

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE E DA ZONA NÃO EDIFICANTE PARA AS PRAIAS DE TABUBA E CUMBUÇO MUNICÍPIO DE CAUCAIA, CEARÁ, NE DO BRASIL

Claudia Wanderley Pereira de LIRA¹; George Satander Sá FREIRE²; Carlos Fernando de Andrade SOARES JUNIOR³; Valdir do Amaral Vaz MANSO⁴

(1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA, Universidade Federal do Ceará – UFC, Campus Universitário do Pici, Av. Humberto Monte, s/n, Bloco 912. CEP 60455-760 - Fortaleza – CE. Endereço eletrônico: clau_wlira@hotmail.com.

(2) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA, Universidade Federal do Ceará – UFC, Campus Universitário do Pici, Av. Humberto Monte, s/n, Bloco 912. CEP 60455-760 - Fortaleza – CE. Endereço eletrônico: satanderfreire@gmail.com.

(3) Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA, Universidade Federal do Ceará – UFC, Campus Universitário do Pici, Av. Humberto Monte, s/n, Bloco 912. CEP 60455-760 - Fortaleza – CE. Endereço eletrônico: nandosoares@hotmail.com.

(4) Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha - LGGM, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 3º andar, sala 330. CEP 50740-467 . Endereço eletrônico: vazmanso@uol.com.br.

Introdução
Materiais e métodos
Área de estudo
Métodos e técnicas
Resultados e discussões
Conclusões
Referências

RESUMO - A determinação da área não edificante e da vulnerabilidade em zonas costeiras são fatores preponderantes para a sua conservação ambiental. Implica em limitar atividades antrópicas impactantes e preservar as áreas compreendidas entre o meio marinho e o continente. O cálculo de retrogradação efetuado a partir da Lei de Bruun nas praias de Tabuba e Cumbuco, município de Caucaia, permitiu determinar a zona não edificante baseada na previsão para o aumento do nível do mar e em parâmetros regionais da área. As praias possuem, aproximadamente, nove km de extensão e crescimento urbano intenso, influenciadas pelas atividades de lazer e turismo. Apresentam início de erosão costeira e ocupação de áreas próximas ao mar. Os parâmetros utilizados para o cálculo de retrogradação foram, a elevação do nível do mar, a largura e a altura do perfil ativo. A vulnerabilidade foi classificada em função do nível de desenvolvimento, fragilidade ou redução da praia. Os resultados indicaram que ambas as praias apresentam média vulnerabilidade, estando fragilmente estabilizadas. Além disso, as praias só estariam protegidas no cenário otimista, parâmetro mínimo para elevação do nível do mar. Nos demais cenários, o cálculo de área não edificante indica que as praias estão em risco.

Palavras-chave: Zona costeira, retrogradação da linha de costa, erosão marinha.

ABSTRACT - The determination of non-edifying areas and the vulnerability of the coast zone are preponderant factors to its environment preservation, implies to limit anthropic activities that promote negative impacts and to preserve the included areas between the marine and the continent. The calculus of retrogradation made from Bruun Law on the beaches of Tabuba and Cumbuco, city of Caucaia, has permitted the establishment of a non-edifying zone, based on prediction of sea increasing rates and regional parameters of the beaches. The beaches covers about nine km of extension, where the most notable are the growth of occupation and urbanization, influenced by leisure and tourism activities, and the sea level rise. The consequences observed are the beginning of coastal erosion and the occupation of areas really close to the sea. With the results obtained, it's noticeable the high vulnerability of the beaches and its need for expanding the non-edifying zone. Moreover, the beaches would only be protected within the optimistic scenario, and in the others scenario, the calculus for the non-edifying zone indicates risk and vulnerability of the studied beaches.

Key-Words: Coastal zone. Retrogradation of shoreline. Marine erosion.

INTRODUÇÃO

A importância e vulnerabilidade da zona costeira, ou faixa litorânea, envolve sua localização geográfica, seus atributos paisagísticos e sua valorização socioeconômica. Caracterizada como ambiente dinâmico e complexo com influências tanto do ar quanto do mar e da terra, é composta por sistemas diversos e sofre transformações naturais e antrópicas.

A zona costeira pode ser definida como sendo a estreita faixa de transição localizada entre o oceano e o continente, conceito formulado considerando-se a esfera espacial (Campos, 2003). Não obstante, a zona costeira pode ser entendida como um lugar de grande concentração demográfica e de grande pressão antrópica. Pode ser definida, ainda, como faixa de terra com variações em sua largura, compreendida entre a linha de maré baixa e a

primeira mudança significativa observada nas feições da paisagem no interior do continente (Bates & Jackson, 1987).

A ocupação da faixa litorânea é crescente e contínua. 60% da população mundial está abrigada nessa parcela territorial e, segundo previsões da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 2100, esse percentual deve aumentar para aproximadamente 75% (Guerra *et al.*, 2007).

No Brasil, a zona costeira é considerada patrimônio nacional, possuindo, aproximadamente, 8.698km de extensão de linha de costa e 514 mil km² de área, distribuídos em dezenove estados (Brasil, 2008). A zona costeira brasileira possui grande valorização socioeconômica, solicitada pela população para o turismo e lazer, resultando em grandes impactos ambientais, como a erosão costeira, a descaracterização dos atributos paisagísticos e a expansão urbana desordenada. É, portanto, urgente à necessidade de rever as práticas de ocupação adotadas, sobretudo as efetuadas em áreas com maior proximidade com o mar.

