

## MAPEAMENTO DA EROÇÃO COSTEIRA NO DISTRITO DE ICARAÍ EM CAUCAIA-CEARÁ

CARTOGRAPHY OF COASTAL EROSION IN ICARAI TOWN CAUCAIA-CEARA

CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION CÔTIÈRE DANS LE DISTRICT D'ICARAÍ EN  
CAUCAIE-CEARA

Alyson Bueno Francisco<sup>1</sup>

**Resumo:** O litoral cearense apresenta áreas de alta suscetibilidade à erosão costeira com a existência de tabuleiros de formações quaternárias e retirada da vegetação pela ocupação das dunas. O município de Caucaia, Estado do Ceará, apresenta ocupação da faixa litorânea por edificações e vias urbanas intencionadas pelas atividades turísticas, cuja ocupação pode intensificar o desenvolvimento de processos erosivos nos topos das falésias. Foram identificados os processos erosivos em áreas de falésias por meio de imagens orbitais e em visita a campo. Na análise espacial em Sistema de Informação Geográfica, foi constatada a erosão remontante das falésias, entre os anos de 2009 e 2019, com recuo médio de 20 m. Alguns trechos apresentaram estabilidade pela construção de muros de arrimo e estruturas com britas. As áreas mais críticas da erosão costeira foram apresentadas no trecho oeste do loteamento Pacheco, com erosão de até 30 m com a presença de dunas instáveis no trecho não urbanizado. A retirada da vegetação das dunas, a ação dos ventos e a drenagem criada pelas vias urbanas não pavimentadas são os fatores que contribuem na instabilidade da formação geológica quaternária de alta suscetibilidade à erosão.

**Palavras-chave:** Erosão; Falésias; Loteamento; Suscetibilidade; Dunas

**Abstract:** The coast of Ceara presents areas of high susceptibility to coastal erosion with the existence of quaternary formation trays and removal of vegetation by the occupation of the dunes. The municipality of Caucaia, Ceara State, has occupation of the coastal strip by buildings and urban roads intended by tourist activities, whose occupation can intensify the development of erosive processes at the tops of the cliffs. The erosive processes and cliffs were identified in orbital images and field visits. In the spatial analysis in Geographic Information System, it was verified the re-upstream erosion of the cliffs, between 2009 and 2019, with recue average of 20 m. Some stretches showed stability by the construction of retaining walls and structures with gravel. The most critical areas of coastal erosion were presented in the western stretch of the Pacheco's allotment, with erosion of 30 m with the presence of unstable dunes in the suburbanized stretch. The removal of vegetation from the dunes, the action of winds and drainage created by unpaved urban roads are the factors that contribute in instability of quaternary geological formation of high susceptibility to erosion.

---

<sup>1</sup> Pós-Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). Presidente Prudente/SP. E-mail: [alysonbueno@gmail.com](mailto:alysonbueno@gmail.com). Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/7271560980557369>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-7632-9249>

**Keywords:** Erosion; Cliffs; Allotment; Susceptibility; Dunes

**Résumé:** La côte de Ceará présente des zones de grande sensibilité à l'érosion côtière avec l'existence de plateaux de formation quaternaires et l'enlèvement de la végétation par l'occupation des dunes. La municipalité de Caucaia, État de Ceará, a l'occupation de la bande côtière par des bâtiments et des routes urbaines destinées à des activités touristiques, dont l'occupation peut intensifier le développement de processus érosifs au sommet des falaises. Des processus érosifs ont été identifiés sur les falaises dans des images orbitales et lors de visites sur le terrain. Dans l'analyse spatiale de l'environnement SIG, des lignes de rupture avant, l'érosion des falaises a été observée en moyenne sur 20 m entre 2009 et 2019. Certains tronçons présentaient la stabilité par la construction de murs et de structures en béton avec du gravier. Les zones les plus critiques d'érosion côtière ont été présentées dans la partie ouest de l'allotissement Pacheco, avec érosion de 30 m avec la présence de dunes non urbanisées dans le tronçon non urbanisé. L'enlèvement de la végétation des dunes, l'action des vents et le drainage créé par les routes urbaines non pavées sont les facteurs qui contribuent à l'instabilité de la formation géologique quaternaire de haute sensibilité à l'érosion.

**Mots-clés:** Erosion; Falaises; Allotissement; Sensibilité; Dunes

## Introdução

As formas de relevo existentes no litoral nordestino brasileiro são influenciadas por processos de erosão marinha, pelas oscilações do nível dos mares; e por processos morfodinâmicos de erosão costeira devidas formas de ocupação.

As planícies costeiras brasileiras, principalmente a morfologia das linhas de costa, são influenciadas por fatores: das flutuações do nível do mar no período Quaternário, da dinâmica sedimentar atual das dunas e depósitos quaternários, do regime das marés e correntes marinhas. Os fatores condicionantes da ação das correntes marinhas, flutuações do nível do mar durante o Quaternário e regime das marés estão relacionados à erosão marinha (TESSLER; GOYA, 2005).

A erosão costeira do litoral central do Ceará está relacionada aos fatores naturais e antropogênicos. No caso dos fatores climáticos, a Zona de Convergência Intertropical provoca a concentração de chuvas no litoral cearense com índices médios de 350 mm nos meses de março e abril, cujo regime pluviométrico anual é de 1.400 mm. Nesse período, são registradas ondas de 1,2 m em média no ondógrafo de Pecém-CE (PAULA, 2012).

