

## IMPACTOS POTENCIAIS OCACIONADOS PELA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR AO LONGO DA “VIA COSTEIRA” DE NATAL /RN.

*Flávia Janiny Oliveira da Silva<sup>1</sup> & Claudio Freitas Neves<sup>2</sup> & Ada Cristina Scudelari<sup>\*3</sup> & Venerando Eustáquio Amaro<sup>4</sup> & Olavo Francisco dos Santos Jr<sup>5</sup>*

**Resumo** – O artigo focaliza os efeitos potenciais da elevação do nível do mar associada às mudanças climáticas globais na cidade de Natal/RN e, mais especificamente, na orla frontal da Via Costeira pois se trata de um ponto bastante vulnerável, fronteiro a uma região de preservação (Parque das Dunas) e ocupado esparsamente pelos maiores hotéis da cidade. Através de registro fotográfico, identificaram-se as vulnerabilidades de cada estrutura, inclusive aquelas de drenagem que se encontram fortemente degradadas tanto por ação pluvial quanto marinha.

**Palavras-Chave** – Vulnerabilidade, Mudanças Climáticas, Zona Costeira.

## POTENTIAL IMPACTS CAUSED BY SEA LEVEL RISE SEA ALONG THE “VIA COSTEIRA” SHORELINE OF NATAL / RN.

**Abstract** – This article focus on the potential impacts of sea level rise due to climate changes on the city of Natal, RN, more specifically on the stretch of coast known as “Via Costeira”. It is a very vulnerable area, next to a preservation State park (Dunes’ Park) and occupied sparsely by the most luxurious hotels in the city. By means of photographs, the vulnerabilities of each structure was identified, including the outlet of drainage systems, strongly deteriorated by pluvial and marine action.

**Keywords** – Vulnerability, Climate Change, Coastal Zone.

## INTRODUÇÃO

A partir da publicação do Quarto Relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), as mudanças climáticas passaram a ser um tema constantemente discutido nas muitas convenções e reuniões, não apenas científicas mas também políticas. A experiência mostra que, entre a identificação das fragilidades existentes ou a ocorrência de catástrofes ambientais e a efetiva construção de uma medida de mitigação pode decorrer um prazo da ordem de 20 anos em média. No Brasil, a questão das mudanças climáticas começou a ser discutida no cenário que antecipou a Convenção das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) em 1992. Naquela época, predominaram as discussões sobre mudanças de parâmetros atmosféricos ou de sistemas meteorológicos, sobre conflitos de uso dos recursos hídricos, sobre questões socio-ambientais e sobre os impactos na agricultura e em biomas. Muehe e Neves (1990, 1995) elaboraram a primeira avaliação dos impactos potenciais sobre a costa brasileira de uma elevação de 1m no nível médio do mar, no contexto de uma avaliação global conduzida pelo IPCC, e indicaram a realização de estudos mais detalhados em 5 locais: costa do Pará, Fortaleza, Recife, Rio de Janeiro e entorno da Lagoa dos Patos. Neves e Muehe (1995) avaliaram os impactos da inundação e da erosão costeira na Região Metropolitana do Recife, na época a única grande capital brasileira a

<sup>1</sup> SEMURB – Natal/RN; e-mail: [flaviajaniny@yahoo.com.br](mailto:flaviajaniny@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro/RJ; e-mail: [neves@peno.coppe.ufrj.br](mailto:neves@peno.coppe.ufrj.br)

<sup>3\*</sup> UFRN/DEC – Natal/RN; e-mail: [ada@ct.ufrn.br](mailto:ada@ct.ufrn.br)

<sup>4</sup> UFRN/GEOPRO – Natal/RN; e-mail: [venerando.amaro@gmail.com](mailto:venerando.amaro@gmail.com)