Para Alfredini (2005), a zona costeira exerce diferentes papéis, dentre eles, o desenvolvimento socioeconômico que provém dos seus recursos naturais. Com diversidade socioeconômica e paisagística e intensa valorização do uso do solo, a zona costeira é fortemente explorada pelo homem. O Projeto Orla (Brasil, 2006) determina que esses espaços (as áreas litorâneas) são estratégicos, sofrem influência de processos naturais e antrópicos, estando sujeitos à degradação ocasionada pela exploração de seus recursos naturais, pela ocupação desordenada e pela diversidade de uso.

Uma alteração comum em áreas urbanas e litorâneas é a modificação da dinâmica costeira. Essa alteração pode ser gerada por diferentes fatores como o aumento do nível do mar e a ocupação do ambiente praias por edificações ou estruturas que impermeabilizam dunas, dificultando a sedimentação natural de cada praia e acentua o desequilíbrio, gerando alteração nas taxas de aporte e retirada de sedimentos, alteração no balanço sedimentar de um trecho específico do litoral, o que pode causar erosão (BRASIL, 1996).

Aproximadamente 10% da população mundial está abrigada em zonas costeiras situadas abaixo de 10m de altitude (Mcgranahan *et al.*, 2007). A crescente ocupação das áreas litorâneas, além de interferir na dinâmica costeira, agrava os impactos ocasionados pelo aumento do nível do mar. Esse aumento, conforme Muehe (2004), é capaz de provocar mudanças nas diferentes feições costeiras, como, por exemplo, nas costas rochosas, pode haver ausência de retrogradação; nas falésias, praias arenosas e praias de seixos, pode causar erosão; a costa baixa, litoral pantanoso, atol de coral e manguezais, provavelmente, provocar inundações; e o litoral lamoso, pode sofrer tanto erosão quanto inundação.

As praias de Tabuba e Cumbuco, classificadas como arenosas, respondem ao aumento do nível do mar por meio de erosão. A erosão costeira é um processo presente na dinâmica costeira, porém, a potencialização desse processo se tornou um problema ambiental importante e atinge cerca de 40% do litoral brasileiro, sendo esse fenômeno decorrente de diferentes fatores cuja causa pode ser natural e/ou artificial (Muehe, 2006). Como causas naturais, tem-se o desequilíbrio do balanço sedimentar, a elevação do nível do mar, a dispersão de sedimentos, dentre outras. Como causas artificiais, pode-se citar o processo de uso e ocupação do solo desordenado, as obras de engenharias (represamento de rios, dragagens, exploração de areias), dentre outras. As causas naturais e artificiais, quando ocorrem de forma concomitante, potencializam o fenômeno da erosão.

A problemática ambiental é complexa e desafiadora. Questões como a erosão marinha carecem de mecanismos que auxiliem na retomada do equilíbrio das áreas de transição entre o continente e o mar. Estabelecer a zona não edificante para as praias de Tabuba e Cumbuco contribui para minimizar os problemas ambientais gerados tanto pelo aumento do nível do mar quanto pelo intenso processo de uso e ocupação nas praias.

Assim sendo, o objetivo deste estudo é determinar a área não edificante e a vulnerabilidade dessas praias, localizadas na região nordeste do Brasil, planície litorânea do

estado do Ceará, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), município de Caucaia.

A área não edificante foi determinada a partir do cálculo de retrogradação proposto pela Lei de Bruun (1962). Os parâmetros utilizados foram à elevação do nível do mar (prevista no Quinto Relatório de Avaliação - AR5, publicado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*, 2013), a largura do perfil ativo e a altura do perfil ativo. Para tanto, foi necessário coletar dados da área como, a

batimetria, a altimetria da costa, a altura média anual das ondas significativas, o desvio padrão anual médio das ondas significativas e a linha de preamar máxima atual. A vulnerabilidade foi classificada segundo o nível de desenvolvimento, fragilidade ou redução da praia. Os resultados indicaram média vulnerabilidade, necessidade do aumento da área não edificante e risco ambiental. O estudo fornece subsídios para o planejamento e gestão da área.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada entre o litoral da praia de Cumbuco, coordenadas 528142mE e 9600544mN (P1), e a lagoa formada entre o rio Barra Nova e o oceano Atlântico, coordenadas 535550mE e 9595565mN (P2). Possui extensão aproximada de 9,0 km e uma altitude média de 12m.

Para Silva *et al.* (2006), as áreas litorâneas do estado do Ceará são caracterizadas pela prática do veraneio marítimo, vinculada à expansão e valorização de áreas costeiras, especialmente, em regiões metropolitanas e alguns municípios, dentre os quais, destaca-se o município de Caucaia.

No município de Caucaia, o veraneio marítimo consolidado pelas segundas residências colaborou para o desenvolvimento do tecido urbano (6.540 segundas residência – Silva *et al.* 2006), agenciou a construção de várias edificações (condomínios residenciais de veraneio, restaurantes, barracas de praia) destinadas ao lazer, gerando um aumento expressivo na urbanização local e uma ocupação antrópica sem planejamento, que não considerou o patrimônio paisagístico e ambiental da área, ocupando áreas na orla marítima que não deveriam ser edificadas. Nas praias de Tabuba e Cumbuco (Figura 1) não foi diferente, a ocupação antrópica sem planejamento ameaça a condição ambiental da área.

