

Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira



caliandra



ORGANIZADORES

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



CONSELHO EDITORIAL

Membros internos:

Prof. Dr. André Cabral Honor (HIS/UnB) - **Presidente**

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^ª Dr^ª Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof. Dr. Rafael Sânzio Araújo dos Anjos (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^ª Dr^ª Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha)

Prof^ª Dr^ª Ilía Alvarado-Sizzo (UniversidadAutonoma de México)

Prof^ª Dr^ª Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^ª Dr^ª Marine Pereira (UFABC)

Prof^ª Dr^ª Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)



A UnB quem faz
é a gente

Organizadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villança Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Título: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira

Volume: 1

Local: Brasília

Editor: Selo Caliandra

Ano: 2022

Parecerista: João Cândido André da Silva Neto

Capa: Luiz H S Cella



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília
Heloiza Faustino dos Santos - CRB 1/1913

R454 Revisões de literatura da geomorfologia brasileira [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília : Universidade de Brasília, 2022.
1057 p. : il.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://caliandra.ich.unb.br/>>.
ISBN 978-65-86503-85-2.

1. Geomorfologia - Brasil. I. Carvalho Júnior, Osmar Abílio de.

CDU 551.4

Lista de autores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Adão Osdayan Cândido de Castro
Alberto Oliva
Alex de Carvalho
Ana Camila Silva
André Augusto Rodrigues Salgado
André Luiz Carvalho da Silva
André Paulo Ferreira da Costa
Antônio Carlos de Barros Corrêa
Antonio José Teixeira Guerra
Antônio Pereira Magalhães Junior
Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Archimedes Perez Filho
Beatriz Abreu Machado
Breno Ribeiro Marent
Bruno Venancio da Silva
Carlos de Oliveira Bispo
Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
César Augusto Chicarino Varajão
Claudia Rakel Pena Pereira
Cristiano da Silva Rocha
Cristina Helena Ribeiro Augustin
Daniel Françoso de Godoy
Daniel Peifer
Danielle Lopes de Sousa Lima
Danilo Vieira dos Santos
David Hélio Miranda de Medeiros
Delano Nogueira Amaral
Dirce Maria Antunes Suertegaray
Edison Fortes
Edivando Vitor do Couto
Eduardo Souza de Moraes
Edwilson Medeiros dos Santos
Éric Andrade Rezende
Fabiana Souza Ferreira
Fábio Perdigão Vasconcelos
Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Fabrizio do Nascimento Garritano
Felipe Gomes Rubira
Flávio Rodrigues do Nascimento
Francisco Dourado
Francisco Edmar de Sousa Silva
Francisco Leandro de Almeida Santos
Frederico de Holanda Bastos
Gisele Barbosa dos Santos
Giselle Ferreira Borges
Guilherme Borges Fernandez
Hugo Alves Soares Loureiro
Idjarrury Gomes Firmino
Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia
Jáder Onofre de Moraes
Jémison Mattos dos Santos
João Paulo de Carvalho Araújo
José Fernando Rodrigues Bezerra
Juliana Sousa Pereira
Julio Cesar Paisani
Jurandyr L. Sanches Ross
Karine Bueno Vargas
Kleython de Araújo Monteiro
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Leonardo dos Santos Pereira
Leonardo José Cordeiro Santos
Letícia Augusta Faria de Oliveira
Lidriana de Souza Pinheiro,
Lígia Padilha Novak
Luiz Fernando de Paula Barros
Manoel do Couto Fernandes
Marcel Hideyuki Fumiya,
Marcelo Martins de Moura Fé
Marcos César Pereira Santos
Maria Bonfim Casemiro
Mariana Silva Figueiredo
Marli Carina Siqueira Ribeiro
Martim de Almeida Braga Moulton
Michael Vinicius de Sordi
Mônica dos Santos Marçal
Neiva Barbalho de Moraes
Nelson Ferreira Fernandes
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Oswaldo Girão da Silva
Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Otávio Cristiano Montanher
Paulo Cesar Rocha
Paulo de Tarso Amorim Castro
Paulo Roberto Silva Pessoa
Pedro Val
Peter Christian Hackspacher
Rafaela Soares Niemann
Raphael Nunes de Souza Lima
Roberto Marques Neto

Roberto Verdum
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa
Rubson Pinheiro Maia
Sandra Baptista da Cunha
Sarah Lawall
Sérgio Cadena de Vasconcelos
Sérgio Murilo Santos de Araújo
Silvio Carlos Rodrigues
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Simone Cardoso Ribeiro
Tania Cristina Gomes

Thais Baptista da Rocha
Thiago Gonçalves Pereira
Thiago Pereira Gonçalves
Thomaz Alvisi de Oliveira
Tulius Dias Nery
Úrsula de Azevedo Ruchkys
Vanda de Claudino-Sales
Vanessa Martins Lopes
Vinícius Borges Moreira
Vitor Hugo Rosa Biffi

PREFÁCIO

O presente livro consiste em um conjunto de revisões sobre os avanços teóricos e tecnológicos nos diversos temas da Geomorfologia. Concebido para estar em uma plataforma on-line com acesso gratuito, o livro destina-se aos cursos de graduação e pós-graduação que utilizam os conhecimentos geomorfológicos, incluindo Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia, Planejamento Territorial, entre outros. Para atender o escopo e o desafio imposto, a obra possui um total de 36 capítulos que congregam 111 pesquisadores das diversas regiões do Brasil, trazendo relatos relevantes de nossa paisagem e dos avanços alcançados pela Geomorfologia brasileira. Os capítulos do livro estão segmentados em contextos temáticos e geográficos de estudo, incluindo: dinâmica fluvial, ambientes costeiros, evolução de vertentes, micro relevo, ambientes cársticos, geomorfologia regional, geomorfologia estrutural; mapeamento geomorfológico, patrimônio natural, mitigação de riscos naturais; interações pedo-geomorfológicas, etnogeomorfologia, modelos numéricos, novas abordagens tecnológicas em geomorfologia. Além de abranger os conceitos e o estado da arte na análise dos processos e sistemas geomorfológicos, os capítulos realizam uma visão crítica dos diversos temas abordados.

Na última década, inúmeros avanços foram alcançados com o aumento da disponibilidade de dados de monitoramento da superfície terrestre, métodos computacionais e compartilhamento de experiências. A grande quantidade de dados e métodos resulta em novos desafios de análise e processamento na busca de respostas científicas dentro de uma apreciação crítica. A concepção desse livro integra revisões e discussões sobre essas novas abordagens teóricas, instrumentais e tecnológicas que passam a ter um fator primordial para estabelecer os novos rumos da ciência geomorfológica.

Dada a magnitude continental do nosso território, não é surpreendente que a paisagem brasileira seja evidenciada e detalhada em suas peculiaridades nos textos. Portanto, vários capítulos exploram e refletem a natureza distinta da paisagem e da biota brasileira, revelando os processos naturais e as perturbações antrópicas que alteram o meio ambiente e desencadeiam processos erosivos, movimento de massa, inundações, entre outros. Nesse contexto, as pesquisas aplicadas são extremamente oportunas devido à alta demanda para solução de problemas prementes e complexo de nossos ambientes e sociedade, necessitando continuamente de alternativas, novos conceitos, perspectivas tecnológicas e inovações metodológicas. Muitos capítulos abordam revisões sobre trabalhos aplicados na investigação geomorfológica e resolução de problemas, normalmente desencadeados por perturbações humanas com consequências variadas nos diferentes sistemas.

Os editores abnegaram a oportunidade de contribuir com capítulos para garantir a imparcialidade na seleção dos textos que compõe o livro. Por fim, os editores agradecem especialmente a União de Geomorfologia Brasileira e a todos os colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos específicos para a elaboração dessa obra abrangente e de grande relevância para o conhecimento da Geomorfologia nacional.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

SUMARIO

1. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS EM TORNO DA PESQUISA EM GEOMORFOLOGIA: DO PROJETO AO ARTIGO CIENTÍFICO

André Augusto Rodrigues Salgado
Alberto Oliva

----- 16

2. ARQUIVOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO INTERIOR CONTINENTAL: O CONTEXTO SERRANO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antônio Pereira Magalhães Junior
Luiz Fernando de Paula Barros
Alex de Carvalho
Letícia Augusta Faria de Oliveira

----- 39

3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent
Éric Andrade Rezende
Michael Vinícius de Sordi
André Augusto Rodrigues Salgado

----- 76

4. AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS FLUVIAIS: SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VALORES PATRIMONIAIS

Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
Paulo de Tarso Amorim Castro
Úrsula de Azevedo Ruchkys

----- 98

5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira
Sandra Baptista da Cunha

----- 124

6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS	
Eduardo Souza de Morais Otávio Cristiano Montanher	
-----	143
7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	
Giselle Ferreira Borges Neiva Barbalho de Morais Ana Camila Silva Leonardo dos Santos Pereira Sarah Lawall	
-----	176
8. CONTROLE TECTONO-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM: REVISÃO LITERÁRIA E PROPOSTAS METODOLÓGICAS	
Idjarrury Gomes Firmino Karine Bueno Vargas Edison Fortes	
-----	212
9. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DOS RIOS NO BRASIL	
Mônica dos Santos Marçal Adão Osdayan Cândido de Castro Raphael Nunes de Souza Lima	
-----	240
10. INUNDAÇÕES E CONCEITOS CORRELATOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE COMPARATIVA.	
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa Paulo Cesar Rocha	
-----	265
11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO	
Gisele Barbosa dos Santos Paulo de Tarso Amorim Castro	
-----	278

12. EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE PLANÍCIES COSTEIRAS:
DO QUATERNÁRIO AOS EVENTOS ATUAIS

Guilherme Borges Fernandez
Thais Baptista da Rocha
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Luiz Carvalho da Silva
Thiago Gonçalves Pereira
Martim de Almeida Braga Moulton

----- 308

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Fábio Perdigão Vasconcelos
Cristiano da Silva Rocha
Maria Bonfim Casemiro
Danilo Vieira dos Santos
Francisco Edmar de Sousa Silva
Delano Nogueira Amaral

----- 351

14. DELTAS DOMINADOS POR ONDAS: TRAJETÓRIA CONCEITUAL,
DINÂMICA E EVOLUÇÃO A PARTIR DE EXEMPLOS DO COMPLEXO
DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Thaís Baptista da Rocha
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Paulo Ferreira da Costa
Beatriz Abreu Machado
Mariana Silva Figueiredo
Lígia Padilha Novak
Thiago Pereira Gonçalves
Guilherme Borges Fernandez

----- 381

15. REGISTROS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NO
LITORAL BRASILEIRO E AS IMPLICAÇÕES
PERANTE A MORFOGÊNESE DE SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGI-
CAS EM AMBIENTES COSTEIROS

Felipe Gomes Rubira
Archimedes Perez Filho

----- 410

16. VALES INCISOS SUBMERSOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL SEMIÁRIDA DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Lidriana de Souza Pinheiro
David Hélio Miranda de Medeiros
Paulo Roberto Silva Pessoa
Jáder Onofre de Moraes

----- 445

17. GEOMORFOLOGIA EÓLICA CONTINENTAL E OS
CAMPOS DE DUNAS HOLOCÊNICAS DO PAMPA NO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL

Tania Cristina Gomes
Roberto Verdum

----- 471

18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira
Silvio Carlos Rodrigues

----- 499

19. MONITORAMENTO DA EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL:
DOS MÉTODOS MANUAIS AOS DIGITAIS

Hugo Alves Soares Loureiro
Antonio José Teixeira Guerra
José Fernando Rodrigues Bezerra
Leonardo dos Santos Pereira
Fabrizio do Nascimento Garritano

----- 526

20. MOVIMENTOS DE MASSA: ESTADO DA ARTE,
ESCALAS DE ABORDAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO
E DIFERENTES MODELOS DE PREVISÃO

Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Tulius Dias Nery
Carlos de Oliveira Bispo
Fabiana Souza Ferreira
Edwilson Medeiros dos Santos

----- 560

21.	MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM	
	Vinícius Borges Moreira Archimedes Perez Filho	
	-----	593
22.	APLAINAMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ: DE MODELOS POLICÍCLICO À MORFOTECTÔNICA QUATERNÁRIA	
	Marcel Hideyuki Fumiya Edivando Vitor do Couto Leonardo José Cordeiro Santos	
	-----	615
23.	GEOMORFOLOGIA DO QUATERNÁRIO E GEOARQUEOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES NO SUL DO BRASIL	
	Vitor Hugo Rosa Biffi Marcos César Pereira Santos Julio Cesar Paisani Nelson Vicente Lovatto Gasparetto	
	-----	648
24.	TERMOCRONOLOGIA APLICADA À EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL: UMA BREVE REVISÃO	
	Francisco Leandro de Almeida Santos Flávio Rodrigues do Nascimento Peter Christian Hackspacher (In Memoriam) Marli Carina Siqueira Ribeiro Bruno Venancio da Silva & Daniel França de Godoy	
	-----	677
25.	A TAXONOMIA DO RELEVO E A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL	
	Jurandyr L. Sanches Ross Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia	
	-----	701

