia Vermelha, São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 24.210.240. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Av. Athos da Silveira Ramos, 149, CT – Bloco A, 2º andar – sala DAPG, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 21.941.909. rodrigo_amado@id.uff.br

⁵ Universidade Federal Fluminense - UFF. Prof. Dr. Departamento de Análise Geoambiental. Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói, Rio de Janeiro – Brasil. CEP: 24.210.346. Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas. Rua Passo da Pátria, nº 156, bloco D, sala 236, Campus Praia Vermelha, São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro - Brasil. CEP: 24.210.240. fabioferreiradias@id.uff.br

RESUMO

As zonas costeiras configuram-se como locais de atração para as mais diversas populações, em virtude da oferta de recursos, dos pontos de acesso ao comércio marítimo e das atividades recreativas. No estado do Rio de Janeiro – região sudeste do Brasil – o município de Niterói caracteriza-se como uma destas áreas. Entretanto, a grande concentração urbana pode desencadear suscetibilidades diante de uma eventual elevação do nível das águas oceânicas. Desta forma, pretendeu-se, neste estudo, dimensionar alguns prováveis impactos no município, diante de uma possível subida de 2,50 metros do nível do mar: cenário que representa a projeção intermediária da National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA - de elevação de 1,20 metro do nível médio dos oceanos, acrescida da variação máxima do nível das águas durante as mais altas marés meteorológicas, associadas às máximas preamares de sizígia. Nas avaliações, foram utilizados: modelo digital de elevação, dados do censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e informações do setor imobiliário. De posse da altimetria, foram selecionados os setores censitários inseridos na área de inundação, de forma a se obter os dados referentes à população absoluta, número de domicílios e renda. Utilizaram-se sites especializados para levantamento dos valores médios dos imóveis por bairro. A simulação revelou que poderão ser diretamente atingidos pelas inundações aproximadamente 24.250 habitantes e 8.360 domicílios – já considerando projeções de crescimento populacional até 2041, segundo o IBGE, e posterior decréscimo. Verificou-se que Niterói tende a apresentar

sérios problemas de ordem socioeconômica: em bairros de menor renda per capita, serão necessárias interferências do Poder Público; em bairros de maior poder aquisitivo, poderá haver redução na arrecadação de impostos; e, de modo geral, poderá ocorrer perda de diversos assentamentos e destruição da infraestrutura urbana, dentre outros prejuízos.

Palavras-chave: zona costeira; vulnerabilidade; inundações; adaptação.

ABSTRACT

Coastal zones are regions of attraction for the most diverse populations, due to the availability of resources, recreational activities and access points to maritime trade. In the state of Rio de Janeiro – Southeast region of Brazil – the municipality of Niterói is one of these areas. However, the large urban concentration can trigger susceptibilities in face of an eventual elevation of oceanic water level. In this context, it was intended, in this study, to measure some possible impacts on the municipality, before a possible sea level rise of 2.50 meters: a scenario that represents the intermediate projection of the National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA of 1.20 meters elevation of the average ocean water level, associated with the maximum storm surge water level observed in the region and the maximum spring tide highwater level. In the evaluations, it were used: digital elevation model, 2010 demographic census data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics and information from the real estate sector. With altimetry, the

census sectors inserted in the flood area were selected, in order to obtain data regarding the absolute population, number of households and income. Specialized sites were used to survey the average property values by neighborhood. The simulation revealed that approximately 24,250 inhabitants and 8,360 households could be directly affected by the floods - already considering projections of population growth until 2041, according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics, and subsequent decrease. It was found that Niterói tends to present serious socioeconomic problems: in neighborhoods with lower per capita income, interference from the government will be necessary; in neighborhoods with higher purchasing power, there may be a reduction in tax collection; and, in general, there may be loss of several settlements and destruction of urban infrastructure, among other losses.

Keywords: coastal zone; vulnerability; floods; adaptation.

INTRODUÇÃO

Observações têm indicado um maior armazenamento de calor no sistema climático terrestre, relacionado principalmente ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa (GEEs), derivadas da combustão de combustíveis fósseis (CHURCH et al, 2013), e às mudanças de uso do solo (IPCC, 2007; IPCC, 2013; CAZENAVE & COZANNET, 2014). Entre os anos 1750 e 2011, a liberação, principalmente, do dióxido de carbono (CO₂), oriundo das atividades industriais e agrícolas, provocaram concentrações médias globais que aumentaram de 278 ppm para 390,5 ppm (IPCC, 2013) e, segundo a World Meteorological Organization - WMO, em 2018, alcançaram a marca de 407,8 ppm (WMO, 2019).

Como consequência, as variações da circulação atmosférica, das taxas de circulação, bem como da redistribuição espacial de massas e interações entre elas têm provocado aquecimento e desvios significativos do nível dos oceanos (NICHOLLS et al, 2014) e propiciado contribuições consideráveis quanto ao derretimento das camadas de gelo da Groenlândia e da Antártida, que se agravaram no início dos anos 1990 (CHURCH et al, 2013).

Modelagens de futuras mudanças climáticas, sob diferentes cenários de forçantes radiativas, indicam que o nível médio do mar (NMM) continuará subindo durante as próximas décadas e até mesmo séculos (IPCC, 2013). Estudos indicam que a maioria das latitudes médias do planeta poderá experimentar uma elevação mais próxima da média global, porém, nas regiões tropicais, a combinação entre os efeitos estéricos e eustáticos poderá amplificar este aumento entre 20% e 30% (CAZENAVE & COZANNET, 2014).

A elevação do nível do mar representa um efeito tangível e tratável, mas que poderá provocar desafios significativos para a sociedade a partir dos próximos 50 – 100 anos, ou até mesmo antes (HAUER et al, 2016), pois é muito provável que a taxa de subida exceda a taxa observada durante o período 1971-2010, de acordo com as projeções de RCP's (Representative Concentration Pathway), contidas no AR5 (Fifth Assessment Report) (IPCC, 2013).

Em simulações realizadas para o ano de 2100, através dos modelos CMIP5 e Sistema Terra, especificamente relacionadas às concentrações de CO₂, considerando-se cenários intermediários de emissões, estimaram-se: 538 ppm para a projeção RCP 4.5 e 670 ppm para a projeção RCP 6.0 (IPCC, 2013). No que diz respeito aos possíveis cenários de nível médio global do mar, correlacionados a estas projeções, para o período 2081 – 2100, em comparação com 1986 – 2005, as variações seriam da ordem de 0,32 m - 0,62 m para a RCP 4.5 e 0,33 m - 0,62 m para a RCP 6.0, podendo variar na faixa de 5% a 95% (CHURCH et al, 2013).

Conclusões preliminares sobre futuros impactos foram suscitadas, no sentido de que, até o final do século XXI, quase todo o litoral mundial será afetado (CAZENAVE & COZANNET, 2014). Além disso, poderá haver uma potencialização de certos eventos, influenciados pelos impactos provocados por ondas e inundações costeiras (NOAA, 2017).

Ressalta-se que as zonas costeiras caracterizam-se como locais de atração para as mais diversas populações, devido à oferta de recursos, às atividades recreativas e aos pontos de acesso ao comércio marítimo e, nas últimas décadas, essas

regiões têm passado por enormes mudanças, movidas pelo grande crescimento populacional e pelo acelerado desenvolvimento (CHOUDRI et al, 2014). Diante de um aumento do NMM, assentamentos urbanos e economia tenderão a ser severamente impactados por inundações, erosão (HALLEGATTE et al, 2013), submersão, aumento dos alagamentos e intrusão salina em águas superficiais e/ou subterrâneas (NICHOLLS et al, 2014; NOAA, 2015).

Neste contexto, pretendeu-se, neste estudo, dimensionar possíveis impactos socioeconômicos no município de Niterói, região metropolitana do estado do Rio de Janeiro – sudeste do Brasil -, diante de uma eventual subida das águas marítimas de 2,50 metros - cenário que representa a projeção intermediária da National Oceanic and Atmospheric Administration de elevação de 1,20 metro do nível médio dos oceanos (NOAA, 2017), acrescida da variação máxima do nível do mar durante as mais altas marés meteorológicas, associadas às máximas preamares de sizígia.

Área de estudo

No Brasil, a zona costeira abrange uma área de aproximadamente 737.400 km², que corresponde a cerca de 8,7% do território nacional. Vivem nesta região mais de 15,4% da população brasileira - em torno de 32,5 milhões de habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2020), numa faixa litorânea que se estende por mais de 8.500 km e abrange 443 municípios, pertencentes a 17 estados federativos (MMA, 2021).