Na classificação proposta pelo Projeto Orla (BRASIL, 2006), o município de Caucaia apresenta sua orla dividida entre a classificação B e C. As praias de Tabuba e Cumbuco estão classificadas como orla tipo B. A justificativa para essa classificação se apoia na constatação

de baixo a médio adensamento de construções, ocupação recente, paisagens parcialmente antropizadas e médio potencial de poluição.

A praia de Tabuba é ocupada, em sua maioria, por residências de veraneio marítimo e apresenta bares e restaurantes ao longo de sua costa, entretanto, não possui alto adensamento. Na praia, percebe-se o início de erosão costeira. A praia de Cumbuco é ocupada, principalmente, pelos equipamentos turísticos (hotéis e pousadas, bares e restaurantes) em sua orla. A presença de esportes náuticos, como o *kitesurf*, atrai turistas de todo o mundo para essas praias, alguns dos locais mais procurados são a Lagoa da Barra Nova (entre as praias de Icará e Tabuba) e a praia do Cumbuco.

Em ambas as praias o adensamento populacional está em expansão, motivo que justifica a preocupação ambiental referente à preservação da área de transição entre o mar e o continente, território ameaçado pelo aumento do nível do mar e pelo uso e ocupação. A expansão populacional é fortemente influenciada pela proximidade das praias ao Complexo Industrial do Porto do Pecém, o qual incrementa a economia local a partir da implantação de residências fixas nas praias de Tabuba e Cumbuco, que sofre intensa ocupação por imigrantes estrangeiros (na grande maioria, coreanos) que chegam para trabalhar no porto.

As características ambientais da área influenciam a expansão populacional. O município de Caucaia possui temperatura média anual entre 26° e 28°Celsius, média anual de precipitação pluvial de 1.243,2 mm e chuvas concentradas, sobretudo no período de janeiro a maio (IPECE, 2013), pois se encontra inserida na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Os tipos climáticos predominantes no município, segundo o IPECE (2013), são: tropical quente semiárido brando, tropical quente sub-úmido e tropical quente úmido. O regime de ventos apresenta no período de inverno e primavera os ventos alísios do SE como predominantes, enquanto que no outono e verão os ventos E são predominantes, com

ocorrências de SE, NE e NW em menor parcela. O litoral do município se apresenta inserido no Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e a bacia hidrográfica que integra as praias de Tabuba e Cumbuco é a bacia denominada Metropolitana. As praias de Tabuba e Cumbuco são caracterizadas como praias arenosas.

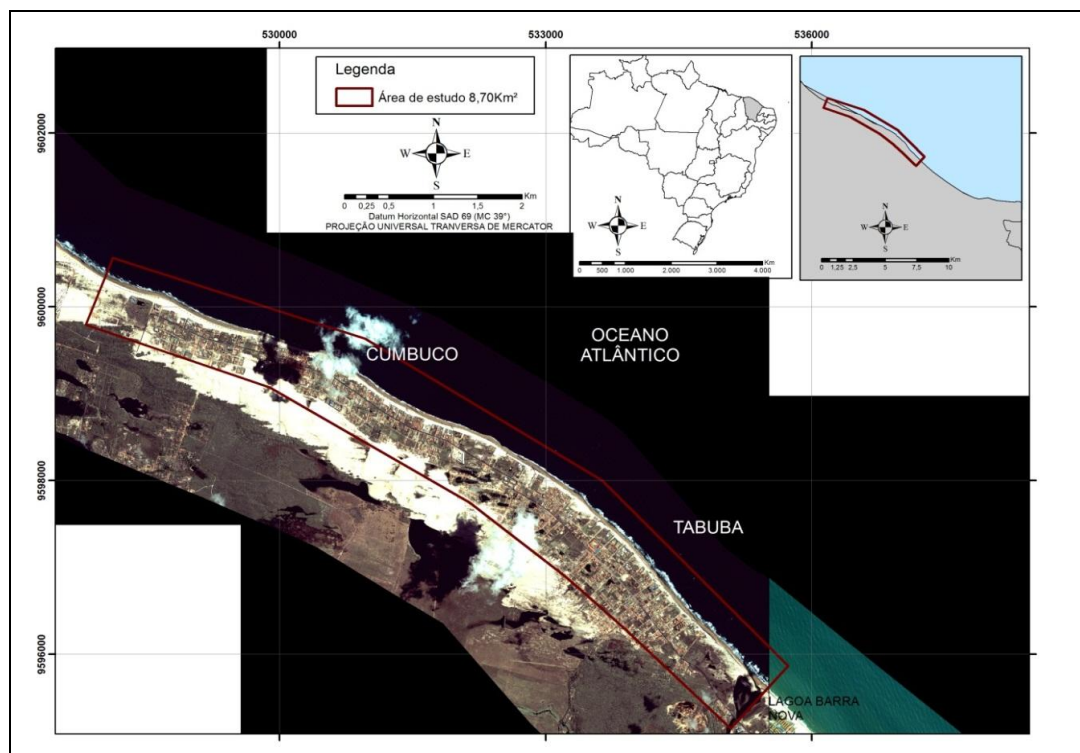


Figura 1. Localização das praias de Tabuba e Cumbuco – Município de Caucaia – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil.