<sup>5</sup> UFRN/DEC – Natal/RN; e-mail: [olavo@ct.ufrn.br](mailto:olavo@ct.ufrn.br)

oferecer condições cartográficas (ortofotocartas restituídas na escala 1:10.000) adequadas a um estudo dessa natureza. Em 2004 o estudo sobre a costa brasileira foi atualizado (Neves e Muehe, 2005), os autores apresentaram uma nova classificação da costa brasileira e a atualização da distribuição populacional nos municípios costeiros. Seguiram-se estudos de vulnerabilidade de outras capitais: Rio de Janeiro (Muehe e Neves, 2008), Vitória (Nali, 2011), Recife (Araújo Filho, *in* Rosman et al. 2009), costa de Santa Catarina (Klein e Carvalho, *in* Rosman et al. 2009). Finalmente, foi feita uma avaliação do patrimônio em risco na costa brasileira, obtendo-se valores da ordem de R\$ 150 a 200 bilhões (Rosman et al. 2009), sendo as cidades mais vulneráveis Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre, Vitória, Santos, Recife e Fortaleza.

A zona costeira é sabidamente um ambiente muito dinâmico, considerando a interação existente entre terra, água e ar, sujeito à influência de vários agentes naturais, e por este motivo, as zonas costeiras são consideradas pelas agências de resseguros como regiões de mais alto risco no planeta. Mesmo assim, estima-se que cerca de dois terços da humanidade habitem esse ambiente, localizando-se à beira-mar a maior parte das megacidades contemporâneas, especialmente na Ásia. No Brasil, segundo dados do IBGE, cerca de 20% da população habitam municípios litorâneos, a maior concentração existindo nas capitais de estados. Tal fato associa-se ao desenvolvimento econômico de atividades portuárias, exploração de recursos naturais, aquicultura, turismo, dentre outras, que torna o local um ambiente propício à intensa exploração econômica.

Para propósitos de proteção costeira, é necessário contabilizar a extensão da costa brasileira considerando suas reentrâncias de baías, estuários, deltas como o do Amazonas e grandes lagos (Lagoa dos Patos). Neste caso, de acordo com estudo feito por Neves e Muehe (2008), o litoral brasileiro possui cerca de 12.500 km de extensão e uma área emersa de aproximadamente 442.000km<sup>2</sup>. Considerando a extensa área litorânea do Brasil foram iniciados vários estudos nos estados situados na zona costeira com o intuito de identificar pontos de fragilidade nesse ambiente e apresentar recomendações que deverão ser aplicadas mediante as alterações do meio causadas pelas mudanças climáticas. A Região Nordeste é muito sensível à erosão costeira devido ao baixo volume de sedimentos trazidos pelos rios que deságuam na costa, a um regime de ventos e ondas praticamente unidirecional e a uma componente de vento direcionado predominantemente do mar para a costa, responsável pela construção de dunas construídas com areia da praia.

No entanto, a elevação do nível do mar não é o único efeito danoso à zona costeira, pois associado às mudanças meteorológicas, existirão outros efeitos, tais como: mudança do clima de ondas, acomodações da morfologia das praias às novas condições de ondas, transporte eólico de areias, galgamento e eventual rompimento de restingas, regime de chuvas e qualidade de água nos estuários, entre outras mudanças ambientais.

Com uma extensão de 410 km de costa, o litoral do estado do Rio Grande do Norte é subdividido em Litoral Oriental, orientado na direção geral Norte-Sul, desde a foz do rio Guaju, fronteira com o estado da Paraíba, até o cabo Calcanhar, e o Litoral Setentrional, orientado na direção Leste-Oeste, do Cabo Calcanhar até a fronteira com o estado do Ceará na praia de Tibau do Norte. Dos 167 municípios pertencentes ao estado, 26 estão situados na zona costeira os quais contribuem significativamente para a economia do estado representando uma parcela de 69% do PIB do estado (IBGE, 2008).