Dentre estes municípios, Niterói, representado na Figura 1, possui um dos mais consideráveis adensamentos demográficos da zona costeira brasileira: são cerca de 3.800 habitantes/km² e população aproximada de 515 mil habitantes, numa área de 133,75 km² (IBGE, 2020). Limita-se ao norte com o município de São Gonçalo, a leste com o município de Maricá, a oeste com a Baía de Guanabara e ao sul com o Oceano Atlântico.

Antiga capital do Brasil – nos períodos 1835-1893 e 1903-1975 (IBGE, 2020) – o município atualmente é composto por cinco

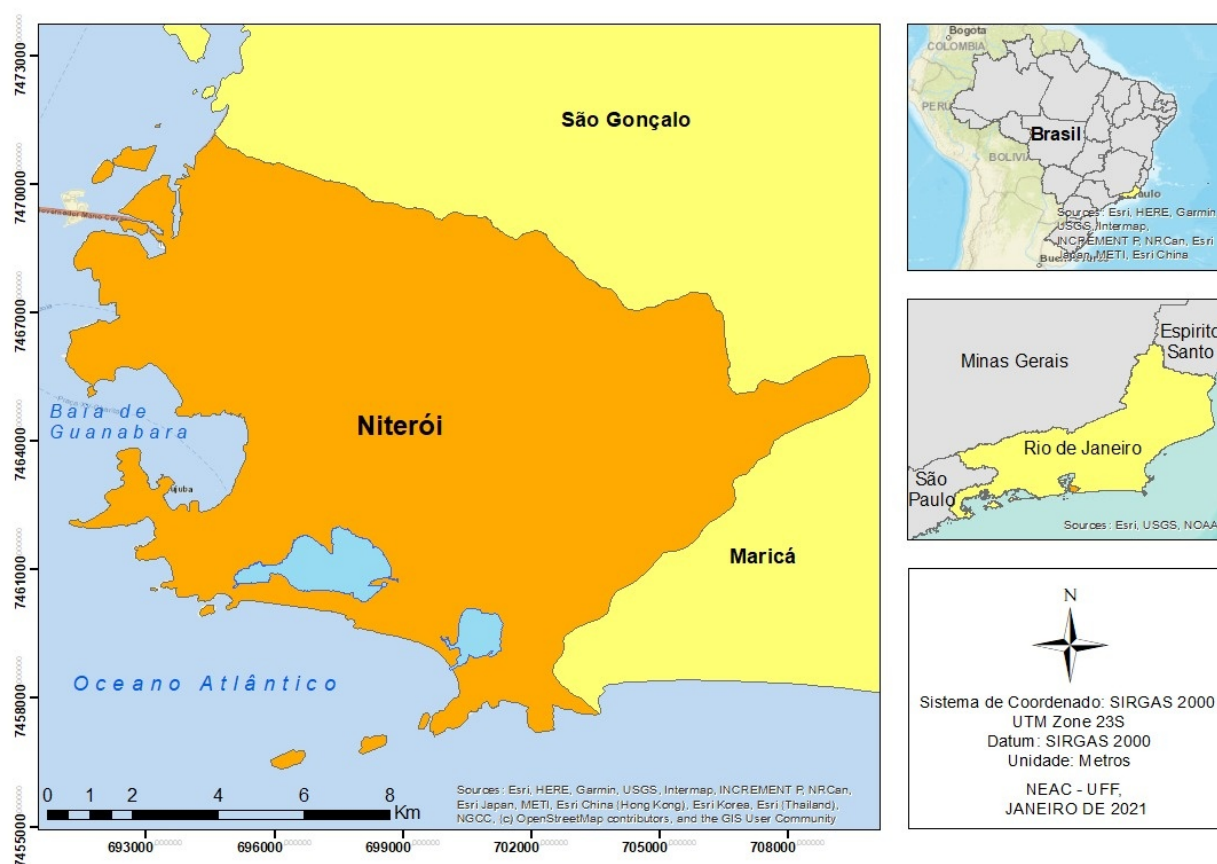


Figura 1. Mapa da área de estudo: município de Niterói, estado do Rio de Janeiro – sudeste do Brasil.

Regiões Administrativas de Planejamento, sendo três banhadas pelas águas oceânicas: Região Norte, Região Praias da Baía e Região Oceânica (NITERÓI, 2019).

A região costeira de Niterói é composta por uma série de ambientes de sedimentação quaternária, associados a sistemas deposicionais de origem continental e transicional marinho, que propiciaram o desenvolvimento de uma planície, em grande parte guiada pelas direções estruturais do embasamento geológico, numa faixa que é frequente a ocorrência de uma zona baixa ocupada por lagunas, confinadas pela formação de barreiras arenosas (CPRM, 2001).

Em termos de ocupação e vulnerabilidades a uma possível elevação do nível do mar, Niterói é caracterizado por duas macrorregiões distintas: macrorregião Baía de Guanabara, onde a ocupação se consolidou de forma complexa e desordenada, caracterizada por orlas abrigadas e semiabrigadas; e macrorregião Oceânica, onde houve um recente processo de expansão urbana, caracterizada por orlas expostas, voltadas para o oceano Atlântico, e por orlas abrigadas e semiabrigadas, nas áreas que abrangem o complexo lagunar Itaipu-Piratininga (PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI - PMN, 2011).

A área que compreende o município possui como clima peculiar, de acordo com a classificação de Köppen (1948), o tipo Aw: tropical, caracterizado por um inverno seco e verão chuvoso, com precipitação variando entre 750 mm e 1800 mm anuais e temperatura média do mês mais frio superior a 18° C (AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA - AGEITEC, 2020).

Em se tratando de Política Ambiental, foi desenvolvido no município de Niterói um Sistema de Adaptação às Mudanças do Clima, que visa a implementação de ações e esforços de mitigação e adaptação, voltados à elevação do nível do mar e à avaliação das vulnerabilidades e dos impactos em relação às mudanças climáticas. Neste sistema, deverá ser contemplada a adoção de planejamento estratégico de resiliência urbana, de preservação e qualificação dos ecossistemas, áreas verdes e iniciativas de baixas emissões de gases de efeito

estufa, de forma a evitar ou minimizar as perdas associadas, incluindo eventos climáticos extremos e de início lento (NITERÓI, 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

Na elaboração da simulação de elevação de 2,50 m do nível das águas marítimas foram realizadas as etapas abaixo descritas, representadas na Figura 2:

1) Vetorização da curva altimétrica de 2,50 m, que corresponde à projeção de elevação do NMM de 1,20 m, acrescida das máximas marés meteorológicas, concomitantes às máximas marés astronômicas positivas, registradas no Rio de Janeiro, que foram de 1,35 m, conforme base de dados GLOSS-BRASIL (2017), em registros do período 1963-2017 – aproximado para 1,30 m, por adequação ao SIG. Na vetorização, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação, obtido por tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), disponível no portal SIGeo/Niterói, e o processamento foi realizado através do SIG ArcGis, versão 10.5; e

2) Sobreposição, utilizando-se o programa ArcGis, do shapefile gerado ao shapefile de uso e ocupação do solo, disponível no portal SIGeo/Niterói (PMN, 2020), e ao shapefile de setores censitários, disponível na página do IBGE (2018), visando-se obter as áreas de interseção, que representam as possíveis áreas de inundação.

