



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

Gerson Fernandino^{1*} & Carla I. Elliff²

^{1*}Departamento Interdisciplinar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Km 92, RS-030, 11700, Tramandaí-RS, Brasil, CEP 95590-000, gerson.fernandino@yahoo.com.br.

² Rede Iberoamericana PROPLAYAS, Nodo Paranoá, Grupo de Pesquisa Paranoá/IFBaiano/CNPq, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBAIANO, Rua Rouxinol, 115, CEP 41720-052, Salvador, Bahia, Brasil, carlaelliff@gmail.com.

RESUMO

Uma das principais ameaças dos efeitos das mudanças climáticas sobre a população e ecossistemas costeiros é o aumento do nível médio do mar (ANMM). O município de Porto Seguro, Nordeste do Brasil, apresenta densa urbanização em diversos trechos de sua porção costeira e já sofre com os efeitos do avanço do mar, como é o caso da intensa erosão observada, em especial, na orla norte. Assim, o presente estudo teve como objetivo discutir os possíveis efeitos do ANMM na orla Norte do município de Porto Seguro na Bahia, a partir do uso de ferramentas de modelagem costeira contidas no Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil). Dados de projeção para variação do nível médio do mar (NMM) para os anos-horizonte de 2070 e 2100 foram obtidos através do SMC-Brasil. Os cenários utilizados para tais projeções foram os cenários de emissão de carbono, ou vias de concentrações representativas (*Representative Concentration Pathways*, em inglês), RCP 4.5 e RCP 8.5, tanto regionais quanto globais, elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC). Os resultados indicaram que, até o final do século, o NMM para a região de Porto Seguro poderá subir em mais de 0,5m no cenário mais conservador, e ultrapassar os 0,7m sob o cenário mais pessimista (com intervalos de confiança de 90% de 0,19m e 0,30m, respectivamente), valores esses muito similares em relação ao padrão geral global para ambos os cenários em ambos anos-horizonte. Como Porto Seguro já

apresenta focos de intensa erosão sob as condições climáticas-oceanográficas atuais, esse aumento projetado até 2100 pode representar danos socioeconômicos e ambientais para o município. Acredita-se que estratégias de gestão baseadas em ecossistemas devam ser elaboradas e aplicadas a fim de mitigar os impactos já existentes e os possíveis impactos futuros gerados pelo ANMM. Outras medidas, como por exemplo a remoção/relocação dos complexos recreativos, em função de impasses legais e dos diversos conflitos existentes entre os atores envolvidos, dificilmente seriam aceitas em um cenário político-social-ambiental real. Assim, recomenda-se fortemente a preservação dos trechos de praia ainda não ocupados e a não-realização de intervenções futuras na linha de costa (sem estudo prévio), principalmente por estruturas rígidas que possam interromper o trânsito de sedimentos e levar à criação de novos focos erosivos. Análises de impactos futuros na linha de costa devem ser conduzidas afim de munir o poder público e demais atores das informações necessárias para enfrentar os desafios futuros impostos pelas mudanças climáticas.

Palavras-chave: Erosão costeira, Serviços ecossistêmicos, Estratégias adaptativas, Gestão costeira



IMPLICATIONS OF SEA-LEVEL RISE FOR THE NORTHERN SHORE OF PORTO SEGURO (BAHIA, BRAZIL): CHALLENGES FOR INTEGRATED COASTAL MANAGEMENT

ABSTRACT

One of the main threats of climate change effects to coastal populations and ecosystems is mean sea level rise (MSLR). The municipality of Porto Seguro, Northeastern Brazil, presents dense urbanization in several coastal sectors, and already experiences the effects of incoming waves, as occurs in the intense coastal erosion observed, especially along the northern shoreline. Therefore, the objective of the present study was to discuss the likely effects of MSLR along the northern shoreline of the municipality of Porto Seguro, state of Bahia, using the coastal modelling tools within the Coastal Modelling System (SMC-Brasil). Projection data for mean sea level (MSL) variation for the horizon-years of 2070 and 2100 were obtained using SMC-Brasil. The scenarios used for these projections were carbon emission scenarios or Representative Concentration Pathways (RCP 4.5 and RCP 8.5), both regional and global, elaborated by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Results indicated that by the end of the century, MSL for the region of Porto Seguro could rise up to 0.5m in the most conservative scenario, and be above 0.7m under the most pessimistic scenario (with confidence intervals of 90% of 0.19m and 0.30m, respectively), which were similar to those of the overall global patterns for both scenarios in both horizon-years. Considering that Porto Seguro already presents focuses of intense erosion under current climatic-oceanographic conditions, this projected rise by 2100 might represent socioeconomic and environmental losses to the municipality. Ecosystem-based management strategies should be elaborated and applied in order to mitigate the already-existing impacts the possible future impacts produced by MSLR. Other actions, such as removal/relocation of recreational complexes, due to legal bottlenecks and the various conflicts that exist between stakeholders, would hardly be accepted in a real political-social-environmental scenario. Therefore, the preservation of shoreline sectors that have not yet been occupied and

not conducting future interventions in the coastline (without previous studies), especially using hard structures that may interrupt sediment movement and lead to the creation of new erosional focuses, is strongly recommended. Analyses of future impacts on the coastline should be conducted in order to arm the local government and stakeholders with the necessary information to face future challenges imposed by climate change.

Keywords: Coastal erosion, Ecosystem services, Adaptive strategies, Coastal management

INTRODUÇÃO

A temperatura tanto da atmosfera quanto dos oceanos vem apresentando, ao longo do século XXI, uma nítida tendência de aumento fortemente atribuída à capacidade humana de alteração na composição atmosférica (SEMEDO et al., 2013). Em resposta a isso, algumas mudanças ambientais relacionadas às alterações climáticas já podem ser observadas em diferentes locais do planeta. Essas mudanças incluem, por exemplo, alterações no clima de ventos (i.e. McINNES et al., 2011; SYDEMAN et al., 2014; GALLAGHER et al., 2016; DAVY et al., 2018) e no clima de ondas (i.e. MORI et al., 2010; HEMER et al., 2013; CAMUS et al., 2017). Além dessas, o aquecimento e a acidificação dos oceanos também são indicados como importantes consequências das mudanças climáticas (i.e. IPCC, 2014; HUGHES et al., 2017), assim como enchentes e ondas de calor observadas em diversos locais do planeta (MANN et al., 2017).

Entretanto, o aumento do nível do mar, medido e projetado, em diferentes taxas e para diversos locais do planeta, pode ser observado em vários estudos (i.e. RHEIN et al., 2013; CARSON et al., 2016; FERNANDINO et al., 2018a) como um dos principais problemas causados pelo aquecimento global. A principal força é a combinação entre fatores naturais



e antropogênicos relacionados ao aumento da concentração de gases estufa na atmosfera (i.e. ORESKES, 2004; IPCC, 2013; SEMEDO, et al. 2013) e suas principais consequências recaem diretamente sobre populações costeiras (ALBERT et al., 2016).