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Natal, capital do estado, situa-se no Litoral Oriental, possui aproximadamente 25 km de extensão de costa e localiza-se às margens do estuário do rio Potengi. É um importante município do RN que encabeça a Região Metropolitana do Estado (RME). O morro do Careca e o conjunto de dunas que compõe o Parque das Dunas constituem feições fisiográficas importantes para a cidade

de Natal. Ambos locais são protegidos por legislação estadual e delimitam uma unidade fisiográfica que se estende desde Ponta Negra, ao sul, até a Ponta de Mãe Luíza, ao norte. O trecho de praia à frente do Parque das Dunas, denominado como Via Costeira de Natal, possui cerca de 10 km de extensão e uma economia direcionada ao turismo, merecendo destaque os hotéis de luxo aí posicionados, o Centro de Convenções de Natal e como as adjacências do Parque da Dunas. Inaugurada no ano de 1985, a Via Costeira é uma avenida de duas pistas, que margeia o Parque das Dunas e liga as praias de Ponta Negra a Areia Preta. Ao longo de sua extensão, estão instalados 11 hotéis com padrão de 3 a 5 estrelas, todos à beira mar, e existe o esqueleto abandonado de uma estrutura inacabada, a qual teve sua obra embargada devido a exceder o gabarito definido em lei. Este ambiente não é muito frequentado pela comunidade local, seus principais transeuntes são os hóspedes dos citados hotéis.

Considerando este cenário e a importância econômica da Via Costeira de Natal para o município, o trabalho ora apresentado tem como principal objetivo a identificação preliminar das vulnerabilidades e os impactos ambientais provocados pela possível elevação do nível médio do mar, de acordo com os cenários propostos pelo IPCC.

A Via Costeira está totalmente inserida na ZET-2 a qual foi criada pela Lei Estadual 3.175/1984 e regulamentada pela Lei Estadual 4.547/1994. Este também é um espaço de controle de uso e ocupação do solo devido ao seu valor cênico-paisagístico e importância turística para o município. De acordo com a lei de regulamentação, os usos permitidos são a prestação de serviços, o comércio varejista e outros usos institucionais.

Considerando que neste trecho está instalada a melhor rede hoteleira do município e que é rota turística, ressalta-se a importância econômica de tal região.

O trabalho teve como base os estudos realizados pela COPPE/UFRJ (Rosman et al. 2009; Muehe e Neves, 2008; Neves e Muehe, 1995; Silva, 2012) sobre a vulnerabilidade da costa brasileira às mudanças climáticas e o trabalho de Michael Souto (2009): cenários do litoral do Rio Grande do Norte, com a elevação do nível do mar, que considerou o modelo desenvolvido por ROWLEY et al. (2007), para verificar as possíveis áreas de inundação nos estuários do estado do Rio Grande do Norte apresentando 6 cenários. Ressalta-se, porém, que, além da própria inundação dos hotéis e estruturas localizadas na Via Costeira, com a elevação do nível do mar as ondas atingiriam falésias e dunas, que seriam então erodidas; este recuo da linha de costa seria bem maior do que aquele esperado pela simples elevação estática do nível do mar. Seria intensificado o transporte litorâneo de sedimentos que se depositariam, por último, no canal de acesso ao rio Potengi.

Para fins de registro, foram coletadas fotografias e feitas observações durante caminhadas realizadas em períodos de preamar e baixa-mar em épocas de marés de sizígia (lua cheia ou nova), nos dias 08/10/2010 em situação de maré de sizígia em horário de maré baixa prevista uma altura de - 0,1 metros às 9h36min e em 24/01/2011 em situação de maré de sigízia em horário de maré alta prevista uma altura de 2,2 m às 07h47min de acordo com as informações do site da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). A captura das imagens deu-se no intervalo de tempo compreendido entre 8h30min e 11h30min, manhã do dia 08/10/201 e entre 08h20min e 09h20min, manhã do dia 24/01/2011. Estas informações resultaram em mapas temáticos para identificação de áreas possivelmente comprometidas, confeccionados com ferramentas de geoprocessamento e ortofotocartas com data de 2006 que foram disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB).