Posteriormente, analisaram-se possíveis danos socioeconômicos, relacionados aos seguintes aspectos:

1) Cálculo percentual das classes de uso e ocupação do solo, inseridas na área de interseção;

2) Cálculo da população e do número de domicílios, inseridos na área de interseção. Contudo, observou-se que as curvas altimétricas vetorizadas interceptam diversos setores censitários, reduzindo a precisão referente aos quantitativos. Desta forma, foi efetuado cálculo proporcional entre a área do shapefile correspondente a cada cenário e a área total dos setores censitários (incluindo os totalmente contidos na faixa altimétrica e os interceptados pela curva), obtendo-se quantidades mais próximas da realidade;

3) Estimativa dos possíveis impactos

econômicos, levando-se em conta os domicílios atingidos. Utilizou-se, para este fim, o parâmetro “valor de mercado”: valor médio dos imóveis, por Região Administrativa, relativo ao mercado imobiliário. Pesquisaram-se, neste caso, websites de grandes empresas especializadas, como: OLX (2020) e MERCADO LIVRE (2020). Foram analisados cerca de 10.000 anúncios de cada empresa (na primeira, referentes ao mês julho de 2020 e, na segunda, todos os disponíveis), relacionados a dez bairros – os mais representativos e em que os anúncios ocorrem de forma concomitante nas duas páginas. Adotou-se o critério amostral à base de 5%, sendo selecionado o 20º, 40º, 60º, 80º, 100º ... anúncio, e assim

sucessivamente, extraindo-se a média simples por bairro. Nas situações de incoerência do anúncio, selecionou-se o primeiro subsequente. Considerou-se como valor médio dos imóveis a média simples dos bairros analisados, em cada Região Administrativa, com parcelas na faixa altimétrica. Por fim, os valores obtidos foram multiplicados pela quantidade de domicílios; e

4) Levantamento de outros aspectos ambientais significativos, em termos físicos, biológicos, sociais e econômicos, passíveis de sofrerem impactos em decorrência de uma eventual subida do nível das águas marítimas, através de fontes bibliográficas primárias, tal qual o Projeto Orla (PMN, 2011), incluindo: colônias de

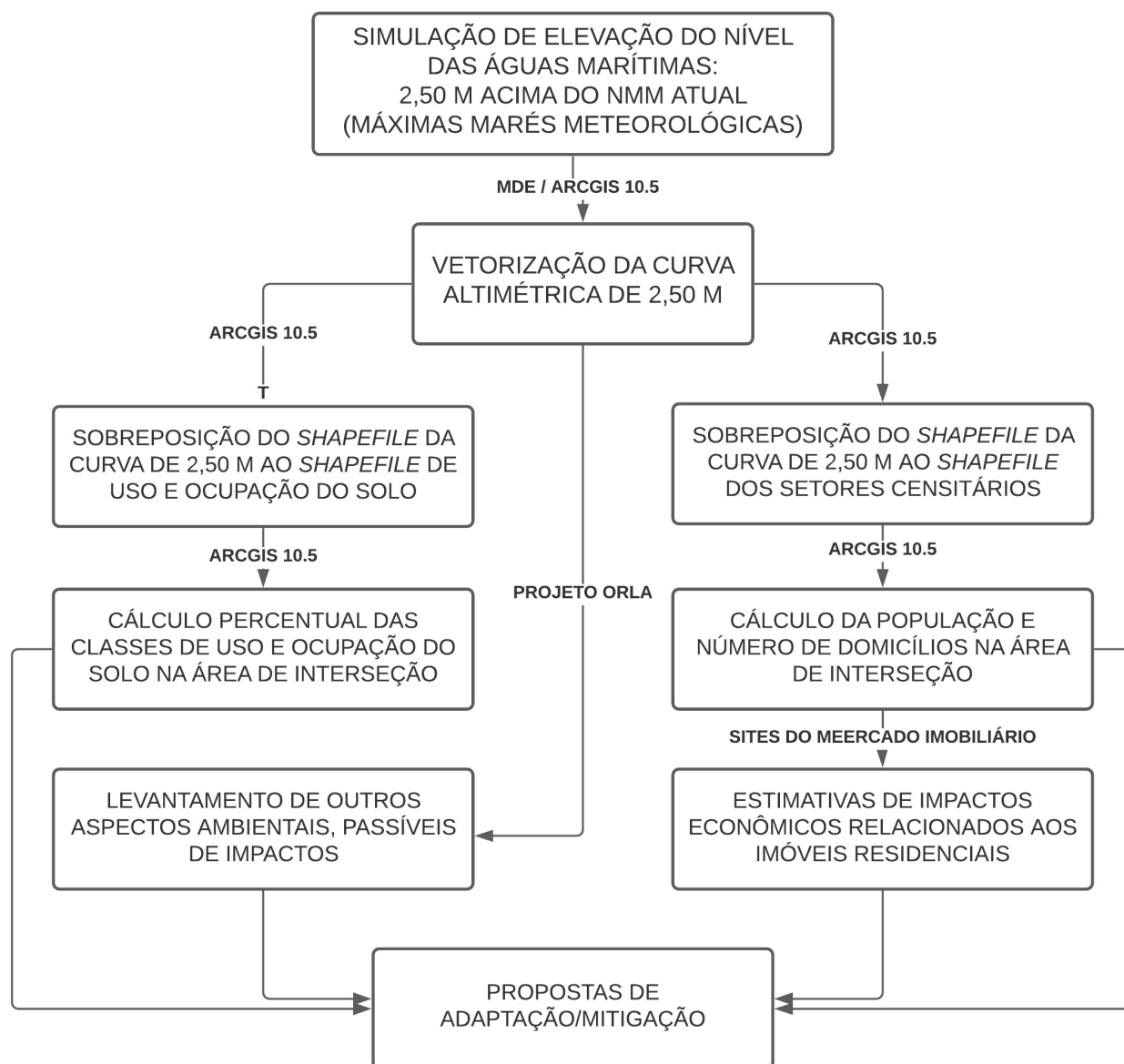


Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada na simulação de uma eventual elevação de 2,50 m do nível das águas marítimas, em situação de ocorrência de máxima maré meteorológica, associada à máxima maré astronômica, conforme registros no estado do Rio de Janeiro.

pescadores, estações de transporte marítimo, empresas de reparos e construção naval, áreas aterradas, universidade, sambaquis, mangues, etc.

Por fim, foram apresentadas propostas de adaptação/mitigação aos possíveis impactos provocados pelo aumento do nível médio do mar, para cada segmento analisado, de acordo com os resultados encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se o cenário de elevação de 1,20 m, acrescido das máximas marés meteorológicas positivas, associadas às máximas preamares de sizígia, registradas no estado do Rio de Janeiro no período 1963-2017 - aproximadamente 1,35 m (GLOSS-BRASIL, 2017), o nível das águas deverá alcançar a cota de 2,55 m acima do nível médio atual (aproximado para 2,50 m, neste trabalho, por adequação ao SIG), conforme representação de Figura 3.

Os resultados pertinentes ao uso e ocupação do solo, representados por nove classes, na faixa altimétrica de até 2,50 m acima do NMM atual, encontram-se dispostos na Tabela I e as áreas de inundação, por região administrativa, encontram-se ilustradas na Figura 4. A classe “corpo hídrico”, em especial, terá um acréscimo de aproximadamente

15.236.892 m², que corresponde a um aumento de 332,18%, e totalizará área em torno de 19.800.137 m². Nas condições atuais, a classe compreende área de 4.586.978 m².

Dentre as áreas territoriais inundadas, configuram-se como classes mais representativas: “cobertura vegetal”, com 41,11% das áreas vegetadas das três regiões administrativas e 13,75% do município; “urbano”, com 21,46% das áreas urbanas das três regiões e 8,13% do município; e “industrial”, com 90,46% das três regiões e 77,61% do município.

Considerando-se a possível área total de inundação, a classe “cobertura vegetal” representa uma parcela de 53,88% (8.210.236 m²), “urbano”, parcela de 23,65% (3.063.755 m²), e “industrial”, 7,65% (1.165.926 m²). Na Figura 5, encontra-se a ilustração gráfica das classes de uso e ocupação do solo na faixa de 2,50 m, que correspondem às eventuais áreas de inundação.