Para embasar a teoria antropogênica e eliminar críticas em função das limitações dos modelos preditivos, estudos recentes já incorporam em projeções regionais relativas à superfície sólida da Terra, estimativas baseadas em observações de gelo continental, depleção de águas subterrâneas e ajuste isostático glacial, além da variação do nível do mar em função de expansão térmica (CARSON et al., 2016). Modelos recentes também são capazes de avaliar a importância da contribuição natural e antropogênica, de forma conjunta ou separadamente, no sistema climático.

SLANGEN et al. (2014) apontaram que tendências de variação do nível do mar não podem ser explicadas apenas através de forçantes naturais ou pela variabilidade interna. Seus experimentos, que incluíram forçantes antropogênicas, demonstraram mudanças de magnitude próxima à variação observada. Dessa forma, indicando que forçantes antropogênicas são responsáveis em grande parte pela variação do nível do mar observada no último século.

O aumento do nível do mar pode levar à inundação das áreas baixas, erosão costeira, e salinização de água subterrânea e superficial, o que deixará milhões de pessoas em todo o mundo vulneráveis (FERNANDINO et al., 2018a). A maior parte da população dos países costeiros está concentrada em até 100km da costa (MARTÍNEZ et al., 2007) e esse número deve crescer ainda mais (NEUMANN et al., 2015) com a migração e realocação de milhões de pessoas em todo o mundo (ALBERT et al., 2016).

Desde a década de 1990 já se observava que mais de 90 milhões de pessoas na África e Ásia se encontravam vulneráveis ao aumento do nível do mar (NICHOLLS & LEATHERMAN, 1995). No início dos anos 2000, mais de 100 milhões de pessoas viviam em até 1m acima do nível do mar (DOUGLAS & PELTIER, 2002). Nações-ilha do Oceano Pacífico já desapareceram por completo ou sofrem sério risco de desaparecer nos próximos anos (ALBERT et al., 2016). Isso gera a necessidade de realocação de comunidades costeiras inteiras, representando um grande desafio de gestão.

No Brasil, grande parte da população que se concentra na zona costeira está principalmente em áreas metropolitanas, resultando em grandes extensões não ocupadas (MUEHE, 2010). TESSLER (2008) indicou que diversos municípios dos estados da Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia estariam ameaçados pelo aumento do nível do mar, incluindo suas capitais. Regiões costeiras com baixa altitude e alta densidade populacional associadas à incapacidade de evacuação e realocação da população em caso de aumento do nível do mar podem ser seriamente afetadas.

A região do município de Porto Seguro, escolhida para o desenvolvimento do presente estudo, apresenta características naturais e de ocupação que a deixam vulnerável aos impactos promovidos por essas mudanças. De acordo com MUEHE (2018), cerca de 60% da costa da região Nordeste do país está sofrendo erosão. No estado da Bahia, cerca de 240km (aproximadamente 24%) de sua linha de costa apresenta tendência erosiva (DOMINGUEZ et al., 2018), e muitos trechos da costa sul do estado da Bahia já se encontram sob erosão (SILVA, 2004; BITTENCOURT et al., 2005). As perspectivas futuras de subida do nível do mar podem implicar em uma intensificação dessa situação. A área escolhida pode



sentir os efeitos do aumento do nível do mar e da alteração da dinâmica costeira de maneira particular. Suas características geomorfológicas (ex. presença de recifes de corais ou bancos de arenitos adjacentes à costa) e de uso e ocupação da zona costeira, por exemplo, podem afetá-la diretamente, amenizando ou intensificando a situação erosiva já instalada.

Com base no exposto, o presente estudo teve como objetivo discutir os possíveis efeitos da subida do nível do mar projetados utilizando o conjunto de ferramentas SMC-Brasil para o trecho norte da orla do município de Porto Seguro, Bahia, inferindo suas possíveis consequências e ações de mitigação e enfrentamento baseado em exemplos da literatura internacional.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Seguro, litoral sul do estado da Bahia, está inserido no contexto da chamada Costa do Descobrimento, que recebe esse nome, pois foi o primeiro local visitado pelos navegadores portugueses quando chegaram ao Brasil em 1500. Está inserido na costa leste do Brasil e compartilha com a macrorregião Nordeste, da qual o estado faz parte, características comuns, como o fato de ser intensamente procurada por turistas de todo o mundo em função da beleza natural, principalmente, de suas praias arenosas. Portanto esse trecho do litoral baiano apresenta grande relevância histórico-cultural e ambiental, e configura um dos principais destinos turísticos do estado e do país.

Porto Seguro é um município com densa urbanização em diversos trechos de sua porção costeira. No final da década de 1990, de acordo com dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), Porto Seguro era o município mais populoso de toda Costa do Descobrimento, com 67.945 habitantes (CARNEIRO, 2000). Segundo dados

mais recentes, Porto Seguro apresentava, em 2010, uma população de 126.929 habitantes, com densidade populacional de 52,70hab./km² (IBGE, 2010), reforçando a importância de estudos de impacto causados pela subida do nível do mar na região.

Porto Seguro está localizado a 710km ao sul da capital baiana, Salvador, e seu principal acesso se dá através da rodovia BR-101 até a junção com a BR-367 que dá acesso ao centro e às praias do município. A área escolhida para o desenvolvimento do presente projeto se estende da desembocadura do rio Buranhém, ao sul, até o limite com o município de Santa Cruz Cabrália, ao norte (Figura 1).

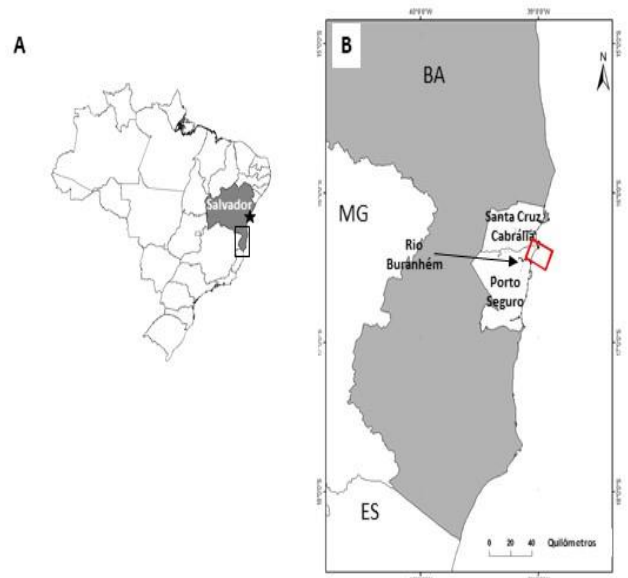


Figura 1: Localização da área de estudo, Porto Seguro, Bahia, Brasil. A) Mapa do Brasil destacando o estado da Bahia (cinza escuro), o litoral sul do estado (retângulo preto) e a localização da capital do estado, Salvador (estrela preta); B) Localização da área de interesse entre o Rio Buranhém, ao sul, e a divisa com Coroa Vermelha, município de Santa Cruz Cabrália, ao norte (retângulo vermelho).