26.	RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA	
	Frederico de Holanda Bastos Danielle Lopes de Sousa Lima Abner Monteiro Nunes Cordeiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	733
27.	REVISITANDO OS MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Daniel Peifer Cristina Helena Ribeiro Augustin	
	-----	759
28.	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Karine Bueno Vargas Idjarrury Firmino Michael Vinicius de Sordi	
	-----	793
29.	A GEOMORFOLOGIA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM: ENFOQUE EVOLUTIVO E DINÂMICO NA INTERPRETAÇÃO DOS SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS	
	Roberto Marques Neto Thomaz Alvisi de Oliveira	
	-----	813
30.	ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA SÍNTESE (E VÁRIAS TESES)	
	Vanda de Claudino-Sales Antonio Carlos Barros Côrrea Kleython de Araújo Monteiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	845
31.	AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO “BRASIL ORIENTAL”	
	César Augusto Chicarino Varajão	
	-----	875

32.	ETNOGEOMORFOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E A PAISAGEM FÍSICA	
	Simone Cardoso Ribeiro Vanessa Martins Lopes Osvaldo Girão da Silva Antônio Carlos de Barros Corrêa	
	-----	886
33.	DESAFIOS E PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS SOBRE O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO BRASIL	
	Vanda de Claudino-Sales Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes	
	-----	910
34.	USO DO LIDAR NA GEOMORFOLOGIA: APLICAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS	
	João Paulo de Carvalho Araújo Rafaela Soares Niemann Francisco Dourado Manoel do Couto Fernandes Nelson Ferreira Fernandes	
	-----	927
35.	MODELOS NUMÉRICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO (LEMS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM	
	Nelson F. Fernandes Daniel Peifer Pedro Val	
	-----	953
36.	SOLO HISTÓRICO DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL	
	Jémison Mattos dos Santos Sérgio Murilo Santos de Araújo Dirce Maria Antunes Suertegaray	
	-----	1000

37. GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL:
REVISITANDO TEORIAS, MÉTODOS E ESTUDOS
DE CASO NO NORDESTE BRASILEIRO

Frederico de Holanda Bastos
Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Marcelo Martins de Moura Fé

----- 1029

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra¹, Fábio Perdigão Vasconcelos¹, Cristiano da Silva Rocha¹, Maria Bonfim Casemiro¹, Danilo Vieira dos Santos¹, Francisco Edmar de Sousa Silva² & Delano Nogueira Amaral¹

¹ Universidade Estadual do Ceará – UECE; Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi, Fortaleza/CE, CEP: 60.714.903; otavioaolbarra@gmail.com; fabioperdigao@gmail.com; crisbandeiras@hotmail.com; mariabonfimc@gmail.com; danilovieira841@gmail.com; delanonamaral@gmail.com

² Universidade Regional do Cariri – URCA; edmaruece@hotmail.com

Resumo: Os estudos em morfologia praial surgem a partir da década de 1930, mas é a partir dos anos 1970 que as variáveis responsáveis pelo equilíbrio dinâmico e balanço sedimentar das praias passam a ser vistos de forma integrada. As praias são erodidas, engordam ou permanecem estáveis em virtude do balanço sedimentar. Deste modo, quando ocorrem intervenções nas fontes arenosas, o resultado será o déficit no balanço sedimentar, provocando a retrogradação das linhas de costa. O crescimento das grandes cidades e a inserção de obras de engenharia ocasionam a impermeabilização das fontes de suprimento dos sistemas praias, acelerando a ação erosiva. A construção de obras costeiras rígidas, como molhes, barreiras e muros de contenção (*bag walls* e *seawalls*), contribuem, do mesmo modo, para aumentar tais processos. Os litorais no mundo estão submetidos aos processos erosivos. No Brasil, cerca de 40% enfrenta graves problemas de erosão e a principal causa desse fenômeno é a intervenção antrópica; na Região Nordeste, esse número sobe para 60%, com destaque para os estados de Pernambuco e do Ceará. Este último é propício à incidência de processos erosivos devido, dentre outros fatores, à sua configuração de litoral aberto, com uma situação ainda mais crítica no litoral metropolitano da capital Fortaleza. Deste modo, faz-se necessária a realização de uma revisão de literatura que contemple os estudos de morfologia praial nos litorais urbanos, uma vez que é nesses ambientes que a dinâmica costeira tende a sofrer maiores alterações, trazendo danos ambientais e socioeconômicos, o que remete ao cumprimento e à revisão da legislação que absorvam o conhecimento técnico-científico acerca dos processos morfodinâmicos costeiros.

Palavras-Chave: Morfodinâmica praial, Obras de engenharia costeira, Erosão, Gestão Costeira.

Abstract: Studies in beach morphology started in the 1930's, but it is from the 1970's that the variables responsible for the dynamic balance and sedimentary balance of the beaches are seen in an integrated way. The beaches are eroded, fattened or remain stable due to the sedimentary balance. Thus, when interventions in sandy sources occur, the result will be a deficit in the

sediment balance causing retrogradation in the shorelines. The growth of large cities and the insertion of engineering works tend to the impermeabilization of the supply sources of beach systems, accelerating erosive action. Moreover, the construction of rigid coastal works such as breakwaters, barriers and retaining walls (bag walls and seawalls) also contribute to increase such processes. The coasts of the world are submitted to erosive processes. In Brazil about 40% of them face serious erosion problems and the main cause of this phenomenon is anthropic intervention; in the Northeast region this number rises to 60%, especially in the states of Pernambuco and Ceará. The latter is propitious to the incidence of erosive processes due, among other factors, to its coast configuration, with an even more critical situation on the metropolitan coast of the capital Fortaleza. Thus, it is important to carry out a literature review that contemplates the studies of beach morphology in urban coasts, since they are in such environments where the coastal dynamics are likely to suffer greater changes, bringing environmental and socioeconomic damage, which refers to the execution and revision of legislation that absorbs the technical-scientific knowledge about the coastal morphodynamic processes.

Keywords: Beach Morphodynamics, Coastal Engineering Works, Beach Erosion, Environmental Planning.

Tema: Geomorfologia Costeira

1. INTRODUÇÃO

Os estudos em morfologia praial surgem a partir da década de 1930. Nos anos 1970, as variáveis responsáveis pelo equilíbrio dinâmico e balanço sedimentar das praias passam a ser vistos de forma integrada (CALLIARI et al., 2003), com relevante contribuição da Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, com forte influência nos estudos da morfodinâmica costeira no Brasil.

Nos anos de 1980 e 1990, tem início um grande número de publicações sobre o tema (WRIGHT & SHORT, 1984; WRIGHT et al 1985; SHORT, 1985/1999). Souza (2009) destaca que, no Brasil, os estudos sobre erosão costeira ganharam força a partir da década de 1990, assim como os principais trabalhos relacionados aos cálculos de variações do nível do mar (NM) (MESQUITA, 2003).

Nos anos 2000, Calliari et al. (2003) trouxeram uma relevante revisão dos conceitos pertinentes ao assunto sobre morfologia praial no âmbito internacional. Tessler e Goya (2005) apresentaram uma caracterização do litoral brasileiro, inserindo os elementos antrópicos atuantes na modificação das paisagens costeiras.

Souza et al. (2005) elaboraram uma compilação de vários trabalhos acerca do tema da erosão, atentando para a ausência dessa análise em escala estadual no Brasil. Em contraponto, Muehe (2006), por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, retrata a erosão na quase totalidade dos estados costeiros em “Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro”, cujo objetivo foi retratar o estado da arte desse tema no país (SOUZA, 2009).

Em 2018, esse importante obra passou por uma atualização: “Panorama da Erosão Costeira no Brasil” (BRASIL, 2018a).

O avanço das metrópoles sobre os sistemas litorâneos originais foi uma marca do processo de urbanização da zona costeira brasileira. A variedade de ecossistemas, em mais de 8 mil quilômetros de linha de costa, deu lugar à fixos voltados para habitação, turismo, indústria, exploração de bacias petrolíferas e atividades portuárias, que se configuraram como estressores ambientais atuantes na modificação das paisagens naturais litorâneas. O crescimento das grandes cidades sobre áreas dunares e de faixa litorânea, além da inserção de estruturas de proteção, ocasionou a impermeabilização e o barramento das fontes de suprimento dos sistemas praias, acelerando os processos erosivos.

Esses processos levaram à opção pela construção de obras rígidas de engenharia costeira, como molhes, barreiras e muros de contenção (*bag walls e seawalls*). Tais inserções, embora amplamente utilizadas nos sistemas praias brasileiros, têm efeito paliativo, muitas vezes resolvendo o problema erosivo apenas localmente.

Para Muehe (2013), na ausência de estruturas interventoras, ainda que ocorram eventos extremos, a praia tende a retornar à sua configuração normal à medida que se retoma o bom tempo. Deste modo, as intervenções artificiais não seriam as melhores opções em termos de recuperação da linha de costa. Entre esses períodos, a vegetação retém a areia em períodos de acresção da praia e disponibiliza esse suprimento arenoso em períodos erosivos, criando um sistema em equilíbrio (NORDSTROM, 2010; BRASIL, 2018b).

Ainda segundo Souza (op. cit.), o processo de erosão costeira pode trazer várias consequências à praia, aos ambientes naturais circundantes, além dos próprios usos e atividades antrópicas na zona costeira, como: i) redução na largura da praia e recuo da linha de costa; ii) desaparecimento da zona de pós-praia; iii) perda e desequilíbrio de habitats naturais; iv) aumento na frequência e magnitude de inundações; v) aumento da intrusão salina em aquífero e drenagens superficiais; vi) perda de propriedades e bens públicos e privados; vii) destruição de estruturas artificiais; viii) perda do valor imobiliário e do valor paisagístico da zona costeira; ix) comprometimento do potencial turístico; x) prejuízos nas atividades sócio-econômicas; xi) artificialização da linha de costa; xii) grandes gastos com a recuperação da orla.

O monitoramento do estado morfodinâmico da orla mostra-se ainda mais urgente ao se considerar a ocorrência de eventos extremos e projeções de aumento do nível do mar. Os litorais do mundo estão submetidos a ações erosivas (BIRD, 1981, 2008). No Brasil, cerca de 40% enfrenta graves problemas de erosão e a principal causa desse fenômeno é a intervenção antrópica; na Região Nordeste, esses números sobem para 60%, com destaque para os estados de Pernambuco e do Ceará (BRASIL, 2018a).

No caso específico de Fortaleza, capital cearense e uma grande metrópole litorânea, aproximadamente 30% da extensão de sua linha de costa encontra-se estabilizada por obras de proteção costeira, principalmente os molhes e enrocamentos (MORAIS et al.,

2018). Paula et al. (2016 apud Moraes et al., 2018) contabilizaram, até o início de janeiro de 2016, o número de 100 obras de proteção costeira no litoral do Ceará, das quais 75% foram construídas no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza.

Deste modo, faz-se necessária a realização de uma revisão de literatura que contemple os estudos de morfodinâmica praial nos litorais urbanos, uma vez que é nesses ambientes antropizados que a dinâmica costeira tende a sofrer fortes alterações induzidas e, conseqüentemente, trazer danos ambientais e socioeconômicos.

Diante disto, são imprescindíveis o cumprimento e a revisão da legislação que incorpore o conhecimento técnico-científico acerca dos processos morfodinâmicos, produzido pelas importantes instituições acadêmicas do país.

Como estudo de caso da problemática aqui apresentada, foram analisados os municípios costeiros da Região Metropolitana de Fortaleza, no Ceará (Figura 1).