Nestas condições, a Região Norte terá a classe “industrial” como a mais atingida, com 839.229 m² de áreas inundadas, seguida de “urbano” e “cobertura vegetal”, com 445.645 m² e 380.844 m², respectivamente. Estima-se que 95,37% das áreas industriais sejam inundadas nesta região, onde funcionam diversos empreendimentos de reparo e construção naval – ilustrados em Figura

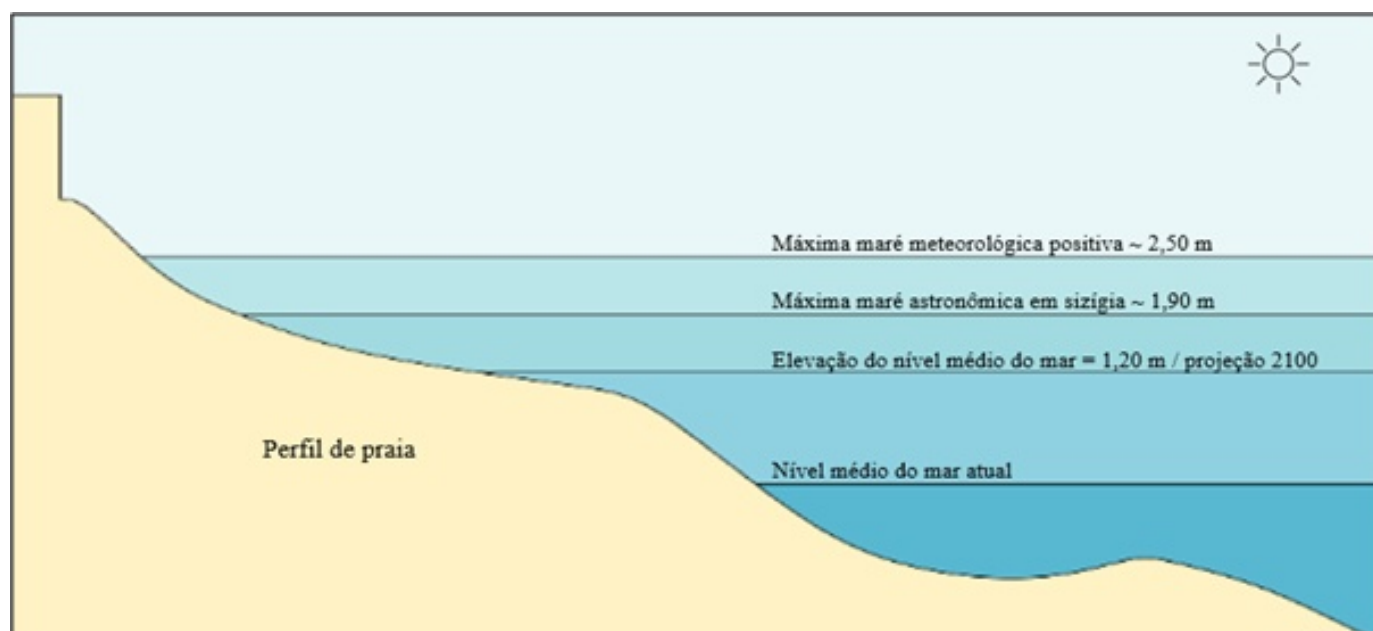


Figura 3. Esquema de perfil de praia, representando: nível médio do mar atual, em condição de elevação de 1,20 m; máxima maré astronômica em preamar de sizígia; e máxima maré meteorológica positiva.

Tabela 1 - Uso e ocupação do solo no município de Niterói, nas regiões de planejamento Norte, Praias da Baía e Oceânica, na faixa altimétrica de 2,50 m acima do NMM atual.

CLASSE	MUNICÍPIO (m²)	REGIÃO (m²)			FAIXA DE 2,50 M (m²)	REGIÃO (m²)			
		NORTE	PRAIAS DA BAÍA	OCEÂNICA		TOTAIS	NORTE	PRAIAS DA BAÍA	OCEÂNICA
AFLORAMENTO ROCHOSO	2.750.846	19.689	665.967	843.307	1.528.964	1.172.666	0	482.230	690.435
AGRÍCOLA	319.837	11.720	228	1.691	13.640	0	0	0	0
COBERTURA VEGETAL	59.725.171	637.865	6.636.763	12.695.282	19.969.910	8.210.236	380.844	4.479.567	3.349.824
INDUSTRIAL	1.502.375	879.955	408.901	0	1.288.857	1.165.926	839.229	326.697	0
MILITAR	887.314	0	299.123	169.013	468.137	411.707	0	242.918	168.789
OCUPAÇÃO DESORDENADA	9.270.956	295.780	1.083.407	249.123	1.628.310	199.960	70.843	60.063	69.052
PRAIA	505.833	8.656	237.657	258.902	505.216	472.640	8.656	205.081	258.902
URBANO	44.307.123	2.532.135	6.579.243	7.680.847	16.792.225	3.603.755	445.645	1.275.842	1.882.267
ÁREAS CONTINENTAIS	119.269.460	4.385.803	15.911.292	21.898.167	42.195.263	15.236.892	1.745.219	7.072.401	6.419.271
CORPO HÍDRICO	4.683.083	7.800	20.715	4.558.462	4.586.978	4.563.245	6.860	8.493	4.547.890
TOTAIS	123.952.543	4.393.604	15.932.007	26.456.630	46.782.242	19.800.137	1.752.079	7.080.895	10.967.162

Fonte: PMN, 2020.

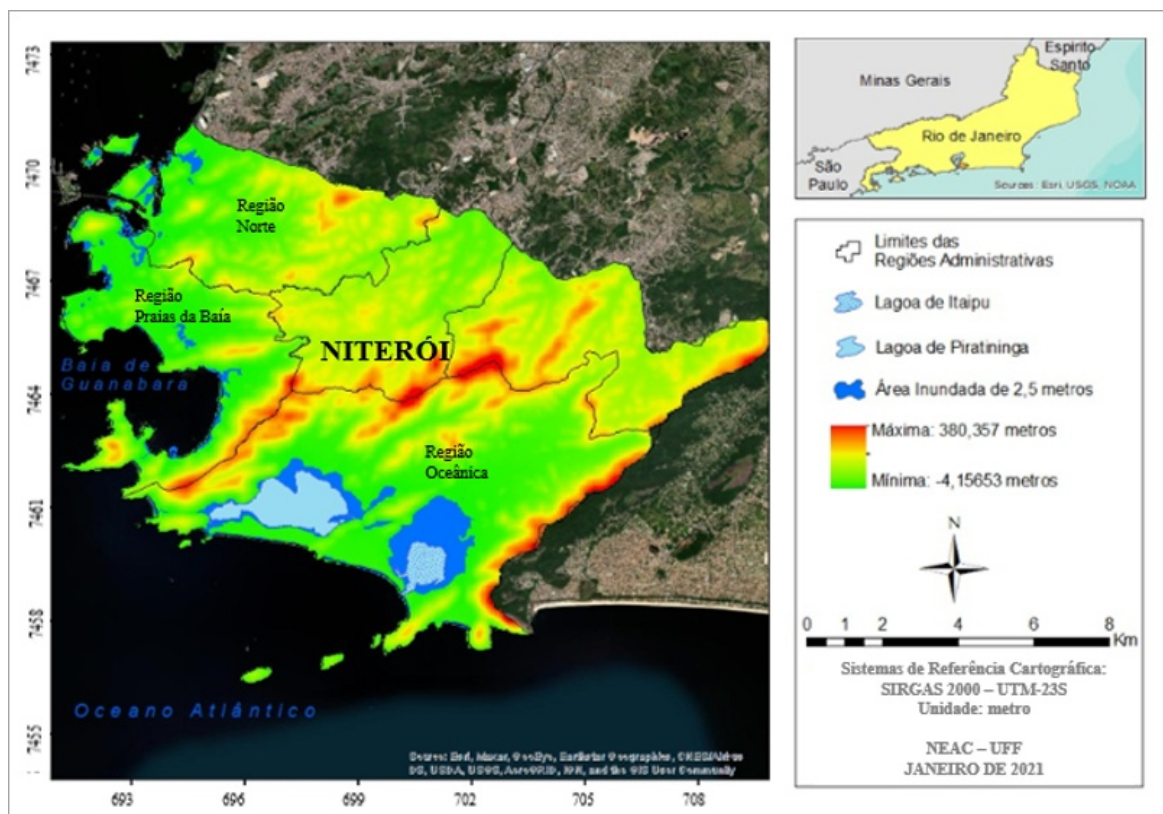


Figura 4. Áreas de inundação no município de Niterói, diante de um cenário de inundação de 2,50 m acima do NMM atual.