A geodiversidade da região se reflete na ocorrência de vários ambientes ao longo da costa estudada: recifes de coral, praias arenosas e manguezais, por exemplo. Bancos de recifes de coral e arenitos de praia (*beachrocks*) são encontrados na



plataforma continental adjacente à área de estudo, bordejando a costa de Coroa Vermelha, Ponta Grande e demais áreas de Porto Seguro (LEÃO & KIKUCHI, 1999). Devido a essa riqueza natural combinada à relevância histórico-cultural da região, foram delimitadas duas unidades de conservação na área: a Área de Proteção Ambiental (APA) de Coroa Vermelha e o Parque Estadual do Recife de Fora. Do ponto de vista de sua geologia, a região é formada principalmente por sedimentos neogênicos (Formação Barreiras) e secundariamente por sedimentos quaternários (recifes de coral, arenitos de praia, e depósitos praias e lagunares) (DOMINGUEZ et al., 2002) (Figura 2).

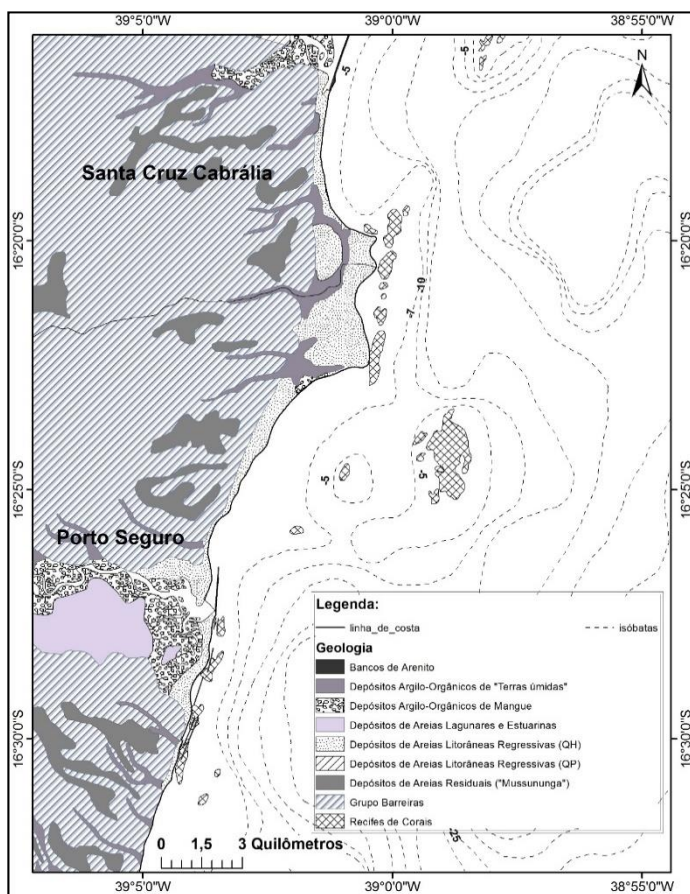


Figura 2: Geologia da área de estudo indicando a distribuição dos principais depósitos e a localização dos bancos recifais e de arenito praias (*beachrocks*). Fonte dos dados: DOMINGUEZ, 2000.

O município está inserido em área de predomínio de mesomaré, semi-diurna, com amplitude aproximada de 2m (DOMINGUEZ et al., 2000). A batimetria da plataforma adjacente ao trecho estudado apresenta-se bastante sinuosa, sendo fortemente influenciada pela presença de bancos de recifes de coral (ver Figura 2). No que diz respeito ao clima de ondas da região, as direções mais frequentes são: E (35%), NE (31%), SE (21%) e SSE (13%) (HOGBEN & LUMB, 1967). Ondas de N, NE, e E predominam durante o verão austral, enquanto que aquelas oriundas de S estão associadas à chegada de frentes frias e predominam durante o outono austral (PIANCA et al. 2010). A presença de recifes de coral interage de forma interessante com as ondas incidentes na região podendo influenciar ou até mesmo criar/controlar focos erosivos (FERNANDINO et al., 2018b).

Ao longo da orla norte de Porto Seguro é possível identificar diversos focos de erosão. Indicadores naturais (i.e. raízes expostas de coqueiros, presença de minerais pesados e ausência de faixa de areia seca) e antropogênicos (i.e. estruturas de contenção e fragmentos de concreto oriundos de estruturas pretéritas, com restaurantes, por exemplo) podem ser observados nesse trecho (Figura 3). Dentre esses focos, o que apresenta maior intensidade é aquele situado na Praia de Ponta Grande, onde é possível observar o colapso de parte da rodovia BR-367 e a presença de enrocamentos na tentativa de conter o avanço do mar.