## RESULTADOS

No trecho da Via Costeira os principais problemas encontrados foram: problemas de erosão associado ao sistema de drenagem de águas pluviais; ação das ondas em maré alta sobre estruturas do sistema de drenagem; ocupação pela estrutura hoteleira faixa dinâmica da praia, ou seja, aquela região cuja largura de faixa emersa é variável em função do nível do mar e das ondas; ocupação de área provável de inundação ou de ataque pelas ondas.

Na situação do atual nível do mar, verifica-se que em situações excepcionais as ondas já atingem algumas estruturas dos hotéis e traz preocupações quanto à estabilidade de algumas obras. Em virtude disso, há uma constante manutenção das estruturas de fundações dos hotéis no limite entre o lote e o mar. Tal situação de vulnerabilidade é agravada pelo galgamento ou pela ação direta das ondas sobre as estruturas e pela retirada de sedimentos da praia, provocando a longo prazo o colapso nos muros de contenção ou nos taludes que os protegem.

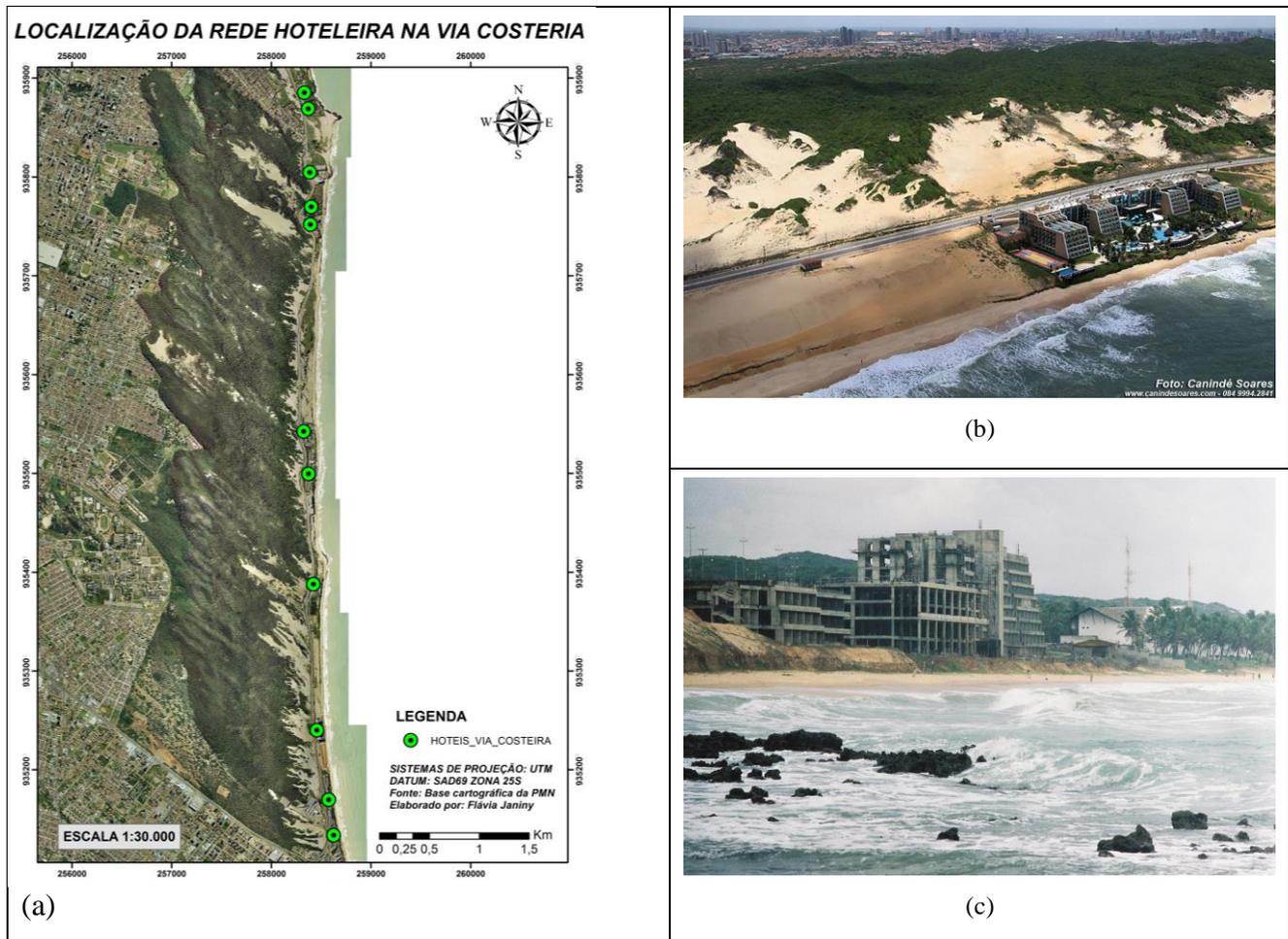


Figura 1: (a) Mapa de localização da área de estudo; (b) exemplo de hotéis na Via Costeira; (c) ruína de estrutura.

Na Figura 2 verifica-se que o mar, em maré cheia se aproxima do sopé da duna onde o hotel está instalado. É importante observar a remoção de sedimento junto ao muro de contenção que serve de base para a galeria do sistema de drenagem pluvial do empreendimento (Figura 2 d).

A Figura 3 mostra o muro de contenção em frente ao Hotel Pestana e a extensão do alcance da maré, entre preamar e baixa-mar, para esta área. Observa-se que o muro de contenção foi protegido com enrocamento (Figura 3 a e b) e que a base da escada foi soterrada pela areia. Na Figura 3 (c)

tem-se uma idéia da extensão da estrutura que necessita ser protegida. Para a situação de maré alta, Figura 3 (d), não ficou evidente uma aproximação da maré ao ponto de atingir a base da estrutura, a linha em vermelho demarca o local de limite da maré cheia na ocasião da visita de campo.