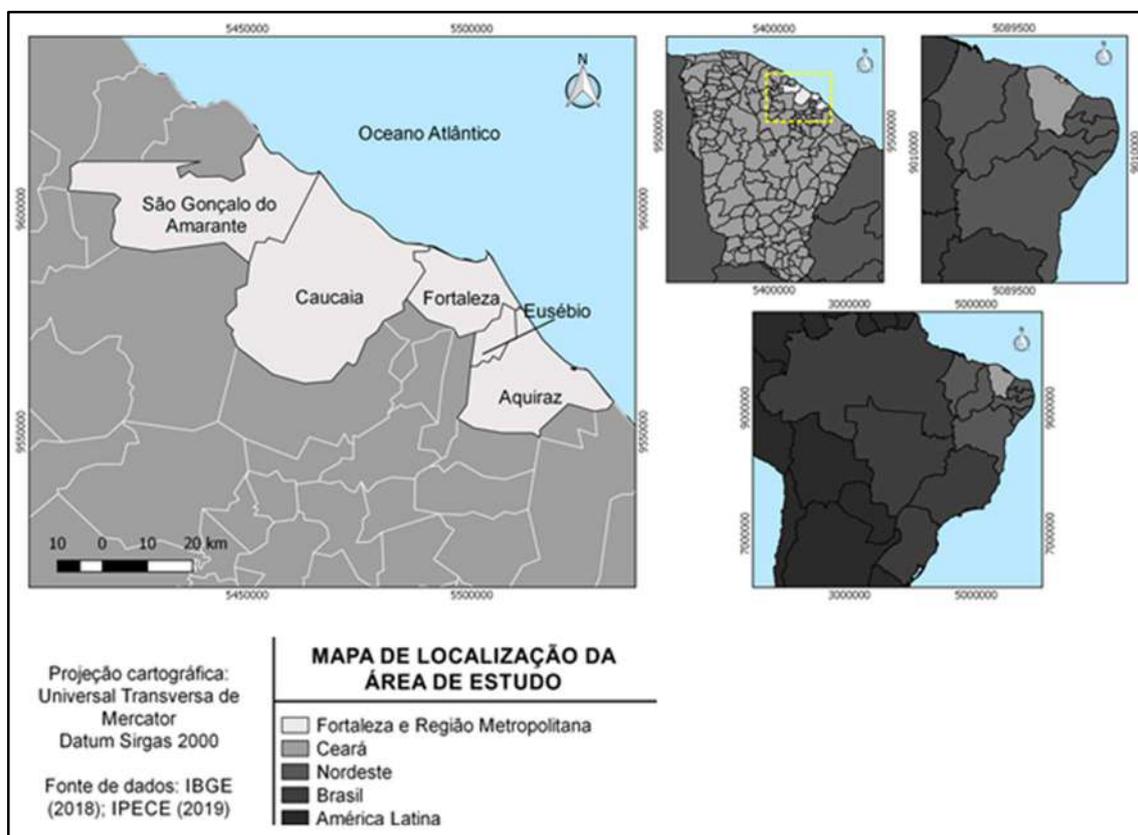


Figura 1. Mapa da área de estudo: Região Costeira Metropolitana de Fortaleza.

2. EVOLUÇÃO URBANA COSTEIRA: BRASIL, CEARÁ, FORTALEZA

O litoral brasileiro, historicamente, passou por intensas transformações em seu território. Inicialmente, com a chegada dos portugueses no período colonial, dadas as rotas de navegação dos europeus pelo mundo com intuito comercial e colonizador. É iniciado então o processo de ocupação da costa, que carrega consigo intensas modificações antrópicas, abrigando os maiores adensamentos urbanos, como as grandes

capitais brasileiras: Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador, Recife, Fortaleza, totalizando mais de 270 municípios em 17 estados (BRASIL, 2018c).

A princípio, é fundamental entender que toda sociedade tende a se organizar por meio de um sistema espacial que evolui ao longo do tempo, apresentando progresso ou recuo (PANIZZA, et al., 2009). Isso posto, a chave para compreender o processo de "litoralização" da população no Brasil parte da compreensão da dinâmica espacial que a mesma população toma diante da faixa litorânea do país.

Para compreender tal dinâmica, devem ser levados em consideração alguns fatores que contribuíram para o surgimento de grandes centros urbanos no litoral brasileiro. Inicialmente, os primeiros aglomerados urbanos na zona costeira surgiram no século XVI, em razão da produção de açúcar, em especial na zona da mata nordestina, passando posteriormente para o interior do Brasil com a descoberta do ouro.

Com o passar das décadas, o quantitativo populacional no litoral aumentou, passando a ser lugar de intensas atividades comerciais, portuárias, turísticas, de geração de energia, de lazer e também de moradia. Devido ao desenvolvimento dessas atividades, os ecossistemas costeiros ficaram ameaçados; sem o devido cuidado ou planejamento urbano, tal situação se agravou em razão das crescentes ocupação e especulação imobiliária (MUNARI et al., 2018).

De acordo com os dados do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira no litoral cresceu aproximadamente 11 milhões e meio entre 1991 e 2010, como mostra a figura 2.

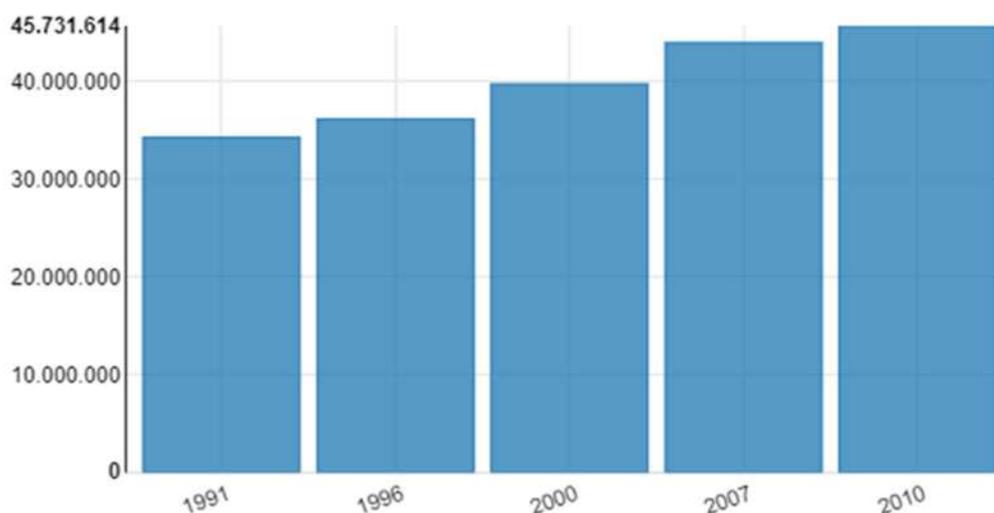


Figura 2. Evolução da população brasileira no litoral. Fonte: IBGE (2011).

Nesse contexto, a região Nordeste do Brasil, famosa por suas praias e paisagens litorâneas, possui populosas e importantes metrópoles em área de costa, como exemplo de Fortaleza, Salvador e Recife. Esses grandes centros urbanos são catalisadores das

atividades econômicas da região, concentrando atividades portuárias e turísticas, principalmente (Figura 3).



Figura 3. Fortaleza, uma metrópole à beira-mar. Fonte: Os autores.

Essas três cidades, de acordo com dados do IBGE (2019), possuem população equivalente a mais de sete milhões de habitantes, sem considerar sua região metropolitana, reforçando o grande adensamento populacional na zona de costa. Com ênfase na cidade de Fortaleza, alguns impactos do grande crescimento demográfico e urbano são sentidos no meio ambiente da cidade.

Ainda segundo dados obtidos pelo IBGE (2019), a capital do Ceará possuía em torno de 2.669.342 habitantes no ano de 2019. Uma densa população que traz consigo problemáticas de uso e ocupação do território costeiro. De acordo com Vasconcelos (2005), o crescimento populacional desordenado é o responsável por gerar várias problemáticas ambientais que comprometem a área urbana.

Além do crescimento populacional desordenado, outros fatores como o débil saneamento básico, o tratamento irregular de lixo e a ocupação da linha de costa influenciam nas problemáticas ambientais. O avanço sobre a zona de berma e os campos de dunas com fins imobiliários e de moradia alteraram a dinâmica local. Dentre várias obras realizadas na costa, uma das que mais teve impacto na dinâmica litorânea na cidade de Fortaleza foi a construção do Porto do Mucuripe (VASCONCELOS, 2005).

Além dos embates político-administrativos no histórico da obra do porto do Mucuripe, Maia et al. (1998) destacam que para sua construção não foram levados em consideração alguns fatores, como a dinâmica costeira, o que gerou problemas de erosão

nas praias a jusante do porto, a exemplo da praia de Iracema. Essa retenção de sedimentos, provindos principalmente do sentido Sudeste/Noroeste, se dá pela corrente de deriva litorânea (MORAIS, 1980).

A obra de construção do porto assegurou que houvesse um barramento da passagem de sedimentos causando erosão, além da praia de Iracema, nas praias a oeste na região metropolitana de Fortaleza, com destaque para o município de Caucaia, cuja erosão em suas praias reconfigurou drasticamente seu litoral nas últimas duas décadas.

Para Pitombeira (1976), além de causar erosão nas praias a oeste da obra, a construção do molhe de proteção do porto (Figura 4) ocasionou uma deformação na incidência de ondas na região, ocorrendo sua difração e um processo de engorda na área interna do porto, levando sedimentos para dentro da bacia portuária, originando a Praia Mansa.



Figura 4. Molhe do Porto do Mucuripe em Fortaleza, com nítida influência na difração de ondas para dentro da bacia portuária com o carreamento de sedimentos. Fonte: Google Earth (2020).

Como outra consequência da instalação do porto, a praia do Serviluz começou a sofrer intenso processo de progradação devido ao acúmulo sedimentar que foi sendo estocado nas praias a montante da região do porto. Essa nova dinâmica afetou a população que viria a se reorganizar no sítio urbano, ocupando novos territórios - como a região vizinha do porto, habitada pela população da comunidade do Serviluz (REBOUÇAS, 2010).

Ainda de acordo com Rebouças (2010), a população na comunidade gira em torno de 20 mil habitantes, que sofrem pela dinâmica sedimentar que invade suas casas, sendo necessária a limpeza frequente dos imóveis; também há queixas de problemas respiratórios associados a isso.

Os olhares atenciosos do poder público na capital cearense são seletivos e excludentes, o que acaba por influenciar obras de qualificação e cuidado ambiental em pontos apreciados pela estética e valorização imobiliária, por serem atrativos turísticos. Nesse contexto, encontra-se a Praia do Futuro, vizinha da comunidade do Serviluz, e famosa nacionalmente, atraindo diversos turistas.

A valorização do litoral urbanizado de Fortaleza acaba por atrair muitos olhares de investidores para a região. Uma disputa recente, que causou o desconforto de ambientalistas e da população em geral, esteve relacionada à remoção de uma área de aproximadamente 500 mil m² de área florestal no campo de dunas da Sabiaguaba (Figura 5) para construção de um loteamento (AMBIENTALISTAS, 2020). Esse projeto foi votado e aprovado durante a reunião do Conselho Gestor da Sabiaguaba, sob coordenação da Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA).



Figura 5. Rodovia CE – 010 em área de dunas, Sabiaguaba, Fortaleza/Ceará. Fonte: Os autores.

De acordo com a agência Eco Nordeste, a área equivaleria a 50 campos de futebol, o que traria prejuízos ambientais como o soterramento de rios, além da remoção de parte do campo dunar, desabrigando vários animais silvestres. Claudino Sales et al. (2017), afirmaram que para que ocorra a instalação de equipamentos urbanos e turísticos próximos a dunas móveis, deve-se levar em consideração fatores como a instabilidade, a vulnerabilidade, o deslocamento de sedimentos e o caminho natural percorrido pelas dunas.

Os campos de dunas possuem potencial ambiental que atende à demanda de funcionamento de diversos ecossistemas costeiros, seja alimentando sistemas praias, protegendo a costa de problemas erosivos ou servindo como potencial ferramenta de filtragem e reserva de água, evitando enchentes e, conseqüentemente, prejuízos econômicos e à população de modo geral. Interferir nesses ambientes requer diversos estudos de compensação para manter o bem-estar do funcionamento ecossistêmico.

Em suma, a cidade de Fortaleza continua a crescer e a se expandir entre especulações, segregação espacial e conflitos. Algumas iniciativas atropelam o meio ambiente, o que demanda do Poder Público atenção, planejamento e principalmente diálogo participativo com todos os agentes interessados.

3. MORFODINÂMICA PRAIAL: REVISÕES CONCEITUAIS

Calliari et. al. (2003) no clássico da morfologia praial brasileira: “Morfodinâmica praial: uma breve revisão”, apontam que os processos responsáveis pelo comportamento das praias começam a atuar na base da antepraia (*shoreface*), a qual representa o limite externo da "camada limite costeira".

Dependendo do clima de ondas, esta camada se estende a profundidades de uma a duas dezenas de metros e tem a praia como limite mais interno. As modificações na praia são, em parte, causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre estes dois limites, através da zona de arrebentação [...] (CALLIARI et al., 2003, p.64).

Diante disto, a morfodinâmica praial consiste em um método de estudo o qual integra observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebentação (CALLIARI, et. al., op. cit.). Nesse sentido, as mudanças morfológicas são produzidas mediante um ciclo fechado retroalimentado entre topografia e dinâmica do fluido. Deste modo, o perfil transversal de uma praia varia de acordo com o acúmulo ou com a perda de sedimentos.

Para Alfredini e Arasaki (2009), a contínua ação dos movimentos do mar sobre a costa, que determina o clima de ondas e a intensidade e direção das correntes, varia em muitas escalas de tempo, de segundos e até milênios. Também o suprimento de sedimentos é irregular no tempo e no espaço.