Para acessar essas praias, a partir de Fortaleza, transita-se pela Avenida Castelo Branco, seguindo pela ponte José Martins Rodrigues, sobre o rio Ceará, e Avenida Ulisses Guimarães, até chegar a CE-090. Outra opção é seguir pela avenida Bezerra de Menezes e BR-222 até a CE-085 (Rota do Sol Poente) e a CE-090. A distância aproximada entre a capital, Fortaleza, e as praias é de 20km.

Métodos e técnicas

A adoção de limites legais é incentivada pelo Projeto Orla (Brasil, 2004), por entender a importância em orientar e controlar as atividades que possam gerar impactos negativos no ambiente. *O estabelecimento de faixas de proteção ou de restrição de usos desses espaços vem sendo adotado por muitos países, tanto para manter as características paisagísticas, como para prevenir perdas*

materiais em decorrência da erosão costeira (Brasil, 2004).

O limite legal de ocupação conhecido, atualmente, faz referência aos terrenos da marinha, 33m medidos em direção à retroterra, a partir da preamar de sizígia medida no ano de 1831. Esse limite é complexo e difícil de ser determinado. A dificuldade para determiná-lo conduziu a substituição da linha de preamar determinada em 1831 pela linha de preamar máxima atual, determinada e cedida pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Universidade Federal do Ceará (LGMA-UFC).

O estabelecimento de limites de ocupação no litoral deve considerar as características ambientais das praias, seu contexto socioeconômico e as diferentes variáveis que compõem seu processo de desenvolvimento.

Para a determinação de área não edificante das praias de Tabuba e Cumbuco, classificadas

como arenosas, utilizou-se a metodologia proposta pela Lei de Bruun (1962), utilizada mundialmente (Fórmula 01). No Brasil, o Projeto Orla (Brasil, 2004) defende a adoção desse cálculo para praias arenosas como importante ferramenta de suporte para projetos de gestão da zona costeira.

$$R = \frac{SLG}{H} \quad (01)$$

Onde:

R (m) = Retrogradação, recuo erosivo da linha de costa proveniente do aumento do nível do mar; S (m) = Elevação do nível do mar; L (m) = Largura do perfil ativo, distância entre a altitude da linha de costa e a profundidade de fechamento (d1) anual de Birkemeier (1985), medida no mapa batimétrico; H (m) = Altura do perfil ativo, somatório da feição emersa ativa da

área, com a profundidade de fechamento calculada (h+ d1); e G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (volume de sedimentos liberado por efeito da erosão e mantido no perfil; por ser de difícil avaliação o volume não é considerado).

Os dados de hidrodinâmica, conforme o projeto orla (Brasil, 2004), são difíceis de serem adquiridos. Os dados (tabela 01) referentes à hidrodinâmica para efeito de cálculo neste artigo foram gerados pelo ondógrafo direcional do tipo *Waverider*, submerso nas proximidades do Porto do Pecém, na isobata de 18m, e correspondem ao período de 1997 a 1999. Esses dados foram comparados com os dados fornecidos pelo Porto do Pecém (Brasil, 2004) e dados obtidos pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

Tabela 01. Dados hidrodinâmicos para cálculo de retrogradação.

PARÂMETROS		
Hs (m)	1,45	Altura média anual das ondas significativas;
T (s)	7,82	Período Médio das ondas significativas
σ (m)	0,29	Desvio Padrão anual médio das ondas significativas.

Fonte: Lima, 2002.

A coleta dos dados batimétricos foi realizada por meio do equipamento *Chartplotter*, modelo GPSMAP 520s da GARMIN (sonda com transdutor de dupla frequência - 50/200kHz, amplitude de feixe entre 10 e 40 graus e profundidade máxima de 457 metros) e um GPS 72H - GARMIN. Esses dados foram coletados e tratados pelo Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA/UFC). As isobatimétricas referentes as área de Tabuba e Cumbuco foram cedidas pelo LGMA para utilização no cálculo de retrogradação deste artigo.

A aquisição da linha de preamar máxima foi concretizada através de rastreamento por GPS, o método utilizado foi o relativo estático. Para sua aquisição, o LGMA/UFC considerou o deslocamento e monitoramento das feições morfológicas da praia: escarpas de berma, linha de vegetação e muros. A linha de preamar máxima atual utilizada para efeito de cálculo também foi cedida pelo LGMA/UFC e, neste artigo, substitui a linha de preamar estabelecida em 1831.

Outro dado importante é a profundidade de fechamento (d1), definida como limite litorâneo, que é a profundidade limite do movimento dos sedimentos do fundo marinho por ação das ondas. O movimento provocado pelas ondas é oscilatório e agencia o retrabalhamento da topografia de fundo. A profundidade de fechamento foi determinada a partir da equação empírica de Hallermeier (1981) (formula 02).

$$d1 = 2H_s + 11\sigma \quad (02)$$

$$d1 = (2 \times 1,45) + (11 \times 0,29) = 6,09m = 6,1m$$

Onde:

d1 (m) = Profundidade de fechamento do perfil – limite litorâneo da área; H_s = Altura média anual das ondas significativas; e σ = Desvio padrão anual médio das ondas significativas.