Para melhor exemplificar a dinâmica do ambiente costeiro e entender a motivação da proteção da estrutura observe a Figura 4. Em (a) tem-se uma foto aérea datada de 2006 onde se observam três tons de coloração da faixa de areia em frente ao hotel, sendo o mais claro, área mais próxima do limite da edificação, o local que não é atingido pela água. Para a situação (b), no ano de 2010 o cenário é totalmente diferente ficando evidente que o mar toca ou fica no limiar de atingir a base do muro de contenção do hotel. Considerando que, segundo as informações existentes no Google Earth, a imagem é datada de maio de 2010 e que as primeiras fotografias para o presente estudo são datadas de outubro do mesmo ano, pode se sugerir que a estrutura anteriormente apresentada estivesse passando por manutenção devido a danos sofridos recentemente.

Outra situação verificada é uma edificação instalada no Hotel Sehrrs que se apoia no Grupo Barreiras aflorante, ambiente de falésia viva onde há constante interação com as ondas. Na Figura 5 percebe-se que, em maré alta (b), a base da falésia é totalmente banhada pelo mar enquanto que, na baixamar (a), existe uma extensa faixa de areia. Tal cenário reforça a idéia de fragilidade na estrutura da obra visto que o empreendimento está posicionado em uma área segura de inundação para qualquer cenário de elevação do NMM.

Além dos problemas claramente apontados pela ação da movimentação da maré, é importante lembrar que neste ambiente as estruturas também estão expostas as intempéries próprias do ambiente, calor, ventos, e chuvas. A região é composta por dunas descaracterizadas, ricas em sedimentos quartzosos ora livres para serem movimentados pela ação dos ventos, ora fixados por vegetação típica. A condição em tela expõe as fundações das construções a processos erosivos que podem deixá-las vulnerável a colapsos, a Figura 6 pode ser apresentada como exemplo.