[...] a qualquer instante, a formação e a composição granulométrica da costa e do fundo do mar apresentam um padrão complexo que tende para um equilíbrio dinâmico, o qual se insere num período mais amplo correspondente à era geológica. Assim, o equilíbrio das praias é, em geral, um equilíbrio dinâmico, isto é, grandes quantidades de areia encontram-se normalmente em movimento, mas de tal forma que a quantidade de material que entra numa área em um intervalo de tempo dado é igual, em média, à quantidade que dela sai no mesmo intervalo de tempo. A posição da linha média da costa é relativamente estável por um período de meses ou anos, enquanto a posição instantânea sofre oscilações de curto período (ALFREDINI e ARASAKI, 2009, p. 131).

As oscilações do nível do mar, bem como as demais forçantes climáticas e oceanográficas, como o clima de ondas e o transporte litorâneo, o regime de chuvas e a descarga fluvial, desempenham papel fundamental no controle da mobilidade horizontal da linha de costa (MUEHE, 2013). Ainda segundo o autor, "esse conjunto de fatores se reflete na quantidade de sedimentos que entram e saem num determinado segmento costeiro, denominado de balanço sedimentar, em analogia ao balanço contábil." (MUEHE, op. cit., p.163). O resultado desse balanço (Quadro 1) – que pode ser positivo, negativo ou nulo – determinará déficit (erosão), avanço (progradação) e estabilidade da linha costeira (Figura 6).

Quadro 1. Balanço sedimentar de uma praia. Fonte: Adaptado de Souza (1997).

Suprimento de sedimentos para a praia	Perda de sedimentos da praia	Balanço
Provenientes dos rios e canais de maré	Transportados rumo ao continente, para rios e canais de maré	Processos deposicionais e erosivos no sistema praial, em equilíbrio
Provenientes de costões rochosos, praias e depósitos marinhos frontais	Transportados ao longo da praia (correntes de deriva litorânea)	
Provenientes da plataforma continental (correntes geradas por ondas e marés)	Transportados para a plataforma (correntes de retorno e de costa-afora)	
Provenientes das dunas (transportadas pelo vento e ondas de tempestades)	Removidos para as dunas (ventos e ondas de tempestades)	
Alimentação artificial da praia (contribuição antrópica)	Extração/mineração de areia da praia e de desembocaduras	
Aumento de volume de sedimentos produzidos no continente na plataforma continental (causas naturais e antrópicas)	Redução do volume de sedimentos produzidos no continente e na plataforma continental (causas naturais e antrópicas)	

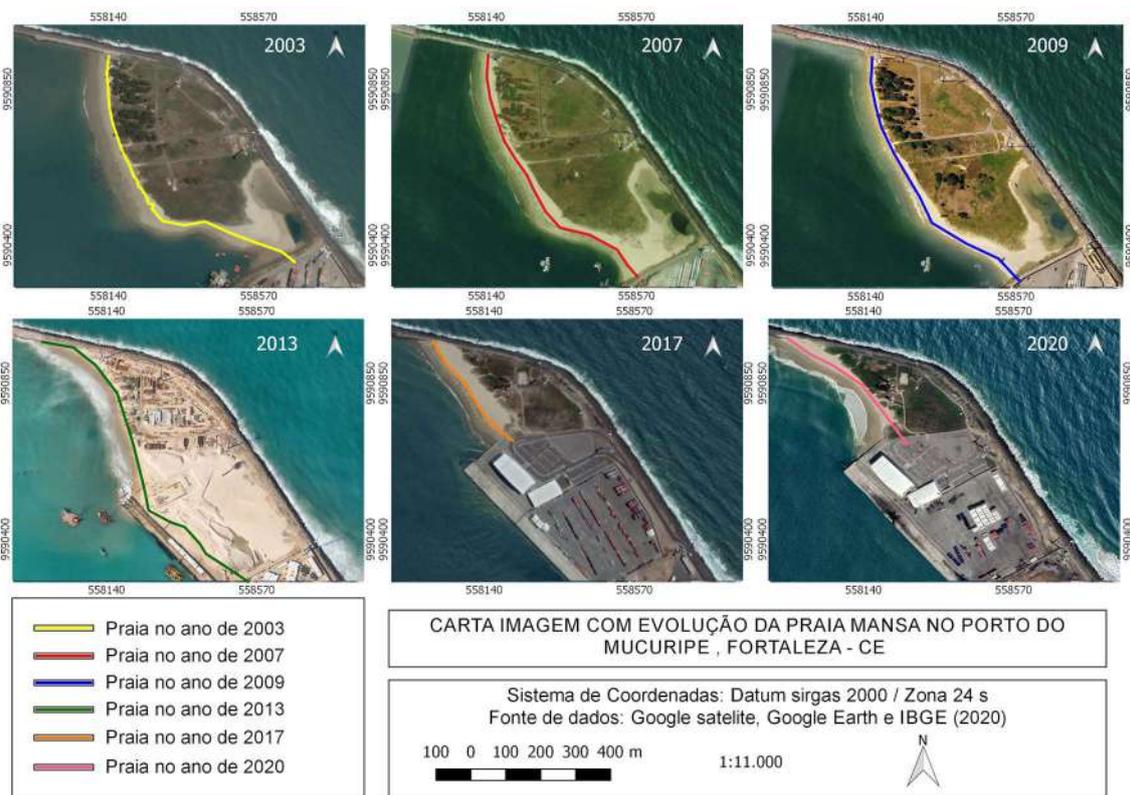


Figura 6. A Praia Mansa, um sistema natural induzido na enseada do Mucuripe no Porto de Fortaleza, Ceará. Em diferentes momentos de sua evolução morfológica, esse ambiente passou por momentos de acreção e/ou déficit sedimentar. Sua complexa formação também colaborou para a erosão costeira no litoral fortalezense. No ano de 2013, tem início a construção do Terminal Marítimo de Passageiros, visto já concluído nas imagens de 2017 e 2020.

O abastecimento sedimentar está relacionado, basicamente, às fontes (os processos que conduzem material para a costa); os sumidouros (processos que subtraem material); processos convectivos ou de transporte (que redistribuem o material) e os processos que produzem aumentos ou subtrações de material (Figura 7).

De acordo com o regime hidrodinâmico, são considerados três estados morfológicos de praia, a saber: Estado refletivo; Estado dissipativo e, Estado intermediário (WRIGHT & SHORT, 1984; WRIGHT et. al., 1985; SHORT, 1999; CALLIARI et al., 2003; MUEHE, 2013). As características de cada estado praiial são descritas no Quadro 2 e Figura 8.

Quadro 2. Características dos estados de praia. Fonte: Muehe (2013).

Estados de Praia	Características
Estado refletivo	Areia grossa a muito grossa. Elevada declividade da antepraia. Ausência ou redução de zona de surfe e berma de altura elevada.
Estado dissipativo	Areia média a fina. Antepraia com baixa declividade. Larga zona de surfe.
Estado intermediário	Baixa declividade da antepraia. Formação de bancos e calhas.

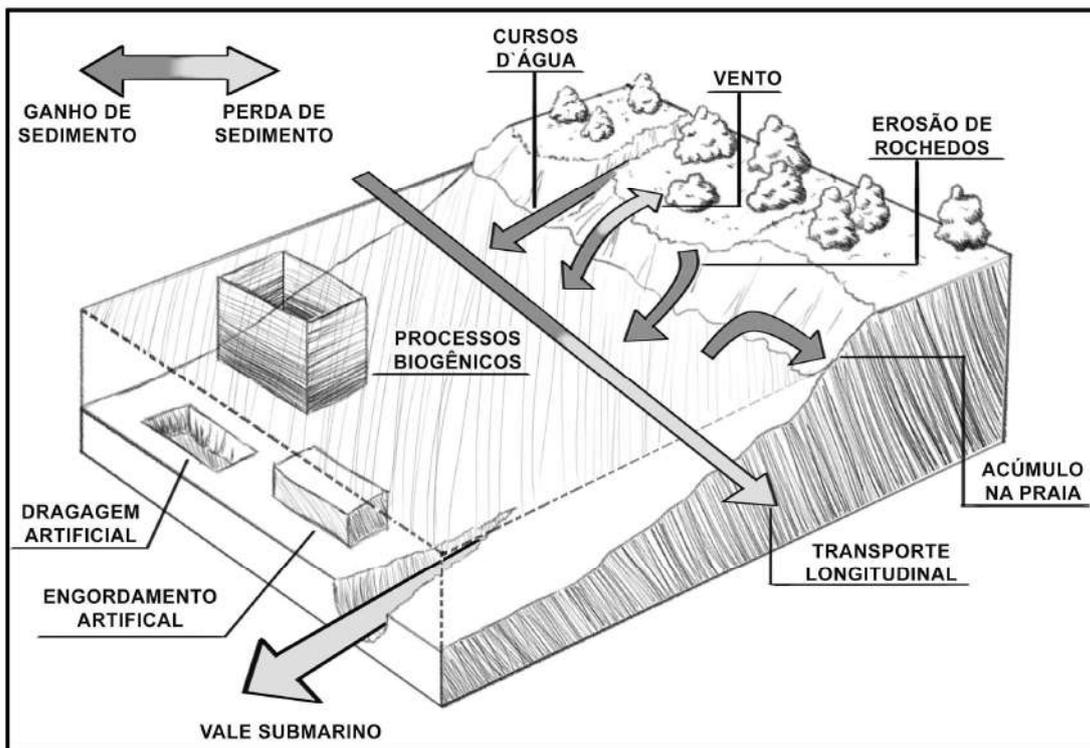


Figura 7. Fontes de suprimento para as praias determinam o balanço sedimentar. Fonte: Os autores. Adaptado de Alfredini e Arasaki (2009).

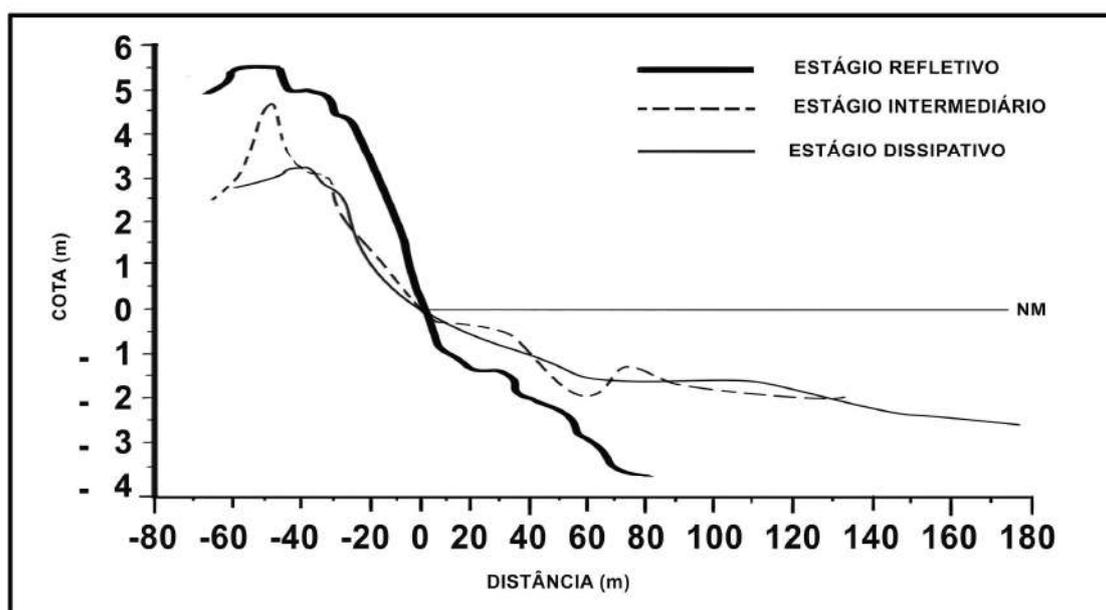


Figura 8. Morfologia básica dos três principais estados morfodinâmicos de praia. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Muehe (2013).

4. VULNERABILIDADE À EROSÃO

Como mencionado, o problema da erosão costeira é observado em diferentes locais do mundo (BIRD, 1981, 2008). Para Lins-de-Barros (2005), com a intensa urbanização das orlas, principalmente a partir da década de 1970, esse problema passou a ser tratado

não apenas pelos estudos voltados para a compreensão dos processos físicos, mas também sob um enfoque socioeconômico, tendo em vista os impactos causados nas construções urbanas.

A vida, sobretudo humana, é complexa e está imbuída de problemas e, por isso, de riscos (VEYRET, 2019). Em centros urbanos, os problemas são mais concentrados devido à constante reorganização do espaço urbano de suas formas e funcionalidades sob condições geográficas, históricas, econômicas e sociais (ANDRADE, 1971).