A profundidade de fechamento (posicionamento do limite litorâneo) calculada, d1 = - 6,1m (Figura 02).

Para efeito do cálculo de retrogradação, utiliza-se dados de previsão para o aumento do nível do mar. Os dados empregados são

oriundos do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) publicado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC* (2013).

O AR5 dispõe de quatro diferentes cenários denominados *Representative Concentration Pathways* (RCP). Esses cenários descrevem trajetórias prováveis para o futuro climático baseadas na concentração de gases do efeito estufa. Os cenários diferem dos que foram publicados em relatórios anteriores do IPCC.

Dentre os quatro cenários descritos, para efeito do cálculo de retrogradação, foram escolhidos dois cenários: RCP 2.6 (mais brando) e RCP 8.5 (mais agressivo). O cálculo foi executado considerando as previsões mínimo e máximo de cada cenário (tabela 02). No cenário RCP 2.6, utilizou-se a cota de 0,26m para o cenário mínimo e 0,55m para o cenário máximo. No cenário RCP 8.5, a cota mínima foi de 0,45m e a máxima, 0,82m.

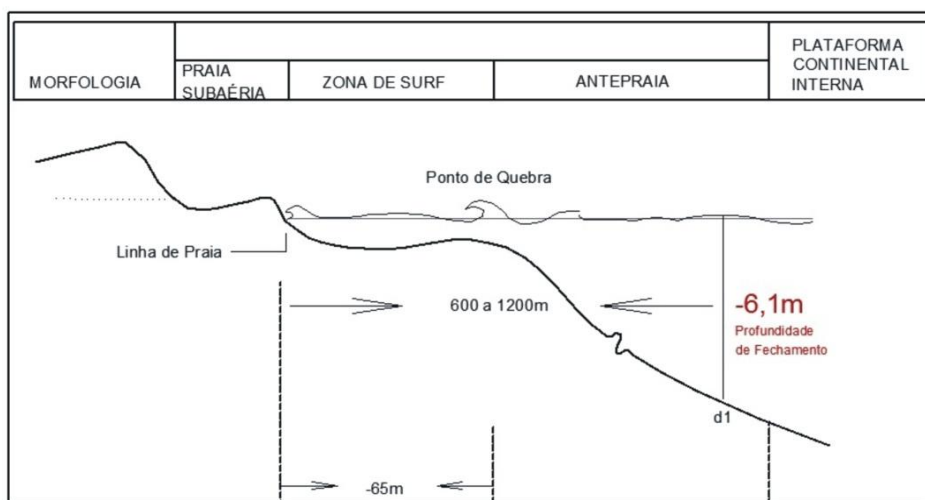


Figura 02. Perfil com posicionamento do limite litorâneo ($d1 = -6,1m$). Fonte: adaptado de Short (1999).

Tabela 02. Cenários com previsão para o aumento do nível do mar.

CENÁRIOS	RCP 2.6 (otimista)	RCP 8.5 (pessimista)
Mínimo (m)	0,26	0,45
Máximo (m)	0,55	0,82

Fonte: IPCC, 2013.

A altimetria da área foi adquirida através de carta do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e tem cota de 12m. Os recuos mínimos e máximos obtidos através do cálculo de retrogradação têm como referência os limites dos terrenos da marinha (33m) e obedecem a classificação: pequena retrogradação até 33m, média retrogradação entre 33m e 50m, e alta retrogradação acima de 50m.

Diferentes autores trabalham o grau de vulnerabilidade, com destaque para Souza e Suguio (2003) e Dal Cin & Simeoni (1994). O deslocamento, o equilíbrio e as características

da linha de costa vão definir o grau de vulnerabilidade do ambiente litorâneo. A vulnerabilidade, neste artigo, adota a classificação definida por Dal Cin & Simeoni (1994). Será considerada baixa quando possuir praias bem desenvolvidas, sem obras de contenção; a vulnerabilidade será média, quando apresentar praias de frágil estabilidade, com obras de fixação na área de pós-praia; e a vulnerabilidade será alta quando as praias estiverem reduzidas, sem área de pós-praia com forte presença de obras de proteção costeira e ocupação desordenada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cálculo de retrogradação realizado para os cenários RCP 2.6 (otimista) e RCP 8.5 (pessimista) utilizou dois parâmetros para cada

cenário, um mínimo e, outro, máximo (Tabela 03). E determinou área não edificante para cada parâmetro de cada um dos cenários (Tabela 04).

Tabela 03. Parâmetros para o cálculo de retrogradação.

CENÁRIO OTIMISTA – RCP 2.6 (IPCC, 2013)			CENÁRIO PESSIMISTA – RCP 8.5 (IPCC, 2013)		
S (m)	0,26	0,55	S (m)	0,45	0,82
L (m)	1500		L (m)	1500	
H (m)	18,1		H (m)	18,1	
G	1		G	1	
R (m)	21,55	45,58	R (m)	37,29	67,95

Tabela 04. Cálculo de retrogradação, cenários otimistas e pessimista.