A sequência de fotos apresentadas na Figura 7 apresenta uma galeria, que deveria drenar as águas pluviais provenientes da Via Costeira para o mar, mas que se encontra quase totalmente destruída. Por se tratar de um local com grãos não compactados é provável que a parte da galeria que está destruída tenha sofrido erosão na parte inferior da tubulação. Com a intensa movimentação dos sedimentos que pode ter sido provocada tanto pela ação dos ventos quanto da chuva, a tubulação sofreu um solapamento na sua base e cedeu. A atual situação agrava a erosão pluvial no local já que as águas não são direcionadas ao seu destino final. Em (a) verifica-se o local em um período de estiagem e maré baixa, já em (b) observa-se o local após uma chuva e em maré alta.

Outra situação de comprometimento do sistema de drenagem ocorre quando da erosão provocada nas fundações das estruturas dissipadoras de energia. Tal ocorrência pode ser provocada pelo escoamento das águas pluviais por fora das galerias de drenagem e/ou pela ação das ondas, provocando a remoção de pequenas camadas de solo que desestabiliza a fundação da estrutura deixando-a vulnerável, até atingir colapso.

Diante do apresentado constata-se que haveria grandes perdas econômicas para o município tendo em vista que os estabelecimentos instalados no trecho da Via Costeira estão quase que em sua totalidade sujeitos às perdas provocadas pela elevação do nível médio do mar, sua dinâmica e os fenômenos naturais existentes na zona costeira. Considerando que o setor de serviços tem um relevante valor no PIB municipal, a economia da cidade ficaria comprometida.

## CONCLUSÕES

No trecho da Via Costeira os principais problemas evidenciados foram: problemas de erosão pluvial e marinha principalmente no sistema de drenagem de águas pluviais; além disso, observou-

se que a estrutura hoteleira está situada na zona de estirâncio da praia, também sofrendo com a erosão marinha, pois está instalada em área provável de inundação ou de ataque pelas ondas.

Na situação atual, verifica-se que a proximidade do mar é algo que já atinge algumas estruturas dos hotéis e traz preocupações quanto à estabilidade de algumas obras. Em virtude disso, há uma constante manutenção das estruturas de fundações dos hotéis no limite entre o lote e o mar. Tal situação é ocasionada pelo galgamento das ondas nessas estruturas causando a retirada de sedimentos, mesmo que lentamente, provocando colapso nos muros de contenção ou nos taludes que os protegem.



Figura 2 – Vista do Hotel Ocean Palace, em (a, c) situação de maré baixa, com uma larga faixa de praia; em (b, d) situação de maré alta, a lâmina de água atinge o muro de contenção e quase alcança o sopé da duna.