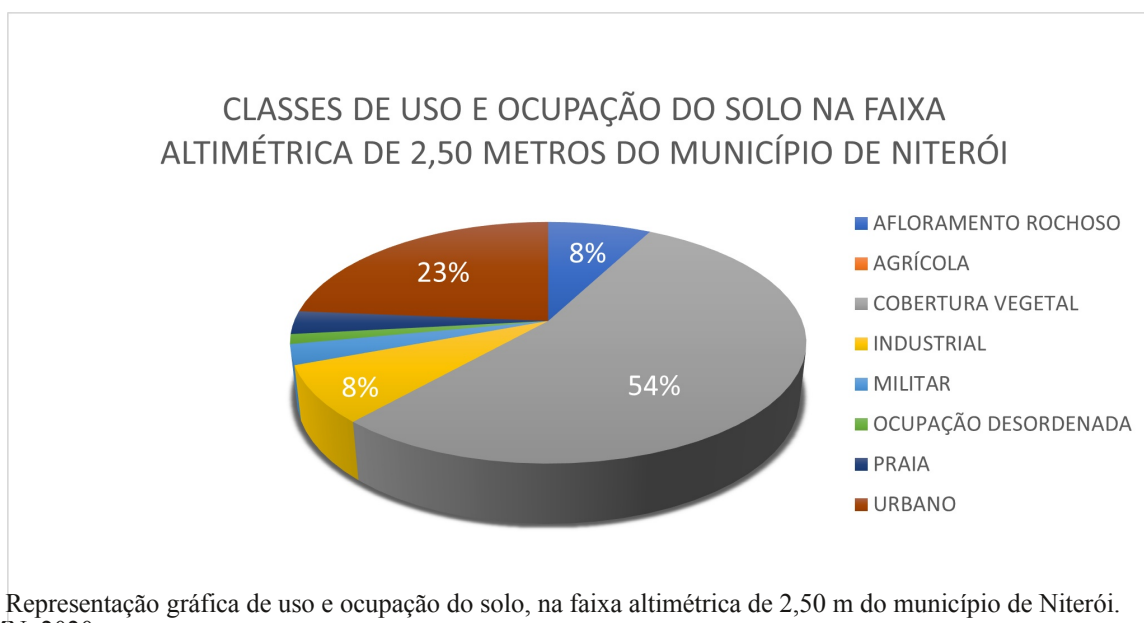


Figura 5. Representação gráfica de uso e ocupação do solo, na faixa altimétrica de 2,50 m do município de Niterói. Fonte: PMN, 2020.

6. Os poucos remanescentes de praia deverão ser totalmente suprimidos, tal qual o fragmento da “quase extinta” Praia do Barreto, ilustrado na Figura 7, onde ainda funciona uma Colônia de Pescadores.

A Região Praias da Baía terá as classes “cobertura vegetal” e “urbano” como as mais atingidas, totalizando 4.479.567 m² e 1.275.842 m², respectivamente, de áreas inundadas. Na Região

Oceânica, haverá inundação de 3.349.824 m² da “cobertura vegetal”, de 1.882.267 m² da classe “urbano” e as “praias”, cujas áreas totalizam 258.902 m², deverão ser totalmente suprimidas, neste cenário de subida de 2,50 m das águas marítimas.

Outros autores utilizaram de técnicas e projeções semelhantes, no dimensionamento de possíveis áreas de inundação: AL-AWADHI et al

(2016), em Dhofar - Oman, em simulação de elevação do nível das águas de 2,00 m, estimaram 39,1 km² de áreas inundadas; PASSOS et al (2018), em cenário de elevação de 2,15 m, no município de Mangaratiba, Rio de Janeiro - Brasil, estimaram cerca de 25,73 km² de áreas inundadas. Embora estes locais se configurem como de topografias distintas, comparativamente à Niterói, vale frisar a importância da utilização de ferramentas de SIG, para estes tipos de avaliações, de forma a auxiliar outros estudos e decisões por parte do Poder Público.

No que diz respeito aos impactos socioeconômicos, dispostos na Tabela II, apresentaram-se como consideravelmente significativos, com mais de 24.200 pessoas e 8.300 domicílios possivelmente atingidos pelas águas marítimas, já considerando projeções de crescimento populacional até 2041 e posterior decréscimo, segundo o IBGE (2021). Na Região Norte, estimam-se cerca de 923 domicílios e 2.747 pessoas residentes. Na Região Praias da Baía, onde o adensamento demográfico é maior, aproximadamente 3.285 domicílios e 8.559 moradores – Icaraí configura-se como o bairro mais atingido: cerca de 2.000 domicílios e 5.000 pessoas residentes. E, na Região Oceânica (a mais impactada), em torno de 4.155 domicílios e 12.947 pessoas – Piratininga configura-se como o bairro mais fortemente atingido: em torno de 2.700 domicílios e 8.700 moradores.

Com relação às perdas econômicas, em se tratando exclusivamente de domicílios possivelmente atingidos, considerando-se valores atuais do mercado imobiliário, estimam-se

prejuízos da ordem de aproximadamente US\$ 1,58 bilhão (€ 1,31 bilhão e R\$ 8,31 bilhões) no município de Niterói, caso nenhuma medida de adaptação seja adotada. A Região Norte deverá ser, nesta questão, a menos impactada, com perdas em torno de US\$ 52,94 milhões (€ 43,87 milhões e R\$ 279,00 milhões). Na Região Praias da Baía (Figura 8), estimam-se prejuízos de aproximadamente US\$ 542,69 milhões (€ 449,69 milhões e R\$ 2,86 bilhões). E, na Região Oceânica (Figura 9), onde as áreas inundadas deverão ser bem mais significativas, as perdas deverão ser da ordem de US\$ 981,02 milhões (€ 812,89 milhões e R\$ 5,17 bilhões).

ZHANG et al (2011), em estudos realizados no arquipélago Florida Keys – EUA, em cenário de elevação de 1,80 m do nível do mar, estimaram prejuízos da ordem de US\$ 30,65 bilhões (cerca de € 25,40 bilhões e R\$ 161,50 bilhões), relativas ao valor das propriedades, seguindo projeções do mercado imobiliário. No Brasil, MARENGO et al (2017), em estudos realizados nas regiões SE e NW do município de Santos, estado de São Paulo, numa eventual subida do nível médio do mar de 0,45 m, estimaram danos de aproximadamente de US\$ 425 milhões (cerca de € 352,20 e R\$ 2,24 bilhões, se nenhuma medida de adaptação for adotada). Nas pesquisas realizadas por PASSOS et al (2018), em Mangaratiba, estado do Rio de Janeiro, num possível cenário de variação do nível das águas de 2,15 m, os autores estimaram perdas da ordem de US\$ 17,44 bilhões (cerca de € 14,45 bilhões e R\$ 91,90 bilhões), utilizando-se como método o valor do metro quadrado de solo, equivalente, à ocasião, a US\$ 877,61 (cerca de € 561,48 e R\$ 3.571,00).



Figura 6. Imagem das áreas industriais na Região de Planejamento Norte de Niterói: vista do bairro Barreto e, ao fundo, bairro Ilha da Conceição.



Figura 7. Imagem de remanescente da antiga Praia do Barreto, na Região de Planejamento Norte de Niterói, onde funciona uma Colônia de Pescadores.

Tabela II - População, número de domicílios e perdas econômicas relativas aos domicílios residenciais possivelmente atingidos, num eventual cenário de elevação do nível das águas marítimas de 2,50 m acima do NMM atual.

CLASSE	FAIXA DE 2,50 M DE ALTITUDE	REGIÃO		
		NORTE	PRAIAS DA BAÍA	OCEÂNICA
POPULAÇÃO (Unidade)	24.253	2.747	8.559	12.947
DOMICÍLIOS (Unidade)	8.363	923	3.285	4.155
VALOR DE MERCADO TOTAL (R\$)	8.312.779.349,50	278.698.927	2.864.642.366,25	5.169.438.056,25

Fonte: IBGE, 2018; Mercado Livre, 2020; OLX, 2020.

Nestes casos, a abordagem foi realizada de maneira ampla, englobando-se todos os tipos de usos, diferentemente do presente estudo, em que foi voltada exclusivamente às propriedades residenciais.

No que diz respeito aos níveis das águas em função das ondas de tempestade, ressalta-se que, conforme as ondas se aproximam da orla, ocorre um alívio no nível médio da água, causado pela redução da altura da onda ao longo da zona de arrebentação - fenômeno este conhecido por wave set-up, definido como a variação na configuração da onda na zona de arrebentação, cuja altura, como regra geral, varia na ordem de 20% da altura significativa da onda offshore (MANGOR et al, 2017). Desta forma, levando-se em conta as maiores alturas das ondas registradas no litoral do estado do Rio de Janeiro e/ou do município de Niterói, com variações de aproximadamente 3,00 m - 4,00 m, numa eventual elevação do nível do mar de 2,50 m, as águas alcançariam, no máximo, variações de 3,10 m – 3,30 m.

Neste sentido, muito provavelmente, a

sobre-elevação do nível das águas, relacionadas às ondas de tempestade, não ultrapassariam o limite das estruturas urbanas, que são superiores a cota de 6,00 m - considerando-se as análises de perfil de praia realizadas por ECCARD et al (2017), nas praias de Piratininga e de Camboinhas, e por PEREIRA et al (2017), na praia de Piratininga - e não atingiriam os imóveis residenciais. Entretanto, os danos provocados a tais estruturas tenderiam a ser cada vez mais severos e necessitariam de estudos específicos, pertinentes à energia das ondas e à dinâmica de sedimentos, visando a adoção de medidas proteção da linha de costa.