À medida que a ocupação ganha dimensões, ela produz no espaço a necessidade de que o ambiente se adapte a ela, e isso é perfeitamente contraditório, pois a imposição social não controla todos os elementos e fatores naturais, causando assim a necessidade de um controle de danos, geralmente com interferência estatal e associado a uma requisição de um grupo social mais abastado.

4.1. Principais problemas costeiros

Os problemas costeiros, principalmente nas grandes cidades, envolvem o planejamento mal executado e ações que interferem na organização social e ambiental. A migração excessiva para as cidades localizadas no litoral provocou o aumento de centros urbanos na zona costeira, que atualmente soma mais de 50 milhões de pessoas e possui 18 regiões metropolitanas do total de 42, com previsão de progressivo crescimento (CEARÁ, 2016). Diante dessa exposição, é necessário mencionar outros problemas que atingem essa zona, a depender também dos tipos de usos e atividades desenvolvidas no seu território, dentre os quais destacam-se (CEPAL; PNUMA, 2002, p. 151):

Crescimento e concentração populacional, urbanização acelerada em assentamentos humanos não planejados, numerosas comunidades em áreas de alto risco (áreas desmatadas, leitos e terraços primários de rios e arroios, ladeiras e barrancos).

Condições de pobreza; mobilização de crescentes quantidades de energia, carência de infraestruturas; insuficiência de recursos e de marcos regulatórios. A degradação dos ecossistemas; desflorestação; perda da cobertura vegetal e da diversidade biológica; erosão dos solos; acumulação de dejetos e material combustível e os diversos tipos de contaminação.

Aos problemas mencionados somam-se os processos erosivos costeiros, destacados por Muehe (2013) como os mais danosos e mais presentes nessas regiões. Cada problema conduz uma população a um risco determinado (BECK, 2011). O risco a que uma população está submetida incorpora uma dimensão espacial e temporal (ALMEIDA, 2010), ou seja, acontece em um dado momento e em um local específico, podendo haver dinâmica nos cenários de riscos. Para o problema dos processos erosivos no litoral, os principais riscos associados são a inundação das residências próximas e a perda da faixa de praia para a prática de qualquer atividade de esporte, turismo ou comércio.

Em Aneas de Castro (2000), vulnerabilidade é um estudo da estimativa dos riscos anterior à ameaça. Quando há ameaça e vulnerabilidade, então o estudo do risco é necessário, pois existem adversidades e danos que podem afetar a vida humana.

O fato de existirem pessoas e lugares submetidos aos riscos é uma realidade em muitas metrópoles do Brasil, com destaque para a Região Metropolitana de Fortaleza, que enfrenta sérios problemas associados aos processos erosivos e retração da linha de costa, sobretudo ligados à construção do Porto do Mucuripe, localizado na cidade de Fortaleza (Figura 9).



Figura 9. Os molhes (indicados pelas setas vermelhas) construídos na orla de Fortaleza foram instalados para contenção da erosão originada a partir da construção do Porto do Mucuripe. Promovem o acúmulo sedimentar à montante, além de garantir a estabilidade morfológica do aterro hidráulico da Praia de Iracema. Fonte: Os autores.

Ressalte-se que as cidades mais afetadas em relação à mudança morfológica citada foram o próprio município de Fortaleza e o município de Caucaia; este segundo apresentou severos prejuízos sem reparação e obras de contenção de danos (Figura 10).

É necessário mencionar que a taxa de ocupação do solo cresce em média mais que o dobro da população nas áreas urbanas (ANGEL et al., 2011). A RMF possui 23 cidades, e destas destacam-se cinco que estão inseridas na Região Metropolitana Costeira, a saber: Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Eusébio (não possui praia) e São Gonçalo do Amarante; juntas, somam 3,23 milhões de pessoas, o que equivale a mais de 1/3 da população do estado do Ceará, com destaque para Fortaleza, que apresentou uma taxa de crescimento entre 2010 e 2019 de 8,3% (IBGE, 2020).

A ocupação crescente contribui para que problemas relacionados à ocupação de áreas de risco não tenham uma solução simples, pois há a dificuldade de realocação e requalificação de áreas que tiveram severas modificações, sobretudo comunidades que apresentam severos problemas sociais e estão inseridas mais próximas da praia ou às margens de rios. Em ambos os casos, a dinâmica morfológica é intensa, contribuindo para pequenas alterações no fluxo sedimentar que, quando somados, podem contribuir para grandes prejuízos.



Figura 10. Destruição de imóveis ocasionada pela erosão na praia do Icaraí, uma das mais afetadas da orla do município de Caucaia. Uma área de risco à população local. Fonte: Os autores.

A evolução urbana também colabora para que os processos erosivos sejam mais percebidos, aumentando assim o risco associado à sensação de ameaça. A produção de outras ameaças pode, em um futuro próximo, comprometer os pressupostos do desenvolvimento sustentável e a garantia de equilíbrio para a atual e as futuras gerações.

Outra observação é que o avanço de políticas que corroboram para a destruição ambiental poderá permitir a ocupação de dunas e manguezais, que são ambientes sensíveis em que a ocupação urbana pode alterar a forma de interação sistêmica e trocas de fluxos de matéria e energia que alimentam as praias.

A Região Costeira Metropolitana de Fortaleza engloba ambientes como praias, dunas, manguezais e trechos de florestas em que estão presentes elementos da caatinga, do complexo vegetacional da zona costeira e da floresta mista Dicotilo-Palmácea (IPECE, 2017), com fauna diversificada de aves e mamíferos. À medida que se afasta de Fortaleza, as áreas de densa ocupação ficam rarefeitas, mas ainda se concentram no litoral, com maior densidade e expansão em Caucaia e São Gonçalo do Amarante, este último com dinâmica recente, principalmente devido à instalação do Porto do Pecém.

Programas e projetos de âmbito nacional que englobam parcerias com os estados para a conservação da linha de costa e manutenção da faixa praial (BRASIL, 2018) mostram-se de extrema importância. Esse é um dos desafios, frente às mudanças globais, em que se estima que uma subida de um metro no nível do mar poderá afetar 146 milhões de pessoas em escala mundial (ANTHOFF et al., 2006). Em cidades costeiras suscetíveis ao risco de inundação, esse número poderá ser ainda maior, principalmente se forem considerados os prejuízos econômicos aos setores portuário, industrial e turístico.

Conforme a Figura 11, é possível perceber zonas de alta densidade urbana defronte ao mar, com densidade diminuindo à proporção que nos afastamos de Fortaleza em direção aos setores rurais. Trechos de grande pressão imobiliária resistem na paisagem, a exemplo do Parque do Cocó, situado em Fortaleza e considerado o maior parque urbano

do Norte/Nordeste e o quarto na América Latina, e do Parque Botânico, situado em Caucaia, que abrange áreas de transição entre tabuleiro, caatinga e manguezal.

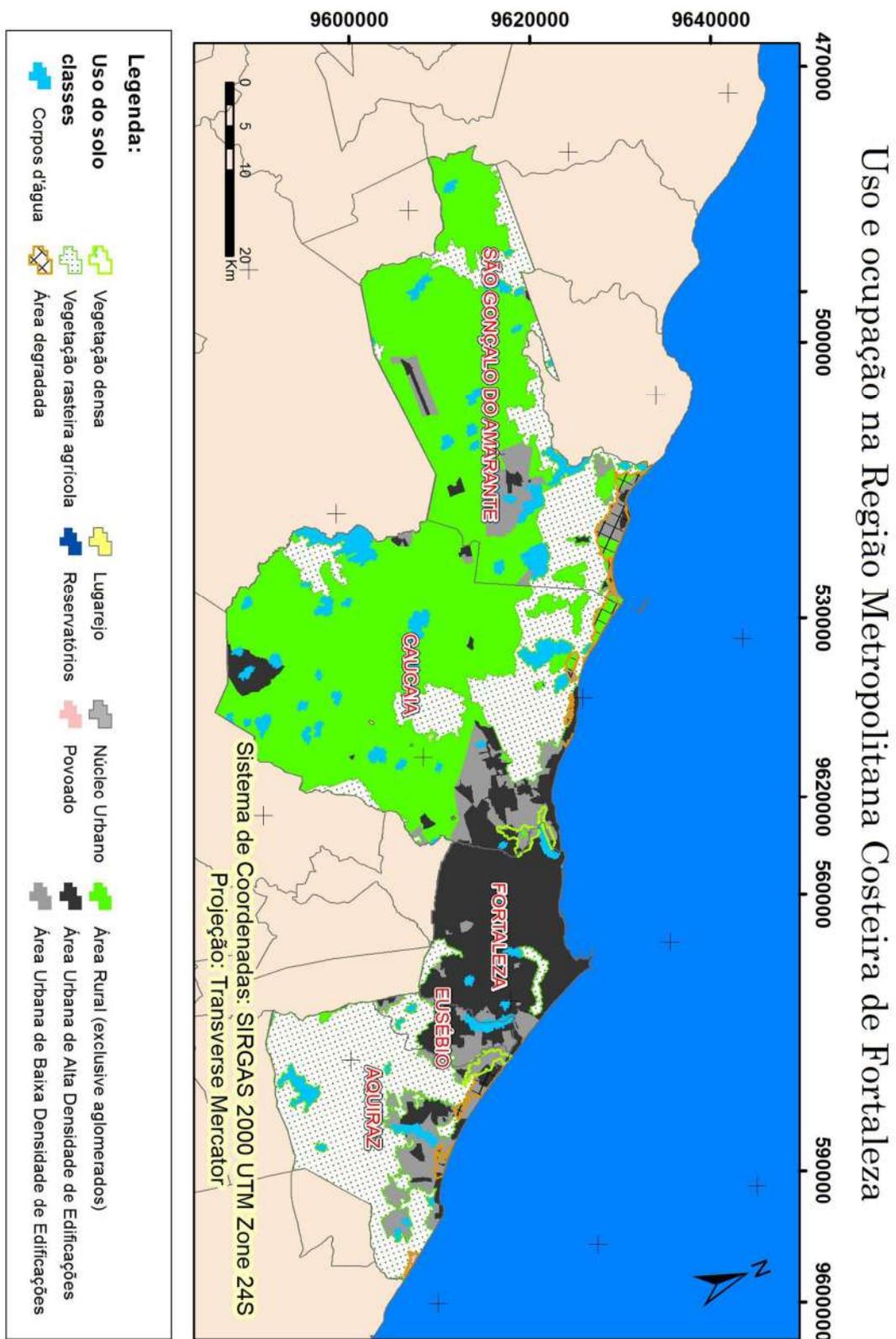


Figura 11. Mapa de uso da região Metropolitana Costeira de Fortaleza. Fonte: Autores.

A partir da análise das cartas, é possível inferir que a ocupação concentrada nas proximidades das praias e em trechos de dunas pode ser o principal motivo para alteração da dinâmica e incrementação de processos erosivos, com perda significativa de área (Figura 12). As alterações, a exemplo de Caucaia, trazem prejuízos e necessidade de utilização de outros trechos para banho e moradia, e com isso também o abandono vai aos poucos tornando algumas praias mais desvalorizadas; esse ciclo, porém, pode se repetir em outras praias (Figura 13), se houver uma intervenção que extrapole a capacidade de suporte do ambiente.