CENÁRIO OTIMISTA – RCP 2.6		CENÁRIO PESSIMISTA – RCP 8.5	
MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
R = SLG/H	R = SLG/H	R = SLG/H	R = SLG/H
R = $\frac{0,26 \times 1500}{18,1}$	R = $\frac{0,55 \times 1500}{18,1}$	R = $\frac{0,45 \times 1500}{18,1}$	R = $\frac{0,82 \times 1500}{18,1}$
R = 21,55	R = 45,58	R = 37,29	R = 67,95

As praias apresentam pequena retrogradação referente ao cenário otimista, parâmetro mínimo para o aumento do nível do mar, conforme valor calculado de 21,55m. Nessa perspectiva, a área estaria protegida se aplicado o parâmetro baseado nos terrenos da marinha utilizado hoje, que indica área não edificante de 33m. Entretanto, no mesmo cenário, e no cenário pessimista, considerando o parâmetro máximo e mínimo de cada cenário, respectivamente, em relação ao aumento do nível do mar, a retrogradação é classificada como média, com valores de 45,58m e 37,29m (Figura 03). Nesse caso, o valor para área não edificante determinado de 33m é insuficiente para proteção da área.

No parâmetro máximo do cenário pessimista, a retrogradação é classificada como grande, tendo valor de 67,95m (figura 03). Essa área está em sério risco, pois o parâmetro utilizado indica área não edificante de 33m.

A partir desses dados, pode-se concluir que são necessárias áreas não edificantes maiores que as estabelecidas pela marinha (33m) para as praias de Tabuba e Cumbuco. Assim, há condições de preservação do patrimônio ambiental e paisagístico da área (figura 03).

A figura 04 compara os resultados do parâmetro máximo do cenário RCP 2.6 (45,58m) e do parâmetro mínimo do cenário RCP 8.5 (37,29m), os quais apresentam dimensões muito próximas, sugerindo uma área não edificante com dimensão aproximada de 45m, cota interessante para garantir a preservação do patrimônio ambiental das praias.

Quanto à vulnerabilidade, podemos classificar como sendo de média vulnerabilidade na área da lagoa da Barra Nova, em toda a área compreendida pelas praias de Tabuba e Cumbuco, até a área da praia de Cumbuco (Figura 05).

Os resultados observados para o cálculo de retrogradação, nos dois cenários, nos parâmetros otimista e pessimista, indicam a necessidade de reavaliar as dimensões destinadas às zonas não edificantes nessas praias. Essa reavaliação deve considerar o contexto atual de crescimento populacional o qual as praias estão submetidas, a partir, principalmente, do incremento de imigrantes atraídos pelo Complexo Industrial do Porto do Pecém. As praias de Tabuba e Cumbuco correm riscos ambientais, seus recuos (áreas não edificantes) quando respeitados não atingem sua função de proteger o ambiente.

As áreas não edificantes que objetivam preservar a área de transição entre o continente e o meio marinho são edificadas gradativamente, seja pela cota de limite legal, baseada nos terrenos da marinha (33m) não serem suficientes para garantir a preservação dessa área de transição entre os sistemas (devido ao aumento do nível do mar, por exemplo), seja pela ocupação não planejada e, na maioria das vezes, ilegal das áreas não edificantes. O fato é que o patrimônio paisagístico e as condições ambientais na maior parte do litoral brasileiro estão sendo deteriorados.

Frente a esse problema, ações de manejo e preservação do litoral são urgentes e devem

estar embasadas em estudos que considerem o contexto e os parâmetros locais, que observem as indicações globais de previsão de mudanças climáticas e suas consequências, e que se fundamentem em legislação eficaz.

Outro aspecto a ser ressaltado quanto à preservação das praias estudadas é considerar a

complexidade da área e entender que se fazem necessárias ações integradas, ou seja, devem-se avaliar as questões naturais e antrópicas de forma integrada. O aumento do nível do mar gera erosão costeira, mas as ações antrópicas podem potencializar essa erosão.