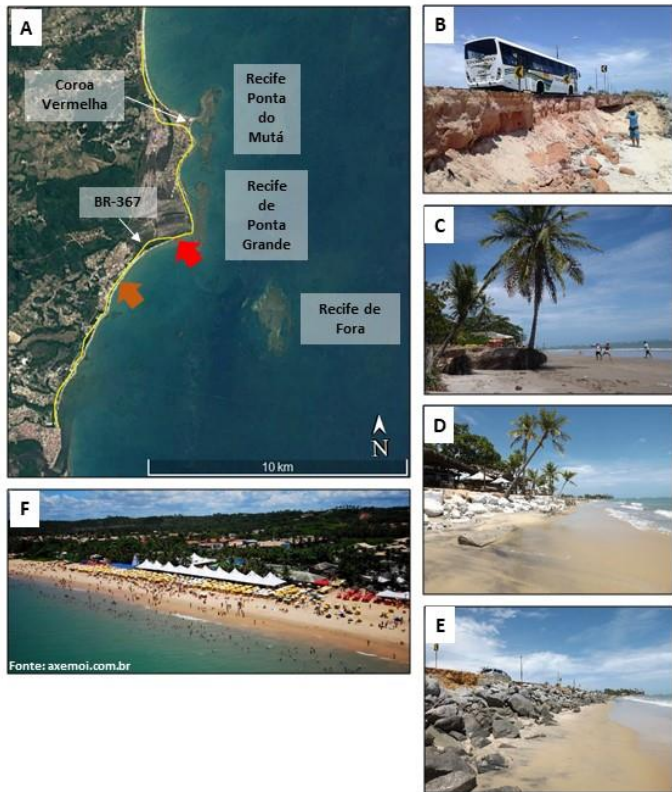


Figura 3: A) Imagem de satélite da área de interesse onde se vê a distribuição das manchas urbanas, recifes de coral, trecho costeiro da rodovia BR-367 (linha amarela) e seu principal foco de erosão (seta vermelha), e a localização aproximada de um dos maiores complexos recreativos (seta marrom) (fonte: Google Earth Pro); B) Foco de erosão crônica ameaçando a estrutura da rodovia costeira BR-367, parcialmente colapsada, localizada na praia de Ponta Grande, próximo ao limite norte da área de estudo; C) Praia arenosa destacando indicador natural de erosão (raízes expostas); D) Iniciativa particular de tentativa de proteção de infraestrutura (restaurante) utilizando sacos de areia e estacas de madeira. Note a presença de fragmentos de concreto na faixa de areia resultante da destruição de estruturas anteriores e coqueiros inclinados prestes a colapsar; E) Enrocamento disposto na tentativa de se conter a erosão da BR-367; e F) Vista aérea (oblíqua) de um dos maiores complexos recreativos de Porto Seguro instalado diretamente no pós-praia (indicado pela seta marrom na Figura 3A). Note que a exposição de minerais pesados na faixa de areia (manchas escuras – Figuras 3D e 3E) e a ausência de areia seca (Figuras 3C, 3D e 3E) são indicadores naturais de erosão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção de dados de subida do nível do mar

Para a obtenção dos dados de projeção de variação do nível do mar, foi utilizado o conjunto de ferramentas computacional do sistema de modelagem costeira SMC-Brasil. O SMC-Brasil possui, integrado à sua base de dados, resultados de grande esforço de reanálise de dados, projeções regionais e formulações para cálculo de variação do nível do mar e seus efeitos propostos por PELTIER (2001), CHURCH et al. (2004), MÍNGUEZ et al. (2012a, 2012b), CEPAL (2011, 2012a, 2012b), IPCC (2013) e SLANGEN et al. (2014) (Figura 4).

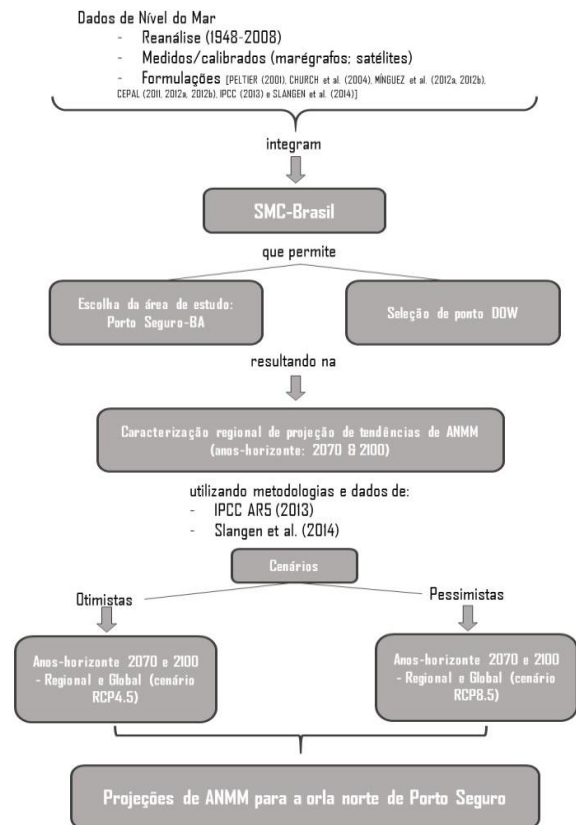


Figura 4: Fluxograma metodológico indicando a origem dos dados, formulações e os passos seguidos, utilizando a ferramenta SMC-Brasil, até a obtenção dos valores de projeção de aumento do nível médio do mar (ANMM) para a orla norte do município de Porto Seguro.



Um ponto DOW (*Downscaled Ocean Waves*) foi escolhido em águas profundas adjacente à área de interesse para obtenção do clima de ondas desse ponto até a linha de costa (Figura 5). Essa etapa da modelagem teve por objetivo caracterizar regionalmente a projeção de tendências de mudanças climáticas, mais especificamente do nível do mar, para a área de interesse tendo em vista os anos horizonte de 2070 e 2100. Cada ponto DOW (espaçado a cada 1km próximo à costa e a cada 10km em águas profundas) origina-se de um banco de dados global GOW (*Global Ocean Surge*), já integrado no SMC-Brasil (CAMUS et al., 2013), onde cada ponto apresenta estados de mar com resolução horária para o período de 1948 a 2008.

(IPCC, 2013). O primeiro, RCP 4.5, refere-se a um cenário futuro de estabilização de emissão de carbono, sem ultrapassar 4,5W/m² de forçante de radiação em 2100. O segundo, RCP 8.5, reflete um cenário de aumento da emissão de carbono e, conseqüentemente da RCP, elevando a 8,5W/m² em 2100.

Note que resultados referentes ao clima de ondas propagado até a linha de costa não serão apresentados nesse estudo. Essa informação poderá ser consultada em FERNANDINO et al. (2018b). Mais detalhes sobre a metodologia podem ser encontrados no documento temático “Mudanças Climáticas em Praias” disponível em <<http://smcbrasil.ihcantabria.com/descargas/>>.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendências de subida do nível médio do mar

As metodologias e formulações integradas no SMC-Brasil foram utilizadas para produzir resultados de estimativas de variação do nível médio do mar para os anos-horizonte de 2070 e 2100 em um cenário mais conservador (RCP 4.5) e outro mais pessimista (RCP 8.5) (Tabela I).

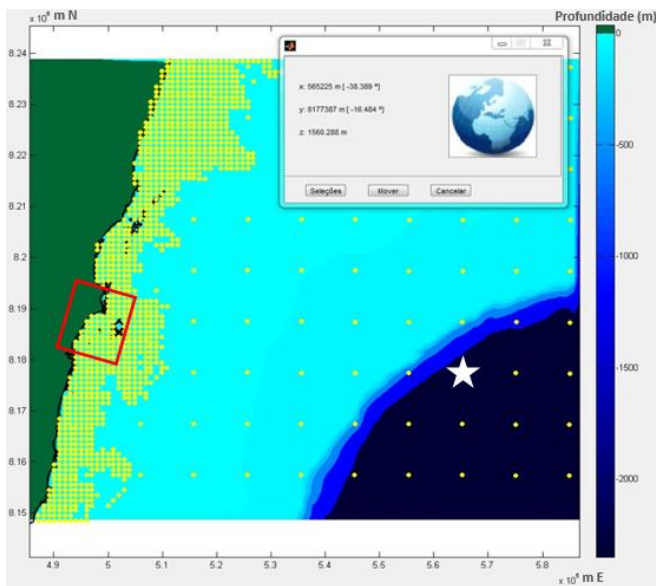


Figura 5: Mapa ilustrando a distribuição de pontos DOW (*Downscaled Ocean Waves*) (em amarelo) e a localização do ponto escolhido (estrela branca) para propagação de ondas e simulação de subida do nível do mar. O retângulo vermelho indica a localização da área de interesse.