Propostas de adaptação

Diante dos possíveis impactos decorrentes da elevação do nível do mar, métodos de proteção costeira deverão ser inevitavelmente implementados, desde os mais tradicionais, como defesas longitudinais, esporões, quebra-mares, engordamento artificial de praia, etc., até os menos tradicionais, utilizados normalmente em ambientes

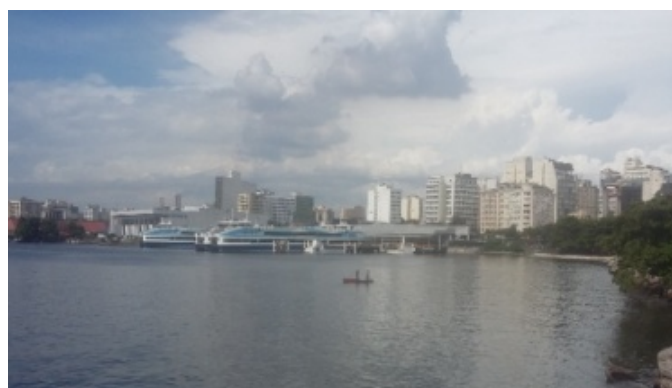


Figura 8. Imagem da urbanização na Região de Planejamento Praias da Baía, no Centro do município de Niterói, Rio de Janeiro. Da esquerda para direita, observam-se: terminal rodoviário, terminal hidroviário, fragmento da “extinta” Praia Grande e enrocamento destinado à proteção costeira.

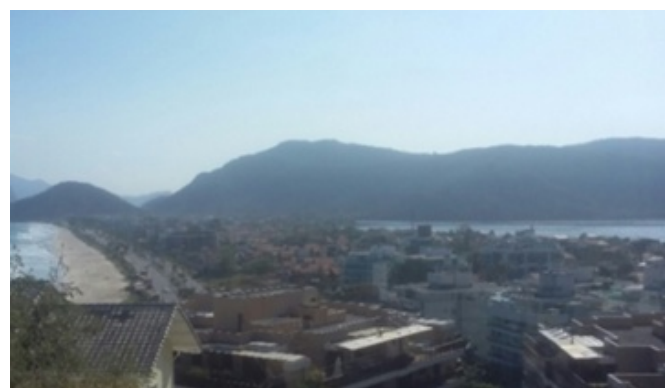


Figura 9. Imagem de intensa urbanização sobre o cordão arenoso que abriga a Lagoa de Piratininga, na Região de Planejamento Oceânica do município de Niterói, Rio de Janeiro.

de menor energia, mas que podem ser adotados, suficientemente, como formas de mitigação: muros de gabião, sacos de polipropileno, geotêxteis, e outros (FORTUNATO et al, 2008).

As medidas devem seguir as melhores versões de projetos e um planejamento preventivo poderá reduzir diversos futuros problemas (MURALI & KUMAR, 2015). A eficácia do empreendimento deve ser sempre comparada e avaliada, especialmente com relação aos custos, que podem abranger planejamento e engenharia, material, mão-de-obra, implementação, gestão e manutenção (JONKMAN et al, 2013), e a escolha deve seguir um viés tanto técnico quanto sociopolítico, abordando-se quais opções são desejáveis, acessíveis e sustentáveis, a longo prazo, com iniciativas de proteção, acomodação e realocação de pessoas (NICHOLLS & CAZENAVE, 2010).

Levando-se em conta as questões suscitadas neste trabalho, quanto aos possíveis impactos provocados pela elevação do nível das águas no município de Niterói, com perspectivas para o ano 2100 e, também, as diversas opções de controle/proteção existentes, são sugeridas, de maneira sucinta, medidas de adaptação que sejam viáveis e, ao mesmo tempo imprescindíveis, para cada tipo de segmento analisado, de acordo com os aspectos físicos e processos de uso e ocupação predominantes:

1) Em áreas abrigadas ou semiabrigadas, representadas pelas orlas da Baía de Guanabara e do complexo lagunar Itaipu-Piratininga, obras de contenção, em trechos que ainda não existem, serão necessárias, através da construção de anteparos ou diques, além de medidas de adaptação para o ambiente urbano em função dos alagamentos, como a implementação de sistemas de bombeamento em larga escala para remoção de águas pluviais, tal qual os utilizados em Nova Orleans - EUA (JONKMAN et al, 2013), principalmente durante eventos de chuvas intensas, que tendem a reduzir os gradientes de drenagem, em função da subida do nível do lençol freático (MURALI & KUMAR, 2015).

Anteparos são estruturas construídas em forma de muros verticais, em concreto, aço, madeira ou pedras, normalmente, utilizados na

prevenção de deslizamentos de terra, mas que podem funcionar também como medida de proteção da costa contra a ocorrência de danos provocados pela ação de ondas leves ou moderadas. Apesar de não serem recomendados contra erosão costeira, podem ser utilizados contra o aumento do nível do mar, em litorais protegidos. Os diques são estruturas de defesas marítimas compostas por areia, cobertas por uma camada de solo campestre e grama (ou revestimento em concreto, na parte frontal, caso seja necessário), indicados na proteção de costas baixas e interiores costeiros das inundações decorrentes de altas marés (MANGOR et al, 2017).

Com relação às áreas de proteção natural, representadas principalmente por manguezais, apesar da quase extinção na região da baía de Guanabara, ocorreu, na Região Oceânica, um crescimento considerável desta vegetação no entorno da lagoa de Itaipu, decorrente da abertura de um canal artificial para o mar (PMN, 2018). Todavia, uma eventual elevação de 1,20 m do NMM poderá comprometer de maneira bastante significativa a manutenção deste ecossistema, tendo em vista a inexistência de áreas de migração, ocasionada pela acentuada urbanização no entorno do complexo lagunar. Uma solução voltada à realocação de pessoas, visando-se recuperar tais espaços, seria pouco viável, pois trata-se de área relativamente valorizada por parte do mercado imobiliário (OLX, 2020; MERCADO LIVRE, 2020).

Quanto aos custos de implementação, assim como a durabilidade das estruturas, irão depender dos tipos de projetos que venham a ser aprovados pelo Poder Público local e da dinâmica dos fenômenos oceanográficos que venha a se configurar com as alterações climáticas e seus impactos e vulnerabilidades relacionadas (BRASIL - GRUPO DE INTEGRAÇÃO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO – GI-GERCO/CIRM, 2018).

2) Na Região Oceânica, onde a vulnerabilidade à ação das ondas tende a aumentar com a subida do NMM, uma combinação de métodos, precedida de avaliações criteriosas, relativas aos possíveis impactos ambientais e/ou morfológicos, pode ser sugerida como forma de

mitigação/adaptação (MANGOR et al, 2017), como por exemplo: construção de quebra-mares - preferencialmente submersos, por provocarem menor impacto ambiental -, concomitantemente à alimentação artificial de praia, além de, quando possível, manutenção da vegetação nativa - propostas que se assemelham às oferecidas por FORTUNATO et al (2008), visando solucionar problemas erosivos detectados na praia de Hac-Sá, na ilha de Coloane, em Macau.

Quebra-mares são estruturas paralelas ou quase paralelas à costa, construídas dentro ou fora da zona de surf, com a finalidade de proteger cais de navios da ação das ondas ou como medida de proteção litorânea. De modo geral, tendem a modificar a dinâmica de transporte de sedimentos na parte à sotavento da estrutura, resultando em alterações físicas na costa ao longo do tempo, que variam de acordo com os parâmetros: comprimento da estrutura, distância para a linha de costa e largura da zona de surf. Em termos ambientais, pode ocorrer a retenção de algas marinhas e detritos flutuantes na baía que é formada, além de proporcionarem um certo impacto visual, pois se configuram como um elemento estranho na paisagem, que prejudicam a visão para o mar (MANGOR et al, 2017).

Quebra-mares submersos permitem alguma transmissão de ondas, de modo mais ameno, reduzindo ou evitando eventual erosão do ambiente praial. A redução da capacidade de transporte longitudinal de sedimentos é menor que a de um quebra-mar emerso. Positivamente, não provocam impacto visual, os custos de construção são menores que os custos dos quebra-mares emersos e funcionam de maneira similar a um recife natural, atraindo espécies marinhas. Quando combinados com monitoramento e manutenção das faixas praiais, podem proporcionar ambientes propícios à recreação (MANGOR et al, 2017).