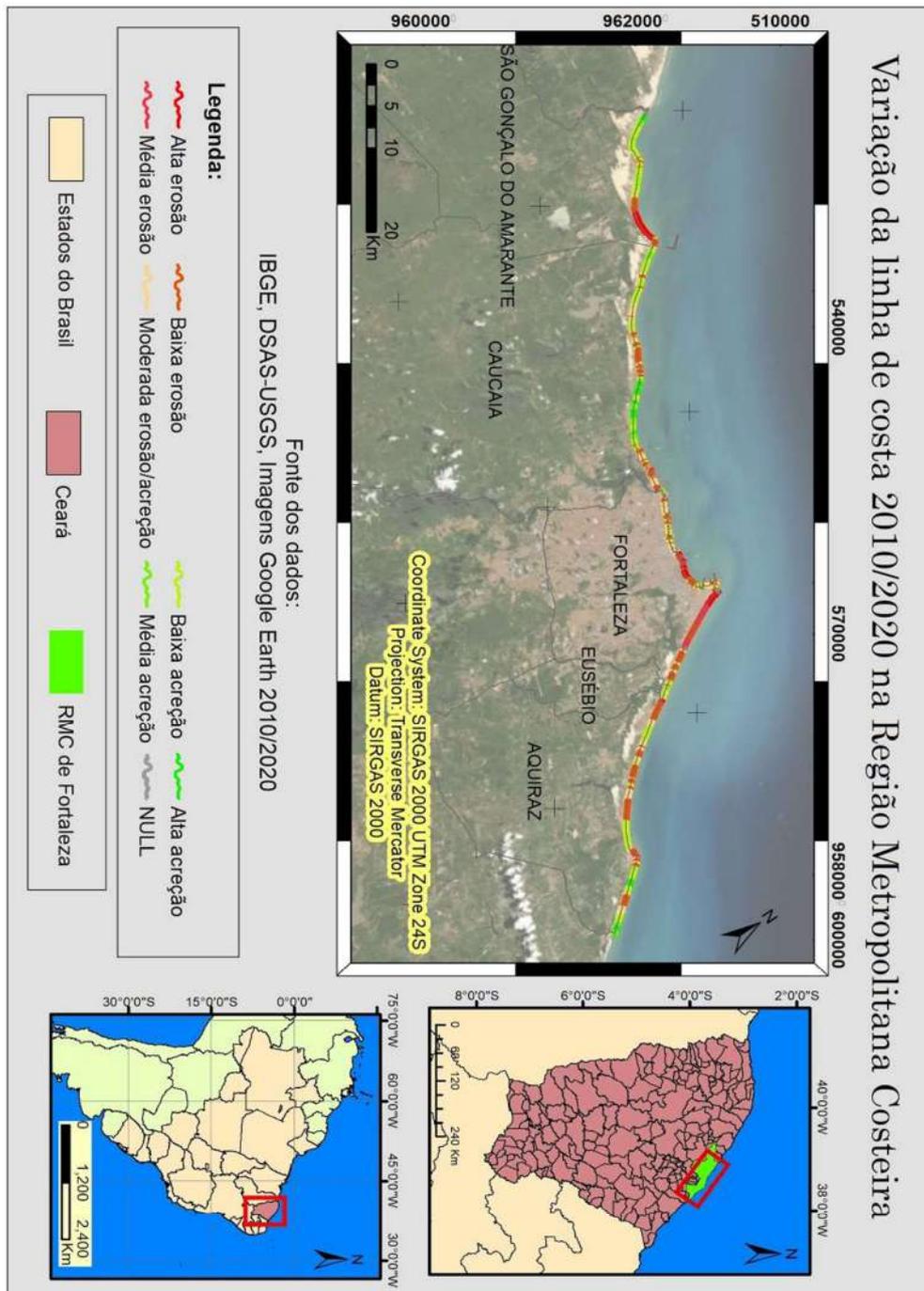


Figura 12. Mapa de evolução da linha de costa da Região Metropolitana de Fortaleza.



Figura 13. Rochas dispostas para proteção de residências. Destruição causada pela ação do mar em barraca de praia, ambas as situações no município de Aquiraz. Fonte: Os autores.

O risco de inundação só é percebido em trechos que estão em processo de perda de sedimentos e possuem áreas urbanas que são afetadas diretamente por eventos extremos, como ressacas que atingem a beira-mar em Fortaleza (Figura 14), ainda que existam obras em curso para expansão da avenida e da faixa de praia por meio de aterro (Figura 15).



Figura 14. Efeitos de grande ressaca sobre a orla de Fortaleza em março de 2018. Fonte: Os autores.



Figura 15. Aterro hidráulico da Praia de Iracema e obras para a construção de novo aterro da Avenida Beira-Mar em Fortaleza. Fonte: Os autores.

Destoando da paisagem no município de Fortaleza, obras para contenção de danos (espigões) e obras costeiras de grande porte ganham destaque pelo fato de que a gestão agrava os danos, em razão de uma agenda de prioridades que ignora uma cultura de riscos. Exemplos dessas obras são o Aquário de Fortaleza e o Terminal Marítimo de Passageiros do Porto de Fortaleza, voltados para o turismo. O Aquário, de orçamento extravagante, foi praticamente abandonado e passa por busca de parceiros da iniciativa privada, já que o Estado gastou 130 milhões e precisaria de mais 300 milhões para conclusão da obra [...] (OBRA, 2019). Por outro lado, ainda que finalizada, a instalação do Terminal Marítimo corroborou com o incremento dos processos erosivos no local de sua construção, a Praia Mansa, enseada do Porto do Mucuripe (vide Figura 5). Tal Terminal deve ser concedido à iniciativa privada.

O município vizinho, Caucaia, anunciou que planeja realizar uma obra orçada em 22 milhões, que engloba uma avenida à beira-mar e uma obra de contenção de ondas no Icaraí, a principal praia afetada pelas mudanças morfológicas e alterações costeiras em Fortaleza (PREFEITURA, 2017). Aos poucos, novos projetos vão surgindo e não há um debate para solucionar os riscos iminentes e futuros. O interesse político em obras é notável, assim como a existência de projetos que impõem a necessidade de manutenção, exigindo gastos e criando novas áreas em risco.

4.2 Metodologia do mapeamento morfológico

Para uma análise de comparação de dados dos perfis morfológicos do limite de maré alta, que está relacionada à variação da linha de costa utilizada, foi utilizado o método estatístico de perda em metros através do *software* Arcmap versão 10.5 e o *Soft* Digital Shoreline Analysis System (DSAS), versão 5.0, com dados do NSM (Net Shoreline Movement – linha de mudança).

A classificação foi fundamentada em Leal (2020), utilizando imagens do Google Earth de 30/12/2010 e 21/10/2020, dividida em 7 classes, utilizando o Natural Breaks, que ilustram a alta (-248 – (-102) m), a média (-101 – (-52)) e a baixa (-51 – (-13)) erosão. A variação moderada em acreção e erosão (-12 - 10), e a baixa (11 – 36), a média (37 - 118) e a alta acreção (119 – 240) (Figuras 16 e 17).

5. MORFODINÂMICA PRAIAL E GERENCIAMENTO COSTEIRO

O meio ambiente foi consagrado pela Constituição Federal de 1988 como um bem de uso comum do povo; ela também declarou a Zona Costeira como o patrimônio nacional, firmando um princípio jurídico de sustentação de toda a aplicação da legislação federal e estadual referente à zona costeira, constituindo-se, assim, um sistema coerente e eficaz.

Nessa conjuntura, foi instituído pela Lei n. 7.661, em 1988, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), somente regulamentado por meio do Decreto n. 5.300 de 2004. Coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), o PNGC tem dentre seus principais objetivos a promoção do ordenamento do uso dos recursos naturais e a

ocupação do litoral com vistas à conservação e à proteção dos recursos costeiros, subsidiando a aplicação dos instrumentos de gestão da Zona Costeira (BRASIL, 1988).

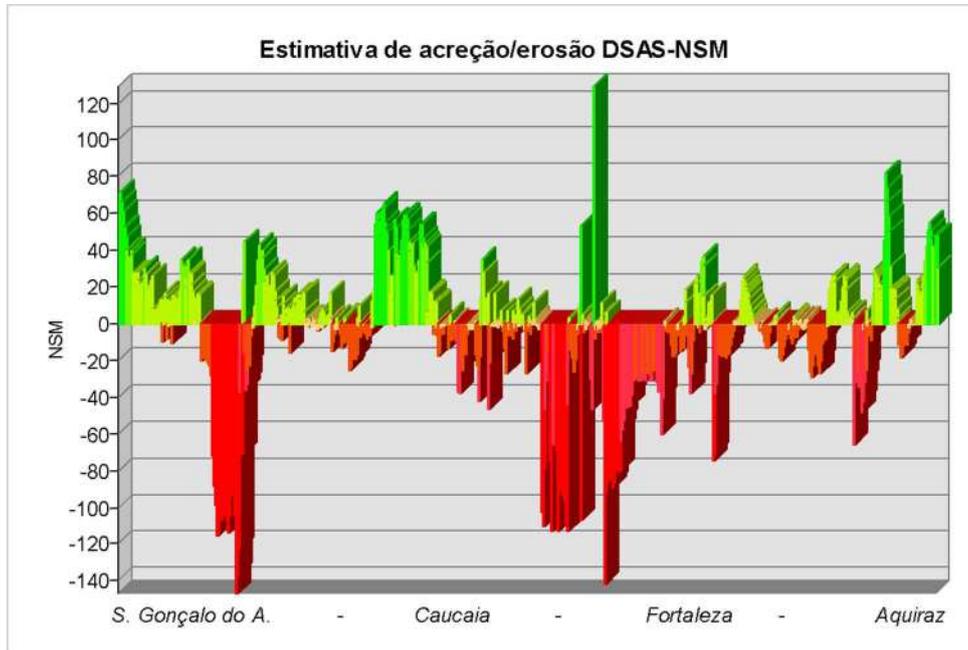


Figura 16. Estimativa de acreção/erosão. Fonte: DSAS – USGS NSM.

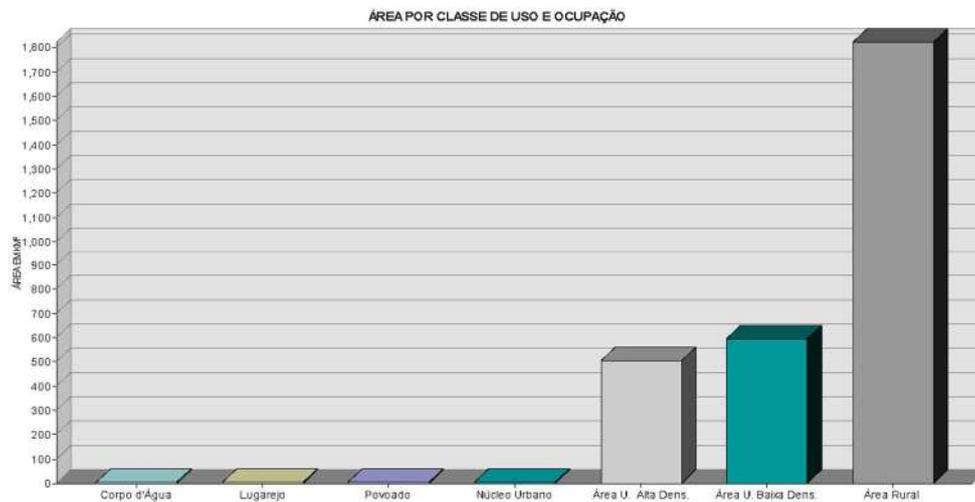


Figura 17. Área por classe de uso e ocupação. Fonte: IBGE.

O processo de gestão da zona costeira é desenvolvido de forma integrada e participativa, com as responsabilidades de formulação e de implementação dos planos regionais e locais atribuídas aos estados e municípios costeiros.

No que se refere à questão de delimitação da zona costeira, no Brasil ela se baseia em critérios políticos-administrativos, sendo a porção terrestre demarcada pelos limites políticos dos municípios litorâneos conforme os Planos Estaduais de Gerenciamento

Costeiro (PEGC's); a porção marinha é delimitada pela extensão do Mar Territorial, ou seja, as 12 milhas náuticas a partir da linha de base (OLIVEIRA, NICOLODI, 2012).

A partir de 2004, surge um novo espaço de gestão territorial: o Projeto Orla – também denominado de Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (PGI) – que consiste em uma articulação institucional entre as três esferas governamentais – federal, estadual e municipal – na busca de estabelecimento de constantes diálogos com os diversos atores sociais. Diálogos esses que se dão a partir de fóruns sempre intermediados pelo poder público municipal.

O Projeto Orla consiste em uma ação, integrada ao Ministério do Meio Ambiente e à Secretaria do Patrimônio da União (SPU), que trabalha com um espaço restrito e específico da zona costeira – a orla. Tal Projeto tem por objetivo a otimização e o ordenamento dos espaços litorâneos sob domínio da União, visando a aproximação das políticas ambientais, urbanas e patrimoniais (OLIVEIRA, NICOLODI, 2012).

A delimitação de orla foi estabelecida pelo Decreto Federal de n. 5.300/2004, publicado no Diário Oficial da União (DOU). Esse Decreto também regulamentou a Lei nº. 7.661/88, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e, dentre outras providências, dispõe sobre as regras de uso e ocupação da zona costeira.

De acordo com o Decreto n. 5.300/2004, Art. 22, a orla marítima é definida como uma “faixa contida na zona costeira, de largura variável, compreendendo uma porção marítima e outra terrestre, caracterizada pela interface entre a terra e o mar” (BRASIL, 2004, n.p.).

A figura 18 apresenta de forma didática a delimitação de orla urbanizada e não urbanizada. Estabelecida no Decreto Federal nº. 5.300/2004, em seu Art. 23, a orla é delimitada entre uma porção marítima com isóbata de dez metros em uma “profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos”; e uma porção terrestre que pode variar de “cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar (Figura 19) ou do limite final de ecossistemas”, sendo eles: dunas, falésias, manguezais, estuários, escarpas, restingas, dentre outros que estejam situados em terrenos e acrescidos de marinha (BRASIL, 2004 n.p.)