Os resultados apresentados pelo SMC-Brasil são baseados nos cenários de emissão de carbono, ou vias de concentrações representativas (*Representative Concentration Pathways*, em inglês), RCP 4.5 e RCP 8.5, tanto regionais quanto globais, elaborados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

Ano	RCP 4.5 Global ¹		RCP 8.5 Global ¹		RCP 4.5RCP Regional ²		RCP 8.5RCP Regional ²	
	Mediana	IC90%	Mediana	IC90%	Mediana	IC90%	Mediana	IC90%
2070	0,35	0,20	0,42	0,23	0,36*	0,11*	0,42*	0,15*
2100	0,53	0,35	0,74	0,45	0,55	0,19	0,74	0,30

Tabela I: Variação do nível médio do mar (em metros) para a orla norte do município de Porto Seguro para os anos-horizonte de 2070 e 2100 de acordo com os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

*A projeção regional para o ano de 2070 foi obtida a partir da estimada para o ano de 2100, considerando a porcentagem de mudança em nível global entre os dois anos-horizonte.



¹Projeção de acordo com as formulações propostas por IPCC AR5 (IPCC 2013).

²Projeção de acordo com as formulações propostas por Slangen et al. (2014).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela I, para o ano horizonte 2070, a variação de subida do nível do mar estimada foi de 0,36 a 0,42m (IC90% 0,11 a 0,15). No entanto, até o final do presente século, o nível médio do mar para a região de Porto Seguro poderá subir em mais de 0,5m no cenário mais conservador e ultrapassar 0,7m sob o cenário mais pessimista (com intervalos de confiança de 90% de 0,19m e 0,30m, respectivamente) de acordo com IPCC, (2013) e SLANGEN et al., (2014). Os valores encontrados na modelagem correspondem a uma taxa de subida do nível do mar de até 0,88 cm/ano até o ano de 2100 no cenário mais pessimista. Considerando o cenário mais pessimista para o ano horizonte mais próximo de 2070, essa taxa de subida é de 0,77cm/ano, indicando uma aceleração do aumento do nível médio do mar. Além disso, essa aceleração pode implicar em maior dificuldade adaptativa dos ecossistemas impactados pelo fenômeno.

Ao contrário do que é observado em muitos locais do planeta, onde taxas de projeções de subida do nível do mar em nível regional são diferentes em relação às taxas média globais (i.e. RHEIN et al., 2013; CARSON et al., 2016), os valores das medianas regionais produzidos pelo SMC-Brasil foram muito semelhantes ao padrão geral global para ambos os cenários em ambos anos-horizonte.

No que se refere a mudanças no clima de ondas, FERNANDINO et al. (2018b) apontaram, através da modelagem de clima de ondas usando a ferramenta SMC-Brasil, que ao aumentar o ângulo de incidência de ondas que aproximam da costa em questão, há um maior potencial erosivo observado em função do posicionamento de características dos recifes de coral

adjacentes à costa e, em especial, devido ao fato de ondas com maiores angulações estarem associadas a eventos mais energéticos (frentes frias). HEMER et al. (2013), usando comparativamente dados da reanálise ERA-Interim/C-ERA40, estimaram, através de projeções multi-modelo de ondas-clima, uma redução no ângulo de incidência das ondas no Atlântico Sul. Entretanto, os mesmos autores também indicaram que poderá haver um aumento no ângulo de incidência das ondas oriundas de sul na região sul-equatorial.

Projeções realizadas por CAMUS et al. (2017) utilizando o cenário RCP 8.5 apontam que para boa parte do Atlântico Sul, incluindo a região do sul da Bahia, praticamente não haverá mudança na altura significativa de ondas. No entanto, ondas tipo *swell* geradas remotamente podem influenciar localmente uma região (DOBRYNIN et al., 2015). Um aumento na ordem de 0,2m é projetado para essa região geradora de *swell* (CAMUS et al., 2017) e, apesar de acreditar-se que ondas tipo *swell* geradas em cinturões de altas latitudes exerçam pouca influência no clima de ondas atual da região Nordeste do Brasil (BITTENCOURT et al., 2005), a geração de ondas mais energéticas nestas novas condições pode atingir a região, representando um maior potencial erosivo. Para projeções de alterações nos períodos de pico, uma pequena diminuição na ordem de 0,1s, pode ser observada para a região onde Porto Seguro está inserida, com aumento de cerca de 0,2s no cinturão de alta latitude do hemisfério sul (CAMUS et al., 2017).

Com base no que foi exposto acima, é possível que até o final do século, o clima de ondas no que tange à altura, período e direção de incidência de ondas, não deverá sofrer alterações significativas, atribuindo, assim, os principais impactos relativos às mudanças climáticas ao aumento no nível médio do mar, que potencializaria os problemas de erosão já existentes na região.



Implicações para a gestão

Como mencionado anteriormente, um aumento do nível médio do mar implicaria diretamente na inundação de áreas baixas e na intensificação da erosão costeira. Como o município de Porto Seguro já apresenta focos de intensa erosão sob as condições climáticas-oceanográficas atuais, esse aumento projetado até 2100 pode representar sérios danos para o município.

A rodovia BR-367 margeia toda a área de estudo e é o principal acesso entre a região central de Porto Seguro e Coroa Vermelha. Esta importante infraestrutura apresenta sérios danos (ver Figura 3) causados pela intensa e crônica erosão costeira, que é resultante principalmente da concentração de energia de ondas nesse ponto, resultante principalmente da difração causada pelas extremidades do Recife de Fora (FERNANDINO et al., 2018b). Espera-se que estes danos sejam agravados com a subida do nível do mar estimada, trazendo grandes transtornos para a população e prejuízos econômicos caso, até lá, nenhuma medida seja tomada. Com o aumento do nível do mar, há um aumento na profundidade da coluna d'água. Assim, ondas incidentes serão capazes de atingir a costa com maior energia, sem sofrer atenuações em sua magnitude pelo efeito de arrasto contra o fundo, potencializando os danos estruturais observados.

Além disso, as barracas de praia (oficialmente chamadas de “complexos recreativos” – ver Figura 3F), e estabelecimentos à beira-mar, como restaurantes, por exemplo, teriam sua integridade física ameaçada em função do avanço do mar sobre essas estruturas (ver Figura 3D). Isso representaria grande prejuízo econômico para seus proprietários e, indiretamente, uma possível perda de receita para o município através do turismo. Isso ocorreria, pois as praias e complexos se tornariam menos atrativos para os milhares de

turistas que as procuram anualmente por não apresentarem faixa de areia durante a preamar e pelas estruturas abandonadas no pós-praia que comprometem a beleza cênica e o tráfego de banhistas pela faixa de areia, como já observado nas proximidades do saliente de Ponta Grande. Além disso, como já observado em outras partes do mundo (i.e. ALBERT et al., 2016), parte da população que vive nas proximidades do mar pode ter que ser realocada em função do aumento do nível do mar.