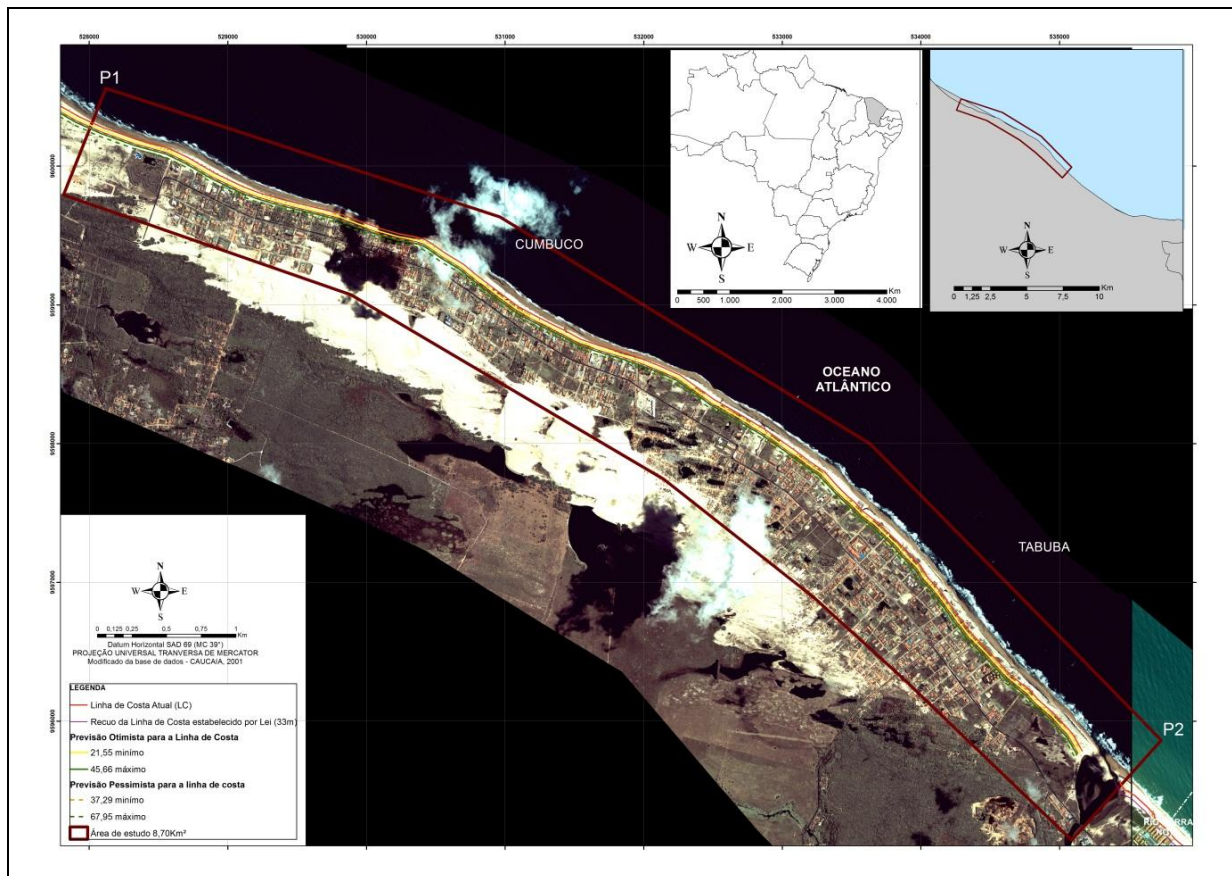


Figura 03. Mapa de retrogradação para as praias de Tabuba e Cumbuco – Município de Caucaia – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil.

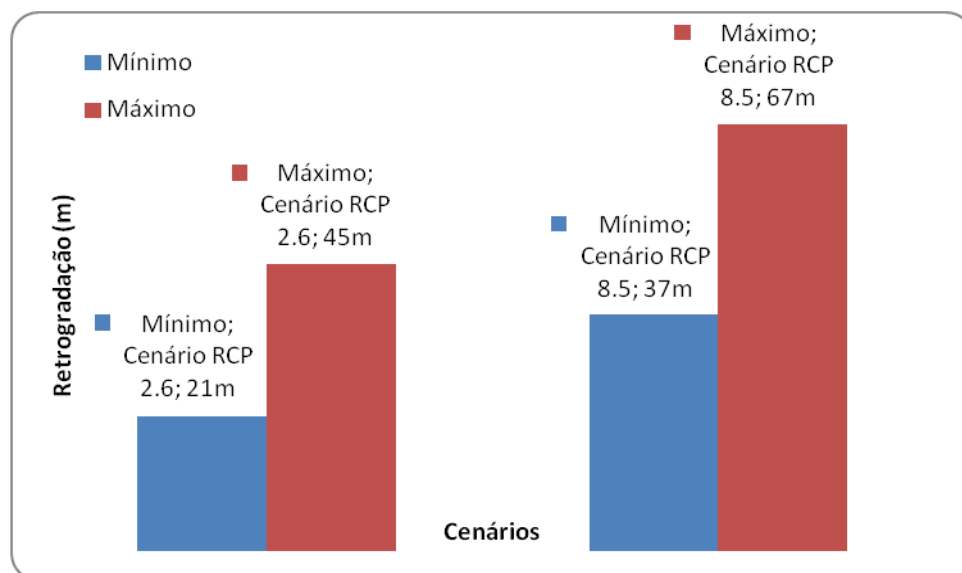


Figura 04. Gráfico comparativo para a retrogradação entre os cenários RCP 2.6 e RCP 8.5.

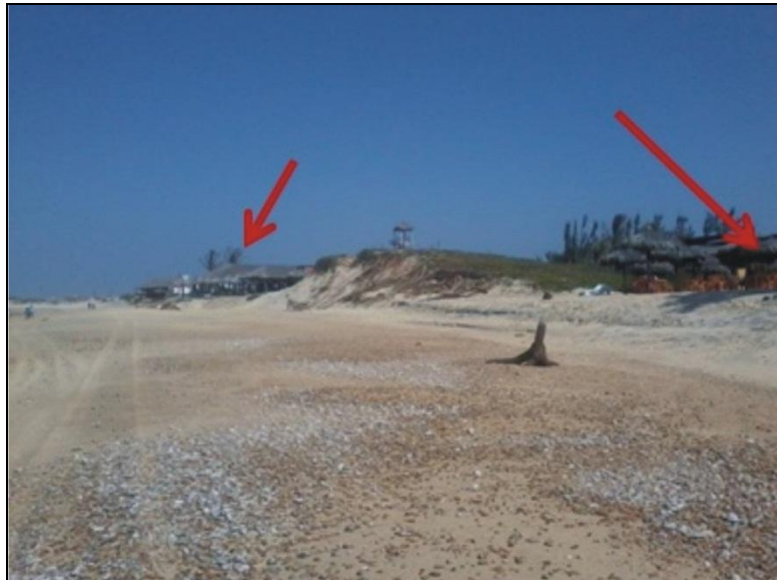


Figura 05. Bares e restaurantes fixados na pós-praia caracterizam a média vulnerabilidade na praia de Tabuba.