Ainda no que se refere à delimitação, é interessante mencionar o Art. 23, parágrafo 1º, pois ele destaca que na faixa terrestre deve-se observar, complementarmente, a ocorrência de aspectos geomorfológicos, já que isso implica um detalhamento dos critérios de delimitação. De acordo com o Decreto 5300/2004, a delimitação no limite de 50 metros deverá ser considerada para as áreas de urbanização já consolidada; e também em áreas de falésias sedimentares, lagoas e lagoas costeiras de estuários, falésias ou costões rochosos e áreas inundáveis.

Em áreas de falésias sedimentares, a medida de 50 metros é delimitada a partir da sua borda, em direção ao continente (inciso I); já em áreas de lagoas e lagoas, deverão ser considerados o limite da praia, da linha de preamar ou o limite superior da margem,

em direção ao continente (inciso II). Para os estuários, essa metragem deverá ser contada “na direção do continente, a partir do limite de uma praia ou a borda superior da duna frontal (...) até onde a penetração da água do mar seja identificada pela presença de salinidade, no valor mínimo de 0,5 partes por mil;” (inciso III) (BRASIL, 2004, n.p.).

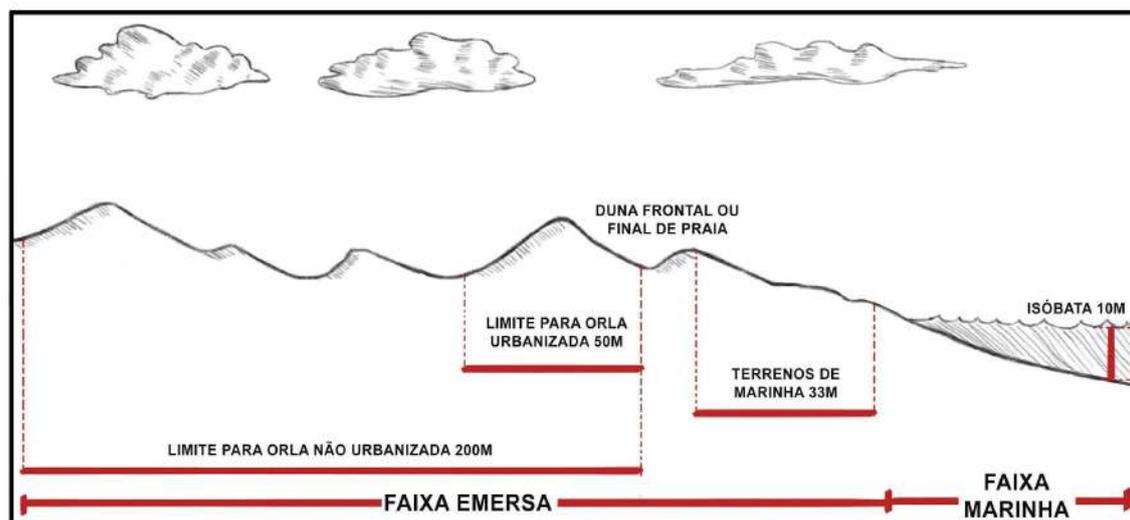


Figura 18. Desenho esquemático com a delimitação de orla marítima, segundo metodologia proposta no Projeto Orla. Fonte: Os autores, a partir de Brasil (2004).

Em áreas de falésias ou costões rochosos, o limite é definido pelo plano diretor dos municípios, considerando uma faixa de segurança “de pelo menos um metro de altura acima do limite máximo da ação de ondas de tempestade” (inciso IV). Nas áreas inundáveis, a cota mínima exigida no Decreto é de um metro de altura acima do limite da área alcançada pela preamar (inciso V) (BRASIL, 2004).

Em seus estudos dessa temática, Oliveira e Nicolodi (2012) citam que essas definições não surgiram de um impulso do legislador, mas sim de vários anos de experiência do Ministério do Meio Ambiente na execução do Projeto Orla, implementado em 2001 e ainda em execução no ano de 2020, quando completou 19 anos de atividade (grifo nosso).

Ainda analisando os critérios de delimitação estabelecidos pelo Decreto 5.300/2004, é importante destacar que o inciso VI aponta que as áreas sujeitas à erosão, a exemplo dos substratos sedimentares (falésias, cordões litorâneos, pontais de larguras inferiores a cento e cinquenta metros, e/ou em áreas próximas a desembocaduras fluviais, correspondentes a estruturas de alta instabilidade), poderão requerer estudos específicos para uma definição da extensão da faixa terrestre da orla marítima.

É necessário atentar para o fato de que a delimitação de 50 metros em áreas de urbanização já consolidada está ligada a uma área de grande produção de riquezas do país, de um lado, e, de outro lado, a impactos socioambientais provocados pela contaminação e/ou degradação dos recursos naturais, a exemplo das alterações nos aportes e retiradas de sedimentos que poderão provocar erosão em ecossistemas praias,

dunas e mangues, e também sociais associados aos usos, costumes e modos de vida tradicionais de comunidades ribeirinhas, pescadores artesanais, indígenas, dentre outros grupos (BRASIL, 2006).

Nesse sentido, Muehe (2001, p. 36) reforça a necessidade de se considerar o critério morfodinâmico, tendo-se em vista que a capacidade de mobilização dos sedimentos do fundo marinho por ação das ondas e seu deslocamento ao longo de um perfil perpendicular à costa responderá morfologicamente na “porção emersa do litoral aos efeitos de erosão, transporte e acumulação resultante desse processo de mobilização sedimentar.”

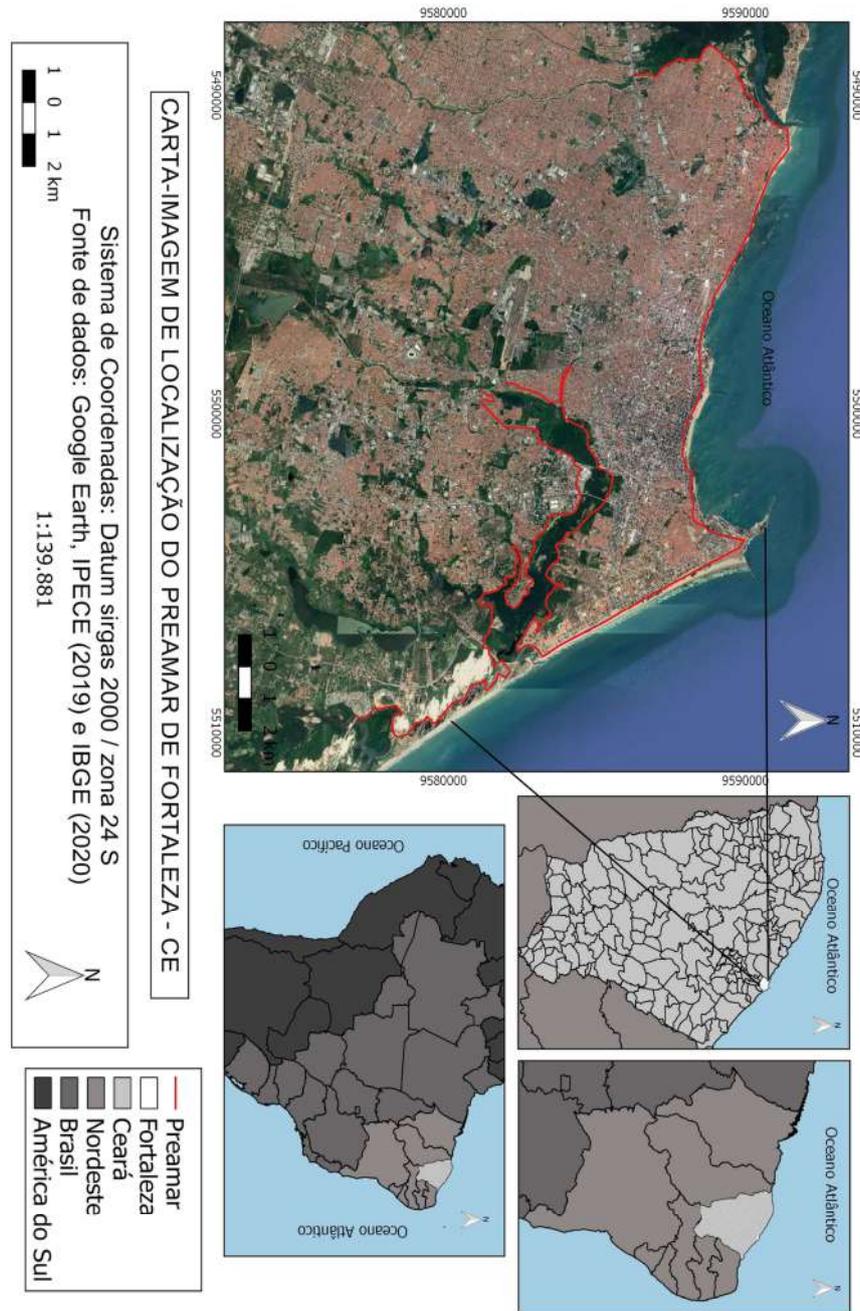


Figura 19. Linha de Preamar (LPM) no Litoral de Fortaleza.

Para as áreas não urbanizadas, o Decreto 5.300/2004 estabelece que se considere um limite mínimo de 200 metros a partir de uma duna frontal ou final de praia. Contudo, o que se percebe na atualidade é que esse limite em algumas áreas não vem sendo considerado, em grande medida em razão da força do desenvolvimento econômico, seja por meio de grandes empreendimentos imobiliários, seja pela instalação das usinas de energias eólicas e das atividades de carcinicultura em áreas costeiras que desrespeitam essa legislação, ao destruírem áreas de manguezais, principalmente no nordeste brasileiro (MEIRELES, 2011).

Nesse sentido, Muehe (2004, p. 27) destaca que na discussão de limites a serem demarcados na orla marítima há que se considerar ainda as questões relacionadas à segurança na costa em função da elevação dos oceanos e os desdobramentos de seus efeitos, a saber: aceleração do processo de erosão e/ou inundação. O autor reforça ainda que essas questões exigem uma discussão sobre o “estabelecimento de uma faixa mínima de proteção da costa brasileira a exemplo do que ocorre em outros países, especialmente pela ocupação inadequada que acontece na maior parte da Zona Costeira do Brasil”. Isso só poderá se concretizar quando o planejamento costeiro for verdadeiramente posto em prática pelos gestores públicos.

Em suma, os processos erosivos pelos quais passam algumas praias só poderão ser minimizados quando houver o cumprimento e a revisão da legislação, que deve estar embasada em critérios técnico-científicos acerca dos processos morfodinâmicos costeiros. No Ceará, três municípios possuem seus PGI's finalizados: Fortaleza, Beberibe e Icapuí. No ano de 2018, o PGI de Fortaleza passou por uma revisão. Embora importantes, há discrepâncias entre os PGI's e a absorção de suas recomendações por demais políticas de planejamento territorial.

6. CONCLUSÃO

A partir da década de 1970, os estudos em morfodinâmica costeira começam a ser vistos de forma integrada, considerando os elementos da topografia e da dinâmica dos fluidos; com merecido pioneirismo da Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, que acabou por incentivar os estudos em outros locais no mundo, como o Brasil.

Com destaque a partir da década de 1990, os estudos em morfodinâmica no país passaram a considerar trechos específicos dos litorais dos estados. Com a culminância desses estudos setorializados, em 2006, a escala estadual, como um todo, foi analisada em praticamente todo o Brasil, fornecendo um importante panorama no monitoramento da morfologia costeira brasileira.

Com a intensa urbanização brasileira sobre os sistemas litorâneos, as grandes metrópoles experimentaram a presença recorrente de processos erosivos em suas linhas de costa, sobretudo com a ocorrência de eventos extremos.

A presença de estruturas rígidas é uma marca na tentativa de conter a erosão nos litorais das grandes cidades. Um exemplo claro dessa problemática está na costa metropolitana de Fortaleza, sobretudo considerando-se a inserção do Porto do Mucuripe

que, assim como as ocupações sobre campos de dunas e faixas de berma, contribuiu para um balanço sedimentar negativo para as praias à jusante do porto e de regiões vizinhas. Essa conjuntura aponta para uma prioridade de ordenamento do território que vislumbra a matriz econômica acima de questões ambientais.

A lógica apontada pelos diversos fixos costeiros em Fortaleza, seja o Porto do Mucuripe, o Terminal de Passageiros, ou os diversos prédios que assistem ao turismo local, proporcionaram danos ambientais que, em determinado momento, retornam a sociedade de alguma forma, e, obviamente, resultando em graves perdas econômicas e geração de conflitos - sejam conflitos locais, ou de forma mais macro, entre municípios.

Além disso, mostra-se questionável, não apenas as perdas ambientais, mas os retornos socioeconômicos de altos investimentos em certos equipamentos costeiros. Por outro lado, a desigualdade dos investimentos do setor público, que apresenta priorização em determinados bairros da cidade, potencializa riscos sociais, principalmente quando se coloca em questão a ocupação de áreas por parte de populações mais vulneráveis economicamente. A dinâmica de crescimento urbano nas metrópoles brasileiras apresenta tais contradições no espaço.