No que diz respeito a implicações ambientais, parte do ecossistema de restinga encontrado no local pode ser comprometido em função de sua remoção direta (erosão) ou pela alteração das características físico-químicas do local onde estão inseridos em função do avanço da água do mar. O mesmo poderia acontecer com as manchas de manguezal presentes na região. Esses ecossistemas podem, no futuro, vir a ser substituídos por ecossistemas terrestres, como apontando por WOODROFFE et al. (2016). Por outro lado, outros ecossistemas transicionais podem se beneficiar das novas condições impostas pelo aumento do nível do mar (RAABE & STUMPF, 2016). Uma análise mais aprofundada deve ser conduzida nesse sentido no futuro, avaliando as possíveis respostas dos ecossistemas locais às novas condições. Outro possível problema seria a intrusão da cunha salina na água subterrânea e superficial, o que poderia levar à sua salinização e, conseqüentemente, comprometer seu uso pela população local, como já apontado por NICHOLLS & LEATHERMAN (1995) e MASCIOPINTO & LISO (2016).

Os recifes de coral presentes na área poderiam também sofrer conseqüências em relação ao aumento do nível do mar. Como demonstrado por FERNANDINO et al. (2018b), os bancos de recifes de coral encontrados ao longo (e *offshore*) do litoral norte de Porto Seguro não fornecem atualmente o serviço de



proteção à linha de costa. Ao contrário, estes autores indicam que alguns focos de erosão, como o da BR-367 em Ponta Grande, são induzidos por sua presença que, em função da difração dos raios de onda, concentram maiores energias de onda em determinados locais. É possível que, com o aumento do nível do mar, a capacidade de atenuação de ondas desses recifes seja ainda mais reduzida, permitindo a chegada de ondas mais energéticas na linha de costa.

Do ponto de vista da inundação, os resultados dos modelos incorporados no SMC-Brasil já apontam a recorrência de eventos mais energéticos com períodos de retorno variados que afetariam diretamente a erosão costeira (FERNANDINO et al., 2018b). Esses eventos associados a um maior nível do mar poderiam implicar em um maior *run-up* das ondas, permitindo que estas atinjam regiões mais internas, causando inundação costeira e sérios danos à população local (SEMEDO et al., 2013). É importante que gestores locais tenham ciência da ocorrência desses eventos periódicos e os incorporem na avaliação da eficiência e vida útil das estruturas existentes e quando da realização de possíveis novas intervenções na linha de costa.

Um relatório sobre estratégias de enfrentamento e gestão perante a subida do nível do mar foi elaborado a pedido do conselho municipal da cidade de Wellington, Nova Zelândia – *Wellington City Council* (WCC, 2013). Nesse relatório, cinco caminhos de gestão foram listados: não intervenção, recuo gerido, estabilização da linha de costa, acomodação, e expandir em direção à zona costeira. O relatório mostra que, de acordo com as características físicas e o uso e ocupação de cada área do município, diferentes estratégias devem ser tomadas levando em consideração um “risco tolerável”, que é o nível de risco que indivíduos ou comunidades estão preparados a tolerar sob certas circunstâncias em troca de um benefício específico.

De posse dessas informações, estratégias de gestão baseadas em ecossistemas devem ser elaboradas e aplicadas a fim de mitigar os impactos já existentes na costa de Porto Seguro e os possíveis impactos futuros gerados, principalmente, pelo aumento do nível do mar. Se possível, no que tange aos complexos recreativos, uma estratégia adaptativa de acomodação ou recuo para a zona costeira (WCC, 2013) poderia ser empregada. No primeiro caso, elas poderiam ter seu design alterado e reconstruídas sobre pilares de forma a não serem afetadas pela subida do nível do mar. No segundo caso, elas poderiam ser removidas para minimizar os efeitos da erosão induzida por suas estruturas, e realocadas para a retaguarda de trechos onde a duna frontal e a vegetação de restinga ainda se encontram preservadas e, desse modo, ainda apresentam seu potencial de oferta do serviço de proteção à linha de costa. Isso deve ser feito de modo que não comprometa os serviços oferecidos por tais ecossistemas, mantendo os ecossistemas e suas características preservados o máximo possível.

Além disso, um trabalho de recuperação de vegetação costeira deveria ser realizado no local onde as barracas existiram, de modo a garantir, no futuro, que a presença dessa vegetação e o estoque sedimentar do pós-praia proteja a população adjacente dos efeitos erosivos de eventos mais energéticos.

No caso da BR-367, estratégias de enfrentamento ou recuo para a zona costeira poderiam ser empregadas, a exemplo do que foi mostrado por WCC (2013). No primeiro caso, sugere-se que a mesma seja elevada e/ou, como sugerido pela segunda estratégia, realocada mais para o interior, afastando-se da costa. Dessa forma, o risco de colapso em função do avanço do mar poderia ser eliminado.

Complementarmente, os enrocamentos presentes no local (ver Figura 3E) deveriam ser removidos de modo a permitir que a praia se recupere naturalmente.



Após essas ações, outras estratégias de enfrentamento poderiam ser empregadas, como o engordamento de praia ou o uso de dissipadores de energia de ondas emersos e submersos (i.e. Bagwall e Geotube®). Sempre que possível, deve-se dar preferência a obras não-rígidas, combinadas com o uso do potencial natural de dunas e de vegetação para a contenção da erosão (work with nature) (FERNANDINO et al., 2018a). Para definir qual a melhor estratégia, estudos direcionados à avaliação do seu uso aplicados à realidade local devem ser conduzidos, sempre levando em consideração tendências futuras de subida do nível do mar e a incidência de eventos mais energéticos com períodos de retorno mais longos, com 10, 20 e 50 anos, por exemplo.

CONCLUSÃO

O aumento do nível do mar projetado para o trecho norte da orla de Porto Seguro apresentou valores similares aos da média global. Suas implicações representam um grande desafio para a gestão costeira do município. Sua população, infraestrutura e ecossistemas costeiros poderão enfrentar importantes mudanças nos próximos anos, requerendo estratégias de adaptação e enfrentamento.

Apesar de existirem exemplos de sucesso, as medidas sugeridas acima não são simples de serem implementadas. Muitas delas, em função de impasses legais e culturais, e dos diversos conflitos existentes entre os atores envolvidos, dificilmente seriam aceitas em um cenário político-social-ambiental real próximo. Assim, recomenda-se fortemente a preservação dos trechos de praia ainda não ocupados e a não-realização de intervenções futuras na linha de costa (sem estudo prévio), principalmente por estruturas rígidas que possam interromper o trânsito de sedimentos e levar à criação de novos focos erosivos.