A alimentação praial, exemplificada em Figura 10, caracteriza-se como a adição de sedimentos ao perfil de praia submerso e subaéreo, visando a reconstrução deste, além de ser utilizada para manter o balanço de sedimentos na região, em situações de erosão costeira (BRASIL - GI-GERCO/CIRM, 2018). É um método muito flexível e bem

adequado para a acomodação do aumento do nível do mar, em que novos engordamentos, em volumes ou intervalos, podem ser facilmente ajustados no futuro, caso sejam necessários (MANGOR et al, 2017). Em termos de impactos aos ecossistemas, tendem a provocar uma zonação morfológica e ecológica, diferentemente das estruturas rígidas, que podem levar a uma perda de espécies costeiras (BRASIL - GI-GERCO/CIRM, 2018).

A combinação de métodos, conforme exemplo de Figura 11, pode proporcionar a manutenção da vegetação nativa de restinga, representadas atualmente apenas por alguns remanescentes na região Oceânica, como em Itacoatiara, Itaipu, Piratininga e Camboinhas (PMN, 2018). Esta, por sua vez, de maneira recíproca, pode auxiliar na defesa das estruturas urbanas, através da fixação de sedimentos da praia (FORTUNATO et al, 2008; JONKMAN et al, 2013).

No que diz respeito aos custos do projeto, ao longo de aproximadamente 7,5 km de orla, irão depender do modelo mais indicado a ser definido pelo Poder Público local, incluindo: estudos prévios de impactos ambientais, elaboração do projeto, construção, dimensões da estrutura, tipo de material, monitoramento e manutenção (MANGOR, 2017). No caso da alimentação praial, implementação e manutenção geralmente variam com a distância e dimensões da jazida (BRASIL - GI-GERCO/CIRM, 2018).

CONCLUSÕES

Buscou-se, com este estudo, identificar os possíveis impactos socioeconômicos, ao longo da região costeira do município de Niterói, diante da projeção de elevação do NMM de 1,20 m, da National Oceanic and Atmospheric Administration, para o ano 2100, em situações de máximas marés meteorológicas, associadas às máximas marés de sizígia. Outrossim, procurou-se indicar propostas de adaptação, visando a redução de possíveis futuros danos às estruturas urbanas.

Com relação aos possíveis impactos, uma elevação de 2,50 m poderá provocar enormes transtornos à população e à administração pública

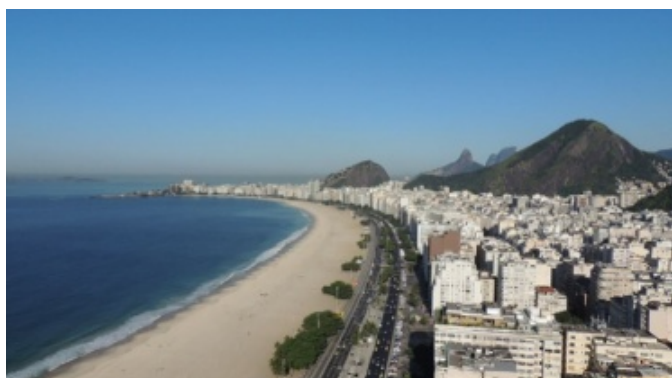


Figura 10. Imagem de praia, após processo de alimentação artificial: Copacabana, Rio de Janeiro. Fonte: Wikipédia, 2020. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praia_de_Copacabana_-_Rio_de_Janeiro.jpg.

municipal. Na Região Norte, o setor industrial deverá ser fortemente afetado e necessitará de medidas de adaptação, visando a manutenção de um regular funcionamento. Na Região Praias da Baía, onde ocorre um acentuado adensamento demográfico e contrastes quanto às condições financeiras da população, seriam necessárias estratégias distintas de adaptação: perdas consideráveis são previstas para o bairro Icarai – o mais populoso e, ao mesmo tempo, onde a população dota de melhores condições financeiras; e em comunidades de menor poder aquisitivo, haveria necessidade de um suporte por parte do Poder Público.

Quanto à Região Oceânica, apesar do relativo baixo adensamento demográfico, poderá haver inundação em grandes proporções na planície costeira do entorno do complexo lagunar Piratininga-Itaipu, em especial no bairro Piratininga, onde uma quantidade considerável de residências poderá ser atingida pelo níveis mais altos das águas marítimas, resultando em grandes danos econômicos.

Contudo, no segmento oceânico, os imóveis residenciais, a princípio, não deverão ser atingidos pelos níveis mais altos das águas das ondas de tempestade, pois as cotas das estruturas urbanas encontram-se em nível superior. Entretanto, fazem-se necessários acompanhamentos contínuos, com vistas à adoção de medidas de proteção, considerando-se a tendência de aumento da energia das ondas, que poderá provocar um balanço negativo de sedimentos.

Monitoramento contínuo e estratégias de



Figura 11. Imagem de praia artificial, em Santa Cruz de Tenerife, Ilhas Canárias – Espanha – construída a partir de combinação de métodos: quebra-mar e alimentação artificial. Fonte: Wikipédia, 2021. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Playa_de_Las_Teremitas#/media/Ficheiro:Playa_de_Las_Teremitas_en_Santa_Cruz.jpg.

adaptação, com estudos direcionados às melhores medidas, fazem-se necessários e devem ser pensados antes que as remediações se tornem realidade. Em outro viés, sugerem-se levantamentos dos valores venais dos imóveis afetados, que servem como base para cálculo de IPTU, e assim será possível um melhor entendimento quanto às perdas na arrecadação municipal e planejamentos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA – AGEITEC. 2020. (disponível em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CON_T000fyah9dcp02wx5ok0pvo4k36g8qm13.html).
- AL-AWADHI, T.; RAMADAN, E.; CHOUDRI, B.S.; & CHARABI, Y. 2016. Growth of Coastal Population: Likely Exposure to Sea Level Rise and Associated Storm Surge Flooding in the Sultanate of Oman. *Journal of Environment Management and Tourism*. (doi: <http://dx.doi.org/10.14505/jemt>). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/306215639_Growth_of_coastal_population_Likely_exposure_to_sea_level_rise_and_associated_storm_surge_flooding_in_the_sultanate_of_Oman/link/57f6bc2308ae886b8981c9aa/download).
- BRASIL. GRUPO DE INTEGRAÇÃO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO – GI-GERCO/CIRM. 2018. Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira. Brasília/DF. (disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/>

- stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Final_Guia-de-Diretrizes_09112018-compressed.pdf).
- CAZENAVE, A. & COZANNET, G.L. 2014. Sea level rise and its coastal impacts. *AGU Earth's Future*, 2, 15-34. (disponível em <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2013EF000188>).
- CHOUDRI, B.S.; BAAWAIN, M.S.; AHMED, M.; AL SIDAIRI, A.K.; & AL NADABI, H. 2014. Relative Vulnerability of costal Wilayats to development: a study of Al-Batinah North, Oman. *Journal of Coastal Conservation*. (doi: 10.1007/s11852-014-0355-7). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/268717020_Relative_Vulnerability_of_Coastal_Wilayats_to_Development_A_study_of_Al-Batinah_North_Oman).
- CHURCH, J.A.; CLARK, P.U.; CAZENAVE, A.; GREGORY, J.M.; JEVREJEVA, S.; LEVERMANN, A.; MARRIFIELD, M.A.; MELNE, G.A.; NEREM, R.S.; NUNN, P.D. Sea level change. 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. 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*. Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, USA. (disponível em https://www.researchgate.net/publication/284695835_Climate_Change_2013_The_Physical_Science_Basis_Contribution_of_Working_Group_I_to_the_Fifth_Assessment_Report_of_the_Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change).
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos da Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. CPRM, Brasília, DF, Brasil. (disponível em http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/4/rel_proj_rj_geologia.pdf).
- ECCARD, L.R.; SILVA, A.L.C.; & SILVESTRE, C.P. 2017. Variações morfológicas nas praias oceânicas de Niterói (RJ, Brasil) em resposta à incidência de ondas de tempestades. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n.01 (2017) 206-2018. (disponível em https://www.researchgate.net/publication/316643337_Variacoes_morfologicas_nas_praias_oceanicas_de_Niteroi_RJ_Brasil_em_resposta_a_incidentia_de_ondas_de_tempestades).
- FORTUNATO, A.B.; CLÍMACO, M.; OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, A.; SANCHO, F.; & FREIRE, P. 2008. Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Protecção. Coastal Dynamics: Rehabilitation and Protection Studies. *Revista da Gestão Costeira Integrada. Journal of Integrated Coastal Zone Mngement*, 8(1):45-63 (2008) (disponível em https://www.researchgate.net/publication/242459154_Dinamica_Fisiografica_da_Orla_Costeira_Estudos_de_Reabilitacao_e_Proteccao_Coastal_Dynamics_Rehabilitation_and_Protection_Studies/link/00463528dd7213125d000000/download).
- GLOSS BRASIL. 2017. 13 Marégrafos no Brasil do Global Sea Level Observing System – GLOSS. (disponível em <http://www.goosbrasil.org/gloss/>).
- HALLEGATTE, S.; GREEN, C.; NICHOLLS, R.J.; & CORFEE-MORLOT, J. 2013. Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*. (doi: 10.1038/NCLIMATE1979). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/260701937_Future_flood_losses_in_major_coastal_cities).
- HAUER, M.E.; EVANS, J.M.; & MISHRA, D.R. 2016. Millions projected to be at risk from sea-level rise in the continental United States. *Nature Climate Change*, vol.6. (doi: 10.1038/NCLIMATE2961).. Disponível em <https://mathewhauer.github.io/papers/2016-NCLIMHauer.pdf>).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2018. Censo 2010. Rio de Janeiro. (disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceria-marinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia>).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2020. cidades@. Rio de Janeiro. (disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil>).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2021. População. Projeção da população do Brasil e das Unidades da