As obras de engenharia costeira prevalecem sobre as formas naturais de proteção do litoral. Isto se deve também ao fato de o conhecimento científico ser pouco endossado pelos poderes públicos locais. O risco de erosão coexiste na Região Costeira Metropolitana, sendo percebido nos trechos de perda sedimentar e áreas diretamente afetadas por eventos extremos, como ressacas.

A partir da utilização e análise de carta-imagens, foi possível observar que a ocupação concentrada nas proximidades das praias e em trechos de dunas demonstrou ser o motivo principal para alteração da dinâmica e incremento dos processos erosivos. As alterações nos municípios de Caucaia, por exemplo, ocasionaram prejuízos e abandono de regiões dantes utilizadas ao lazer, ao turismo e, até mesmo, à primeira moradia.

Os processos morfodinâmicos foram inseridos em instrumentos de ordenamento público territorial como o Projeto Orla. Contudo, comparando-se com o quantitativo de municípios costeiros no Brasil, ainda falta uma melhor adequação entre as proposituras desses planos e demais políticas públicas, como o Plano Diretor. No Ceará, apenas cinco, dos vinte municípios costeiros, possuem seus PGI's finalizados: Beberibe (Setor I - Costa Leste), Caucaia (Setor II - Fortaleza e Região Metropolitana), Cascavel (Setor I - Costa Leste), Fortaleza (Setor II - Fortaleza e Região Metropolitana) e Icapuí (Setor I - Costa Leste). No ano de 2018 - 12 anos após o lançamento do primeiro PGI - Fortaleza teve seu Plano de Gestão da Orla Marítima passado por revisão. De acordo com Ceará (2021), a revisão do PGI de Fortaleza, além dos Planos de Caucaia e Cascavel estão em análise pela Coordenação Nacional do Projeto Orla.

Nesse sentido, uma relação entre danos ambientais costeiros e impactos sociais/econômicos só pode ser guiada através de uma gestão costeira efetiva. Através do exposto, o olhar sobre Fortaleza e parte de sua região metropolitana se torna exemplo catedrático do efeito em cadeia de uma gestão costeira com diversas fragilidades,

existentes em diversos municípios litorâneos brasileiros - que utilizam formas de organização do litoral e da malha urbana de maneira semelhante.

Esse quadro aponta para uma conjuntura que evidencia como os processos naturais estão diretamente relacionados com os elementos sociais e econômicos, de forma que as questões ambientais e a falta de coordenação em ordenamento do território costeiro resulta em outras problemáticas evidenciadas, dentre elas: aumento da ocupação e desigualdade concentradas em áreas de risco; perda do potencial paisagístico costeiro após grandes eventos oceanográficos; destruição de equipamentos urbanos; comprometimento estrutural de fixos devido aos processos erosivos costeiros; possibilidade à ocorrência de acidentes diversos que possam comprometer a integridade física de agentes que vivenciam os espaço costeiros.

Finalmente, considera-se que a literatura voltada à morfologia praias nos litorais urbanos avançou muito nos últimos 20 anos no Brasil, fato manifestado em um arcabouço científico-metodológico de qualidade entre as publicações aferidas. Contudo, ao se pensar em um futuro para os trabalhos sobre o tema, considera-se que o monitoramento da costa dos estados deve ser uma prática permanente, o que dependerá de investimentos maiores em ciência e tecnologia no país, bastante comprometidos nos últimos tempos.

Ademais, torna-se necessário que a produção de trabalhos acadêmicos seja, no momento atual, mais relacionada à recuperação natural dos litorais urbanos, uma vez que as formas recorrentes de recuperação e integridade das costas estão, em sua maioria, limitadas à artificialização das praias. Prática essa que rendeu - e rende - prejuízos aos meios físico e social da zona costeira brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Grupo de Pesquisa Gestão Integrada da Zona Costeira (CNPq) e à Universidade Estadual do Ceará (UECE).

Referências Bibliográficas

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2009.

ALMEIDA, L. Vulnerabilidade social aos perigos ambientais. **Revista da ANPEGE**. São Paulo, v. 6, p. 151-176, 2010.

AMBIENTALISTAS e pesquisadores denunciam projeto que pode destruir Dunas da Sabiaguaba. **Eco Nordeste**. Fortaleza, 10 de Julho de 2020. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/ambientalistas-e-pesquisadores-denunciam-projeto-que-pode-destruir-dunas-da-sabiaguaba/>. Acesso em: 5 de nov. 2020.

ANDRADE, M.C. de. **Geografia, região e desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense, 1971.

ANEAS DE CASTRO, S.D. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, n. 60, 2000.

- ANGEL, S; PARENT, J; CIVCO, D. L.; BLEI, A; POTERE, D. The Dimensions of Global Urban Expansion: Estimates and Projections for all Countries, 2000–2050. **Progress in Planning**, v. 75, p. 53-107, 2011.
- ANTHOFF, D.; NICHOLLS, R. J.; TOL, R. S. J.; VAFEIDIS, A. T. Global and regional exposure to large rises in sea-level: a sensitivity analysis. **Working Paper**, n. 96, 2006. Disponível em: http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp96_0.pdf. Acesso em: 24 de set. 2020.
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BIRD, E.C.F. **Coastal Geomorphology: An introduction**. 2 ed. Chinchester: Wiley and Sons, 2008.
- BIRD, E.C.F. Recent changes on the world's Sandy shorelines. In: BIRD, E.C.F; KOIKE, K. (eds). **Coastal dynamics and scientific sites**. Department of Geography, Kowazawa University, Japan, 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama das cidades**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em 08 nov. 2020.
- BRASIL. **Decreto Federal n. 5300**. Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. 2004. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=531>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- BRASIL. Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro – GI-GERCO/CIRM. **Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira** – Brasília/DF, 2018. 111 p (2018b).
- BRASIL. **Lei n. 7.661, de 16 de Maio de 1988**. Dispõe sobre o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/0.PNGC-II97%20Resolucao05_97.CIRM.pdf. Acesso em: 04 nov. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Implementação em territórios com urbanização consolidada**. Brasília: MMA/MPO, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil** [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial; Organização Dieter Muehe. Brasília: MMA (2018a).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA** [recurso eletrônico]. Brasília: MMA/ SRHQA/DGAT. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestaoterritorial/category/198-gestao-costeira-procosta>. Acesso em set. 2020. (2018d)
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla: Fundamentos para gestão integrada**. Brasília: MMA/MPO, 2006.
- BRASIL. Portaria N° 461, de 13 de dezembro de 2018. **Aprova a relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da Zona Costeira brasileira**. Brasília, 13/12/2018 (2018c).

- BRASIL. **Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília: MMA/MPO, 2004.
- CALLIARI, L.J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JUNIOR, E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**. São Paulo, v. 51, p. 63-78, 2003.
- CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). **Planos de Gestão Integrada da Orla Marítima – PGI**. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/gerenciamento-costeiro/planos-de-gestao-integrada-da-orla-maritima-pgi/>. Acesso em 05/2021.
- CLAUDINO-SALES, V.; WANG, P.; CARVALHO, A.M. Interactions between Various Headlands, Beaches, and Dunes along the Coast of Ceara' State, Northeast Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 34, n. 2, p. 413 – 428, 2017.
- COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA. **Vulnerabilidad Sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares e personas**. Brasília: CEPAL/ECLAC, 2002.
- COWELL, P.J.; THOM, B.G. **Morphodynamics of Coastal Evolution**. In: CARTER, HOEFEL, F.G. **Morfodinâmica de Praias Arenosas: uma revisão bibliográfica**.
- IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2020. **Agência IBGE Notícias**. 27/08/2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020>. Acesso em 10/2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). **Censo 2011: Resultados preliminares**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). **Perfil Básico Municipal 2017**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Paracuru_2017.pdf. Acesso em: out. 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). **Resultados do Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1121>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Itajaí: Editora da Univali, 1998.
- John Wiley & Sons, 1999.
- LEAL, K.B.; BONETTI, J.; PEREIRA, P.S. Influência da orientação de praia na retração da linha de costa induzida por marés de tempestade: Armação e Canasvieiras, Ilha de Santa Catarina – SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.04, p. 1730-1753, 2020.
- LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - Ano 6, nº 2 (2005).
- MAIA, L.P.; JIMENEZ, J.; RAVENTOS, J.S.; MORAIS, J.O. The Fortaleza (NR Brazil) Waterfront: Port Versus Coastal Management. **Journal of Coastal Research**, v. 14, n. 4, p. 1284-1292, 1998.
- MEIRELES, A.J.A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais.

- Revista Franco-Brasileira de Geografia**, v. 11, p. 15-28, 2011. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6970>. Acesso em: 05 nov. 2020.
- MESQUITA, A.R. Sea-level variations along the Brazilian coast: a short review. **Journal of Coastal Research**, SI35:21-31, 2003.
- MORAIS, J. O. Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 20, n. 1, p. 71-100, 1980.
- MOURA, N.S.V.; MORAN, E.F.; STROHAECKER, T. M.; KUNST, A.V. A Urbanização na zona costeira: processos locais e regionais e as transformações ambientais - o caso do litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, **Brasil Ciência e Natura**, Rio Grande do Sul, v. 37, n. 3, p. 594-612, 2015.
- MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.
- MUEHE, D. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília: MMA e MPO, 2004.
- MUEHE, D. Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade. In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (orgs.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- MUNARI, A.B. et al. Problemas socioambientais decorrentes da urbanização e turismo: estudo de caso da Lagoa das Capivaras, Garopaba (SC) Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 242-266, 2018.
- OBRA de aquário encalha em praia famosa de Fortaleza. **Folha de São Paulo**. Fortaleza, online, 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/04/obra-de-aquario-encalha-em-praias-famosa-de-fortaleza.shtml>. Acesso em: nov. 2020.
- OLIVEIRA, M.R.L.; NICOLODI, J.L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 89-98, 2012.
- PANIZZA, A. C. *et al.* O litoral brasileiro: exploração, ocupação e preservação. **RA'E GA**, Curitiba, v. 17, p. 7-16, 2009.
- PITOMBEIRA, E.S. Deformação das ondas por difração no molhe do porto do Mucuripe (Fortaleza – Ceará – Brasil). **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p. 55-58, 1976.
- PREFEITURA de Caucaia anuncia revitalização da orla do Icaraí. Fortaleza, **Diário do Nordeste**. 24 de fevereiro de 2017. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/prefeitura-de-caucaia-anuncia-revitalizacao-da-orla-do-icarai-1.1710953>. Acesso em: nov. 2020.
- Proceedings. Sydney, ASCE. Sydney, 1981.
- R.W.G.; WOODROFFE, C.D. Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Cambridge: 1994.

REBOUÇAS, R.B.M. **A influência portuária no modelado e reconfiguração da orla: o caso do Porto do Mucuripe e da Praia do Serviluz (Fortaleza, Ceará, Brasil).** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, 2010.

SHORT, A.D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics.** New York:

SHORT, A.D. Rip-Current Type, Spacing And Persistence, Narrabeen Beach, Australia. **Marine Geology**, v. 65, p. 47-71, 1985.

SILVEIRA, L. F.; KLEIN, A. H. F.; TESSLER, M. G. Classificação Morfodinâmica das praias do estado de Santa Catarina e do Litoral Norte do estado de São Paulo utilizando Sensoriamento Remoto. **Brazilian Journal Aquatic Science Technology**, v. 15, n. 2, p. 13-18, 2011.

SOUZA, C.R de G. **As Células de deriva litorânea e a erosão nas praias do estado de São Paulo.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SOUZA, C.R de G., SOUZA FILHO, P.W.M., Esteves, S.L., VITAL, H., DILLENBURG, S.R., PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. (2005) - Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. Souza, K. Suguio, A.M.Santos & P.E. Oliveira (eds.). **Quaternário do Brasil.** p.130-152, Holos Editora, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

SOUZA, C.R. de G. **A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil.** Revista da Gestão Costeira Integrada, v.9, n.1, p.17-37, 2009. Disponível em: . Acesso 08/2020.

TESSLER, Moysés Gonzalez.; GOYA, Samara Cazzoli y. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, 17 (2005) 11-23.

VASCONCELOS, F. P. **Gestão Integrada da Zona Costeira:** Ocupação antrópica desordenada, erosão, assoreamento e poluição ambiental do litoral. Fortaleza: Premium, 2005.

VEYRET, YVETTE. **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2019.

Wright, L. D. 1981. Beach cut in relation to surf zone morphodynamics. In: **International Conference On Coastal Engineering**, 17. p.978-996.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v. 56, p. 93-118, 1984.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. Short-Term Changes In The Morphodynamic States Of Beaches And Surf Zones: An Empirical Predictive Model. **Marine Geology**, v. 62, p. 339-364, 1985.