Além disso, estudos cujos enfoques sejam a avaliação dos impactos da subida do nível do mar sobre ambientes transicionais (i.e. restinga, manguezais), efeitos da intrusão salina sobre a qualidade da água subterrânea e superficial, e o uso de estratégias de engenharia para combate à erosão costeira (engordamento de praia, Bagwall, Geotube®), quando necessárias, devem ser conduzidos a fim de munir o poder público, ONGs e a iniciativa privada das informações necessárias para enfrentar os desafios futuros impostos pelas mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Nº 40817/2014-0) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, através das bolsas de doutorado de G. Fernandino e C.I. Elliff, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, S.; LEON, J.X.; GRINHAM, A.R.; CHRUCH, J.A.; GIBBES, B.R. & WOODROFFE, C.D. 2016. Interactions between sea-level rise and wave exposure on reef island dynamics in the Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, 11 054011:1-10. (doi:10.1088/1748-9326/11/5/054011)
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. & SILVA, I.R. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: an overview. *Marine Geology*, 219: 219 -234. (doi:10.1016/j.margeo.2005.06.006)
- CAMUS, P.; LOSADA, I.J.; IZAGUIRRE, C.; ESPEJO, A.; MENÉNDEZ, M. & PÉREZ, J. 2017. Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. *Earth's Future*, 5: 918-933. (doi:10.1002/2017EF000609)



- CAMUS, P.; MENDEZ, F.J.; MEDINA, R.; TOMAS, A. & IZAGUIRRE, C. 2013. High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. *Coastal Engineering*, 72:56-68. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.09.002>)
- CARNEIRO, R.A.F. 2000. Diagnóstico socioeconômico. In: DOMINGUEZ, J.M.L. (Org.). Projeto costa descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz de Cabralia, Porto Seguro e Prado, pp. 7-16, CBPM, Salvador, Bahia, Brasil. (CDU 553.041(814.2)(047.))
- CARSON, M.; KÖHL, A.; STAMMER, D.; SLANGEN, A.B.A.; KATSMAN, C.A.; VAN DE WAL, R.S.W.; CHURCH, J. & WHITE, N. 2016. Coastal sea level changes, observed and projected during the 20th and 21st century. *Climatic Change*, 134:269-281. (doi:10.1007/s10584-015-1520-1)
- CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2011. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Dinámicas, tendencias y variabilidad climática, Espanha. In: <http://www.cepal.org/id.asp?id=45542> (acesso: Março 2018)
- CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2012a. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Efectos teóricos, Espanha. In: <http://www.cepal.org/id.asp?id=47536> (acesso: Março 2018)
- CEPAL: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 2012b. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Impactos, Espanha. In: <http://www.cepal.org/id.asp?id=48023> (acesso: Março 2018)
- CHURCH, J.A.; WHITE, N.J.; COLEMAN, R.; LAMBECK, K. & MITROVICA, J.X. 2004. Estimates of the regional distribution of sea level rise over the 1950 to 2000 period. *Journal of Climate*, 17:2609-2625. ([https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2609:EOTRDO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2609:EOTRDO>2.0.CO;2))
- DAVY, R.; GNATIUK, N.; PETTERSSON, L. & BOBYLEV, L. 2018. Climate change impacts on wind energy potential in the European domain with a focus on the Black Sea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(2):1652-1659. (doi:10.1016/j.rser.2017.05.253)
- DOBRYNIN, M.; MURAWSKI, J.; BAEHR, J. & ILYINA, T. 2015. Detection and attribution of climate change signal in ocean wind waves. *Journal of Climate, American Meteorological Society*, 28:1578-1597. (doi: 10.1175/JCLI-D-13-00664.1)
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. & MARTIN, L. 2000. Processos e Riscos Geológicos da Planície Quaternária e Plataforma Continental Adjacente. In: J. M. L. Dominguez (Ed.), Projeto Costa do Descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabralia, Porto Seguro e Prado, pp. 119-134, CBPM Salvador, BA, Brasil. (disponível em rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/5165/1/rel_costa_redesc_infra.pdf)
- DOMINGUEZ, J.M.L.; GUIMARÃES, J.K. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 2018. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. (Org.) 2018. Panorama da erosão costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento Ambiental Territorial, pp. 381-432, MMA, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 978-85-7738-394-8) (disponível em <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/procosta2>)
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 2002. A Costa do Descobrimento, BA: A geologia vista das caravelas, SIGEP71, In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-



- BORN, M.L.C. (Edit.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, pp. 233-241, DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, DF, Brasil (disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/sitio071/sitio071.pdf>)
- DOUGLAS, B.C. & PELTIER, W.R. 2002. The puzzle of global sea-level rise. *Physics Today*, 55: 35-40. (doi: 10.1063/1.1472392)
- FERNANDINO, G.; ELLIFF, C.I. & SILVA, I.R. 2018a. Ecosystem-based management of coastal zones in face of climate change impacts: Challenges and inequalities. *Journal of Environmental Management*, 215:32-39. (doi: 10.1016/j.jenvman.2018.03.034)
- FERNANDINO, G.; GONZÁLEZ, M.; CÁNOVAS, V.; TANAJURA, C.A.S. & SILVA, I.R. 2018b. Erosional patterns induced by coral reefs in the eastern coast of Brazil, *Pesquisas em Geociências*, 45:e0750. (doi: 10.22456/1807-9806.91391)
- GALLAGHER, S.; GLEESON, E.; TIRON, R.; MCGRATH, R. & DIAS, F. 2016. Wave climate projections for Ireland for the end of the 21st century including analysis of EC-Earth winds over the North Atlantic Ocean. *International Journal of Climatology*, 36: 4592-4607. (doi:10.1002/joc.4656)
- HEMER, M.A.; FAN, Y.; MORI, N.; SEMEDO, A. & WANG, X.L. 2013. Projected changes in wave climate from a multi-model ensemble. *Nature Climate Change Letters*, 3:471-476. (doi: 10.1038/nclimate1791)
- HOGBEN, N. & LUMB, F.E. 1967. *Ocean Wave Statistics*. 263p., HM Stationery Office, London.
- HUGHES, T.P.; KERRY, J.T.; ÁLVAREZ-NORIEGA, M.; ÁLVAREZ-ROMERO, J.G.; ANDERSON, K.D.; BAIRD, A.H.; BABCOCK, R.C.; BEGER, M.; BELLWOOD, D.R.; BERKELMANS, R.; BRIDGE, T.C.; BUTLER, I.R.; BYRNE, M.; CANTIN, N.E.; COMEAU, S.; CONNOLLY, S.R.; CUMMING, G.S.; DALTON, S.J.; DIAZ-PULIDO, G.; EAKIN, C.M.; FIGUEIRA, W.F.; GILMOUR, J.P.; HARRISON, H.B.; HERON, S.F.; HOEY, A.S.; HOBBS, J.P.A.; HOOGENBOOM, M.O.; KENNEDY, E.V.; KUO, C.Y.; LOUGH, J.M.; LOWE, R.J.; LIU, G.; MCCULLOCH, M.T.; MALCOLM, H.A.; MCWILLIAM, M.J.; PANDOLFI, J.M.; PEARS, R.J.; PRATCHETT, M.S.; SCHOEPPF, V.; SIMPSON, T.; SKIRVING, W.J.; SOMMER, B.; TORDA, G.; WACHENFELD, D.R.; WILLIS, B.L. & WILSON, S.K. 2017. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543:373-377. (doi: 10.1038/nature21707)
- IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. In: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/> (acesso: Agosto de 2015).
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1535p. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (doi:10.1017/CBO9781107415324).
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 151p. R.K. PACHAURI & L.A. MEYER (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. (disponível em <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>)
- LEÃO, Z.M.A.N. & KIKUCHI, R.K.P. 1999. The Bahian coral reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD. *Ciência e Cultura*, 51(3-4):262-273. (disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000102&pid=S0001-3765200800010001500025&lng=pt)
- MANN, M.E.; RAHMSTORF, S.; KORNHUBER, K.; STEINMAN, B.A.; MILLER, S.K. & COUMOU, D. 2017. Influence of anthropogenic climate change on planetary wave resonance and extreme weather events. *Scientific Reports*, 7:1-10. (doi: 10.1038/srep45242)