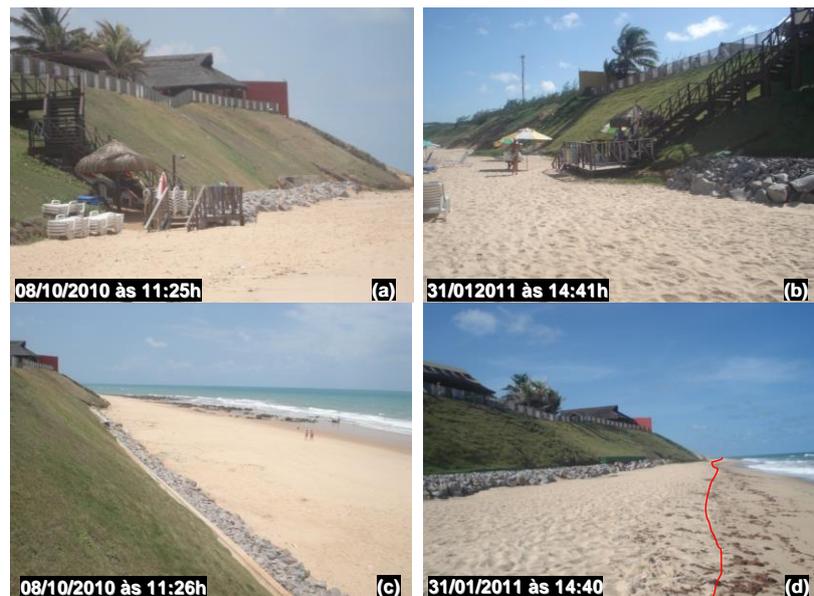


Figura 3 - Vista do Hotel Pestana, em (a), (b) e (c) situação de maré baixa mostrando pontos de fragilidade da construção, medidas de proteção e escada de acesso com estágio inicial de comprometimento; em (d) maré alta demarcada pela linha em vermelho.



Figura 4 - Vista aérea do Hotel Pestana, em (a) fotografia datada de 2006 e, em (b) fotografia aérea datada de 2010. Fonte: SEMURB e Google Earth.



Figura 5 - Figura 5.24: Hotel Serhs Natal posicionado em cima do Grupo Barreiras, área provável de inundação, em (a) situação de baixa-mar e em (b) preamar.



Figura 6 - Figura 5.25: Estruturas expostas as intempéries do ambiente.



Figura 7 - Sequência de imagens de uma galeria de drenagem pluvial totalmente destruída em duas datas.

## REFERÊNCIAS

- MUEHE, D. e NEVES, C. F. (1990). Potential impacts of sea level rise on the coast of Brazil. *In: James G. Titus. (Org.). Changing Climate and the Coast. 1ª ed. Washington: IPCC, NOAA, 1990, v. 2, p. 311-339.*
- MUEHE, D. e NEVES, C. F. (2008). Vulnerabilidade física da orla da Cidade do Rio de Janeiro. *In: Paulo P. Gusmão; Paula S. do Carmo; Sergio Besserman. (Org.). Rio - Próximos 100 anos - O aquecimento global e a cidade. 1ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008, v. 1, p. 59-79.*
- MUEHE, D. e NEVES, C. F. (1995). The implications of sea-level rise on the Brazilian coast: a preliminary assessment. *Journal of Coastal Research, New York, v. 14, p. 54-78, 1995.*
- NALI, J.O. (2011). *Elevação do nível do mar no município de vitória-es: vulnerabilidades, impactos e possíveis ações de resposta.* Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. UFES.
- NEVES, C. F. e MUEHE, D. (1995). The implications of sea-level rise on the Metropolitan Region of Recife, Brazil. *Journal of Coastal Research, New York, v. 14, p. 116-131, 1995.*
- NEVES, C. F. e MUEHE, D. (2008). Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira. *Parcerias Estratégicas. CGEE, Brasília, v. 27, p. 217-295, 2008.*
- NEVES, C. F. e MUEHE, D. (2005). Impactos das mudanças climáticas nas zonas costeiras. *In: NOBRE, Carlos A.; POPPE, Marcelo K.; LA ROVERE, Emilio L. (Org.). Cadernos NAE: Mudança do Clima. Brasília: Governo do Brasil, 2005, v. 1, p. 187-193.*
- ROSMAN, P.C.C.; MUEHE, D.; NEVES, C.F.; CARVALHO, J.L.B.; KLEIN, A.; ARAUJO FILHO, M.C. (2009). *Avaliação da Vulnerabilidade da Zona Costeira Brasileira às Mudanças Climáticas.* Rio de Janeiro: Relatório Fundação COPPETEC - PENO 11896. 2009 – COPPE/UFRJ
- SILVA, F. J. O. (2012). *Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente às mudanças climáticas.* Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. UFRN. Natal, 2012.
- SOUTO, Michael Vandesteem Silva (2009). *Análise da evolução costeira do litoral setentrional do estado do rio grande do norte, região sob influência da indústria petrolífera.* Natal: UFRN, 2009. 151p. Tese (doutorado em geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN, Natal.