Federação. (disponível em <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>).

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – IEMA -GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. 2017. Curso Básico de Percepção de Risco Geológico. Obras de Contenção de Processos Erosivos e Medidas Mitigadoras. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. 2007. 4th Assessment Report, Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVRKY, K.B.; TIGNOR, M.; & MILLER, H.L., Cambridge: Cambridge Univ. Press, U.K. (disponível em https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg3_full_report-1.pdf).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. 2013. 5th Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; & MIDGLEY, P.M., Cambridge: Cambridge University Press, UK; New York, NY, USA. (disponível em https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf).

JONKMAN, S.N.; HILLEN, M.M.; NICHOLLS, R.J.; KANNING, W.; & VAN LEDDEN, M. 2013. Costs of adapting coastal defences to sea-level rise - new estimates and their implication. *Journal of Coastal Research*, 29(5), 1212-1226. (doi: <http://dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00230.1>). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/278646574_Costs_of_Adapting_Coastal_Defences_to_Sea-Level_Rise-New_Estimates_and_Their_Implication).

MANGOR, K.; DRONEN, N.K.; KAERGAARD, K.H.; & KRISTENSEN, S.E. 2017. *Shoreline Management Guidelines*. 453 p, DHI, Copenhagen, Dinamarca. (ISBN. 978-87-90634-04-9). (disponível em https://www.dhigroup.com/upload/campaigns/shoreline/assets/ShorelineManagementGuidelines_Feb2017-

TOC.pdf).

MARENGO, J.A.; NUNES, L.H.; SOUZA, C.R.G.; HARARI, J.; MULLER-KARGERS, F.; GRECO, R.; HOSOKAWA, E.; TABUCHI, E.; MERRIL, S.B.; REYNOLDS, C.J.; PELLING, M.; ALVES, L.M.; ARAGÃO, L.E.; CHOU, S.C.; MOREIRA, F.; PATERSON, S.; LOCKMAN, J.T.; & GRAYS, A.G. 2017. A globally deployable strategy for co-development of adaptation preferences to sea-level rise: the public participation case of Santos, Brazil. *Nat Hazards*. (doi: 10.1007/s11069-017-2855-x). (disponível em <https://www.researchgate.net/publication/315880502>).

MARINHA DO BRASIL. 2020. Tábuas de Marés. Centro de Hidrografia da Marinha. Porto de Angra dos Reis (Estado do Rio de Janeiro). (disponível em <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>).

MERCADO LIVRE. 2020. Imóveis / Niterói / Rio de Janeiro / venda. Mercado Livre. (disponível em <https://imoveis.mercadolivre.com.br/venda/rio-de-janeiro/niteroi>).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2021. Portaria MMA Nº 34, de 2 de fevereiro de 2021. Aprova a listagem atualizada dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira brasileira. Brasília, DF, Brasil. (disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-34-de-2-de-fevereiro-de-2021-302053267>).

MURALI, R.M. & KUMAR, P.K.D. Scenarios on land use/land cover classes of the coastal zones of zones of Cochin, India. 2015. *Journal of Environmental Manage*, vol.148, 2015; 124-133. (disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.915.4408&rep=rep1&type=pdf>).

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. 2015. Climate Change and Sea Level Rise: What can marine protected areas do to lessen impacts? Climate Change Issue Profile: Sea Level Rise. NOAA: National Marine Protected Areas Center. (disponível em <https://www.nps.gov/subjects/climatechange/upload/sea-level-rise-brief-noaa-mpa.pdf>).

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. 2017. Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. NOAA: Technical Report NOS CO-OPS 083, Maryland. (disponível em <https://>

tidesandcurrents.noaa.gov/publications/techrpt83_Global_and_Regional_SLR_Scenarios_for_the_US_final.pdf).

NICHOLLS, R.J.; CAZENAVE, A. 2010. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. *Science*, 328: 1516-1520. (doi: 10.1126/science.1185782). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/44683423_Sea-Level_Rise_and_Its_Impact_on_Coastal_Zones).

NICHOLLS, R.J.; HANSON, S.E.; LOWE, J.A.; WARRICK, R.A.; LU, X.; LONG, A.J. 2014. Sea-level scenarios for evaluating coastal impacts. *WIREs Clim Change*, 5:129-150. (doi: 10.1002/wc.253). (disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/wcc.253>).

NITERÓI. 2019. Lei Nº 3385, de 21 de janeiro de 2019. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano do município e institui o Plano Diretor de Niterói. Procuradoria Geral do Município de Niterói/Niterói. (disponível em http://pgm.niteroi.rj.gov.br/legislacao_pmn/2019/Leis/Lei%203385%20Plano%20Diretor.pdf).

OLX. 2020. Venda casas e apartamentos. OLX, 2020. (disponível em <https://rj.olx.com.br/rio-de-janeiro-e-regiao/niteroi>).

PASSOS, A.S.; DIAS, F.F.; BARROS, S.R.S.; SANTOS, P.R.A.; SOUZA, C.R.G.; & VARGAS, R. 2018. Sea level rise and its likely impacts: a case study in the coast of Mangaratiba-RJ. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 13(4):260-272.

PEREIRA, T.G.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; MORAES, C.P.R.A.; & LESSA, A.C.P. 2017. Impacto das Tempestades de 2016 em Orla Urbanizada: Arco Praial de Piratininga, Niterói – RJ. *Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo*, vol. especial – XVII SBGFA/I CNGF. (doi: 10.11606/rdg.v0ispe.132750). (disponível em <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/132750/129834>).

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. PROJETO ORLA Niterói. 2011. Secretaria Municipal de Urbanismo. Departamento de Urbanismo de Niterói.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI –

PMN. 2018. Atlas das Unidades de Conservação do Município de Niterói [Documento digital]. Prefeitura Municipal de Niterói. (disponível em <https://www.wikiparques.org/prefeitura-de-niteroi-lanca-atlas-de-unidades-de-conservacao>).

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI – PMN. 2020. Sistema de Gestão da Geoinformação da Prefeitura de Niterói - SIGeo. Plataforma de geoinformação da Prefeitura de Niterói. Prefeitura Municipal de Niterói. (disponível em <http://sigeo.niteroi.rj.gov.br/>).

WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. 2020. (disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praia_de_Copacabana_-_Rio_de_Janeiro.JPG).

WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. 2021. (disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Playa_de_Las_Teresitas#/media/Ficheiro:Playa_de_Las_Teresitas_en_Santa_Cruz.jpg).

ZHANG, Y.; LI, W.; SUN, G.; MIAO, G.; NOORMETS, A.; EMANUEL, R.; & KING, J. S. 2018. Understanding coastal wetland hydrology with a new regional scale process-based hydrologic model. *Research Gate*. (doi: 10.1002/hyp.13247). (disponível em https://www.researchgate.net/publication/326669561_Understanding_coastal_wetland_hydrology_with_a_new_regional_scale_process-based_hydrologic_model).