- MARTÍNEZ, M.L.; INTRALAWAN, A.; VÁZQUEZ, G.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SUTTON, P. & LANDGRAVE, R. 2007. The coasts of our world: ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, 63:254-272. (<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.022>)
- MASCIOPINTO, C. & LISO, I. S. 2016. Assessment of the impact of sea-level rise due to climate change on groundwater discharge. *Science of the Total Environment*, 569-570: 672-680. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.183>)
- McINNES, K.; ERWIN, T.A. & BATHOLS, J.M. 2011. Global climate model projected changes in 10 m wind speed and direction due to anthropogenic climate change. *Atmospheric Science Letters*, 12:325-333. (doi: 10.1002/asl.341)
- MÍNGUEZ, R.; REGUERO, B. G.; LUCEÑO, A. & MÉNDEZ, F. J. 2012a. Regression models for outlier identification (hurricanes and typhoons) in wave hindcast databases. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29:267-285. (doi: 10.1175/JTECH-D-11-00059.1)
- MÍNGUEZ, R.; TOMÁS, A.; MÉNDEZ, F. J. & MEDINA, R. 2012b. Mixed extreme wave climate model for reanalysis databases. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27: 757-768. (doi: 10.1007/s00477-012-0604)
- MORI, N.; YASUDA, T.; MASE, H.; TOM, T. & OKU, Y. 2010. Projection of Extreme Wave Climate Change under Global Warming. *Hydrological Research Letters*, 4:15-19. (doi: 10.3178/hrl.4.15)
- MUEHE, D. 2010. Brazilian coastal vulnerability to climate change. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5:173-183. ISSN 1809-9009 (disponível em [https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_5\(2\)_173-183.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_5(2)_173-183.pdf))
- MUEHE, D. (Org.) 2018. Panorama da erosão costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento Ambiental Territorial, 759 p., MMA, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 978-85-7738-394-8)
- (disponível em <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/procosta2>)
- NEUMANN, B.; VAFEIDIS, A.T.; ZIMMERMANN, J. & NICHOLLS, R.J. 2015. Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. *PLoS ONE* 10(3):e0118571. (doi:10.1371/journal.pone.0118571)
- NICHOLLS, R.J. & LEATHERMAN S.P. 1995. The implications of accelerated sea-level rise for developing countries: a discussion. *Journal of Coastal Research*, SI 14:303-323. (doi: 10.2112/07A-0003.1)
- ORESQUES, N. 2004. The Scientific Consensus on Climate Change. *Science*, 306(5702):1686. (doi: 10.1126/science.1103618)
- PELTIER, W.R. 2001. Earth physics and global glacial isostasy: from paleo-geodesy to space-geodesy. In: SIDERIS M.G. (eds). *Gravity, Geoid and Geodynamics 2000*, pp.7-12. International Association of Geodesy Symposia, vol 123. Springer, Berlin, Heidelberg, (disponível em https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04827-6_2)
- PIANCA, C.; MAZZINI, P.L.F. & SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate bases on NWW3 reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58:53-70. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592010000100006>)
- RAABE, E.A. & STUMPF, R.P. 2016. Expansion of tidal marsh in response to sea-level rise: Gulf of Florida, USA. *Estuaries and Coasts*, 39(1):145-157. (<https://doi.org/10.1007/s12237-015-9974-y>)
- RHEIN, M.; RINTOUL, S.R.; AOKI, S., CAMPOS, E.; CHAMBERS, D.; FEELY, R.A.; GULEV, S.; JOHNSON, G.C.; JOSEY, S.A.; KOSTIANOY, A.; MAURITZEN, C.; ROEMMICH, D.; TALLEY, L.D. & WANG, F. 2013. Observations: Ocean. In: STOCKER, T.F.; QIN D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V. & MIDGLEY, P.M. (Eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth*



- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013, pp. 255-297, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>)
- SEMEDO, A.; WEISSE, R.; BEHRENS, A.; STERL, A.; BENGTSSON, L. & GUNTHER, H. 2013. Projection of global wave climate change toward the end of the twenty-first century. *Journal of Climate*, American Meteorological Society, 26:8269-8288. (doi: 10.1175/JCLI-D-12-00658.1)
- SILVA, I. R. 2004. Costa do Descobrimento: uma contribuição para gestão ambiental. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal da Bahia, Brasil, 232 p.
- SLANGEN, A. B. A.; CARSON, M.; KATSMAN, C.A.; VAN DE WAL, R.S.W.; KOEHL, A.; VERMEERSEN, L.L.A. & STAMMER, D. 2014. Projecting twenty-first century regional sea-level changes. *Climatic Change*, 124:317-332. (doi: 10.1007/s10584-014-1080-9)
- SYDEMAN, W.J.; GARCÍA-REYES, M.; SCHOEMAN, D.S.; RYKACZEWSKI, R.R.; THOMPSON, S.A.; BLACK, B.A. & BOGARD, S.J. 2014. Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. *Climate Change Reports*, 345(6192): 77-80. (doi: 10.1126/science.1251635)
- TESSLER, M. 2008. Potencial de risco natural. In: *Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil*, pp. 93-102. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil (disponível em <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/macrodiagnostico>).
- WCC: WELLINGTON CITY COUNCIL. 2013. *Sea level rise options analysis*. 169p., Tonkin & Taylor Ltd, Wellington, New Zealand (<https://wellington.govt.nz/services/environment-and-waste/environment/climate-change/sea-level-rise-options-analysis>).
- WOODROFFE, C.D.; ROGERS, K.; MCKEE, K.L.; LOVELOCK, C.E.; MENDELSSOHN, I.A. & SAINTILAN, N. 2016. Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise. *Annual Review of Marine Science*, 8:16.1-16.24. (doi: 10.1146/annurev-marine-122414-034025)