CONCLUSÕES

O cálculo de retrogradação apresentou para o cenário otimista, RCP 2.6, o valor de 21,55m no parâmetro mínimo e o valor de 45,58m no parâmetro máximo, o que representa pequena e média retrogradação, respectivamente. O cenário pessimista, RCP 2.8, apresentou para o parâmetro mínimo o valor de 37,29m e para o parâmetro máximo o valor de 67,95m, representando média e alta retrogradação, respectivamente.

Esse resultado sinaliza que é imperativo determinar área não edificante maior que os 33m, parâmetro utilizado atualmente. A cota de 33m não assegura a preservação do patrimônio paisagístico e ambiental das praias em nenhum dos dois cenários estudados, otimista (RCP 2.6) e pessimista (RCP 2.8). O risco de erosão costeira é ampliado, bem como os impactos negativos referentes às variáveis ambientais, sociais e econômicas. É indispensável ampliar a área não edificante, com o objetivo de preservar as praias e garantir que se desenvolvam economicamente, socialmente e ambientalmente.

O grau de vulnerabilidade das praias, atualmente, é médio, entretanto, a constatação do crescimento populacional contínuo, estimulado pelas imigrações que ocorrem com frequência por consequência da proximidade da área com o Complexo Industrial do Porto do Pecém, impõe às praias um alerta em relação a sua vulnerabilidade. Essa ocupação acelerada, se não planejada, pode gerar graves problemas ambientais, tanto no continente quanto no ambiente marinho.

Apesar da vulnerabilidade ter sido classificada como média, a praia de Tabuba apresenta início de erosão costeira. Sabe-se que o processo de erosão pode ser potencializado pelas ações antrópicas, o que sugere maior preocupação em relação as condições ambientais da praia.

Determinar a área não edificante e grau de vulnerabilidade, das praias de Tabuba e Cumbuco significa contribuir para tomada de decisão dos gestores e incentivar estudos que possam corroborar na preservação ambiental das praias e garantir seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

1. ALFREDINI, P. Obras e gestão de portos e costas. 1. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.
2. BATES, R. L. & JACKSON, J.A. **Glossary of geology**, 3. ed. Alexandria: American Geological Institute, 1987, 788p.
3. BIRKEMEIER, W. A. Field data on seaward limit of profile change. **Journal of waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, v. 111, n. 3, p. 592-602, 1985.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano de ordenamento do litoral brasileiro**. Brasília, DF, 2002.

5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília, DF, 2004. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/vol1_fundamentos_jun06.pdf. Acesso em 03 de julho, 2014.
7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **Projeto Orla: Fundamentos para a Gestão Integrada**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/vol1_fundamentos_jun06.pdf. Acesso em 28 de agosto, 2014.
8. BRUUN, P. Sea level rise as a cause of shore erosion. **Journal of the Waterways and Harbor Division**, Nova Iorque, v. 88, p. 117-130, 1962.
9. CAMPOS, A. A. (Coord.) **Uso e ocupação da zona costeira e seus impactos**. In: A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada. Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos-AQUASIS, Fortaleza, 2003.
10. DAL CIN, R. & SIMEONI, U. A model for determining the Classification,
11. Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). **Journal of Coastal Research**, v. 10, n. 1, p.19-29, 1994.
12. GUERRA, N. C.; ARAÚJO, T. C. M.; MANSO, V.A.V. **Monitoramento Ambiental Integrado – MAI: Avaliações dos processos de erosão dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista**. Relatório 1, 265p., 2007.
13. HALLERMEIER, R.J. **A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate**. Coastal Engineering, Amsterdam, v. 4, p.253-277, 1981.
14. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. **Summary for policymakers**. 33p. In: Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stoker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G-K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. and Midgley, P. M., eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
15. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**. Caucaia, 2013.
16. LIMA, S. F. **Modelagem numérica da evolução da linha de costa das praias localizadas a oeste da cidade de Fortaleza, Ceará**: trecho compreendido entre o Rio Ceará e a praia do Cumbuco. 2002. 113f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
17. MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. **Environ Urban**, v. 19, n. 1, p. 17-37, 2007.
18. MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Organizadores). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro (RJ): Editora Bertrand Brasil, 1996. p. 191-238.
19. MUEHE, D. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. In: **PROJETO Orla: subsídios para um projeto de gestão**. Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2004.
20. SHORT, A. D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics – An overview**. Chichester, England, New York: John Wiley, 1999, 379 p.
21. SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; MEIRELES, A. J. A. **Litoral e sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.
22. SOUZA, C. R. G. & SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 35, p. 530-547, 2003.

*Manuscrito recebido em: 24 de Novembro de 2014
Revisado e Aceito em: 27 de Abril de 2015*