Além da ação do clima, das condições geológicas e dinâmica das marés, a erosão costeira pode estar associada às desembocaduras fluviais. Morais et al. (2008) apresentam o exemplo do Pontal de Maceió, em Aracati no Ceará, associado à foz do rio Jaguaribe. A área litorânea do município de Caucaia está associada à foz do rio Ceará.

Em relação à intensidade dos processos denominados de morfodinâmicos, com a interferência da ação humana, se utiliza o conceito de erosão costeira (RAMOS, 2021).

De acordo com Muehe (2005, p. 97) “a identificação das causas da erosão costeira tem sido frequentemente um exercício de adivinhação devido à falta de informações sobre a tendência de variação do nível do mar, do clima de ondas e da evolução da linha de costa”.

Os processos morfodinâmicos, com alterações de intensidades atuais, podem ser mensurados pela linha de costa, cujas falésias são morfologias presentes nas paisagens costeiras, vulneráveis às condições de riscos de erosão costeira. A principal razão da erosão costeira é o déficit de sedimentos na praia, tendo várias causas antrópicas: implantação de estruturas artificiais como armadilhas de sedimentos, urbanização da orla, mudanças nos padrões naturais de drenagem com a conversão de manguezais e planícies em terrenos urbanizados, implantação de desembocaduras artificiais (molhes) e retirada de areia (SOUZA et al., 2005).

As falésias com dezenas de metros de altura são indicadores da erosão costeira (SOUZA et al., 2005). As falésias são faces abruptas ou escarpas, existentes no litoral, sendo na região Nordeste do Brasil, formadas na geologia quaternária da Formação Barreiras. A erosão costeira no Nordeste do Brasil está relacionada à existência de depósitos tubuliformes areníticos do Grupo Barreiras, com a existência de falésias que sofrem processos morfodinâmicos (MUEHE, 2005). No estado do Ceará, as falésias são formas presentes na paisagem dos tabuleiros litorâneos e possuem sentido de atração turística, como em Canoa Quebrada (DANTAS, 2003).

O relevo da Planície Litorânea no Nordeste é constituído pelos tabuleiros costeiros, campos de dunas e planícies. Os tabuleiros costeiros são formas de relevo relativamente plano, com altitudes variando entre 40 e 120 metros, cujas falésias são bordas formadas pela ação erosiva marinha. Os tabuleiros no município de Caucaia possuem uma extensão relativamente reduzida (cerca de 10 km), se comparados aos tabuleiros do litoral de Aracati-CE, devida existência de maciços residuais na porção central do município (BEZERRA, 2009).

A geologia dos tabuleiros costeiros é constituída por arenitos finos da Formação Barreiras, originários entre o Mioceno e o Plioceno em ambiente aluviais. Devido substrato geológico possuir alta vulnerabilidade à erosão e ação da erosão marinha, a retirada da

vegetação das dunas da Formação Barreiras intensifica os processos morfodinâmicos e as falésias podem representar um elemento da paisagem para indicar a ação da erosão costeira (SILVA et al., 2020).

As praias arenosas do Ceará possuem vulnerabilidade física de segmentos costeiros à erosão, sendo agravados pelas formas de urbanização na região metropolitana de Fortaleza. Segundo Marino et al. (2016, p. 255):

A faixa de praia da Região Metropolitana de Fortaleza encontra-se notadamente inserida, sendo afetados por um número muito grande de fatores, alguns relacionados com as intervenções antrópicas na zona costeira (obras de engenharia, barramentos, drenagens, aterramento de praias, construção de espigões, muros de contenção, empreendimentos turístico-hoteleiros, segundas residências, etc.), outros de origem natural e relacionados à dinâmica costeira (as flutuações do nível do mar, a influência da morfologia da antepraia nas ondulações, tectonismo, transporte sedimentar costeiro, dinâmica da zona de arrebentação, erosão costeira, etc.).

Em Fortaleza, o Porto de Mucuripe possui estruturas, como: o molhe Titan; que intensificaram a erosão das praias de Iracema e da Barra. A ação das ondas com desvios pelas estruturas implantadas, no Porto de Mucuripe, provavelmente intensificou a erosão costeira em Caucaia, município localizado a oeste de Fortaleza (PAULA, 2012).

O município de Caucaia, nas últimas três décadas, apresentou uma expansão da ocupação urbana pelas atividades turísticas do distrito de Icaraí, modificando a paisagem litorânea e interferindo na fixação das dunas. A faixa de areia da praia de Icaraí foi reduzida gradativamente, cujas estruturas da avenida a beira mar estão sendo comprometidas pela ação da erosão costeira. Nesta localidade, como medida para controlar a erosão costeira, foram implantadas estruturas do tipo barra mar (*bagwall*), sem resultados satisfatórios (FAÇANHA et al., 2017). As medidas estruturais implantadas para controlar a erosão costeira no estado do Ceará não apresentaram resultados satisfatórios. Segundo Muehe (2005, p. 101)

A interrupção de um transporte litorâneo unidirecional desta magnitude é uma forte resposta erosiva a montante da obstrução do fluxo. Por exemplo a construção de um quebra-mar para proteção do porto de Mucuripe em Fortaleza, desencadeou um processo erosivo que praticamente destruiu as praias da cidade. A construção de espigões e muros não foi suficiente para conter a erosão.

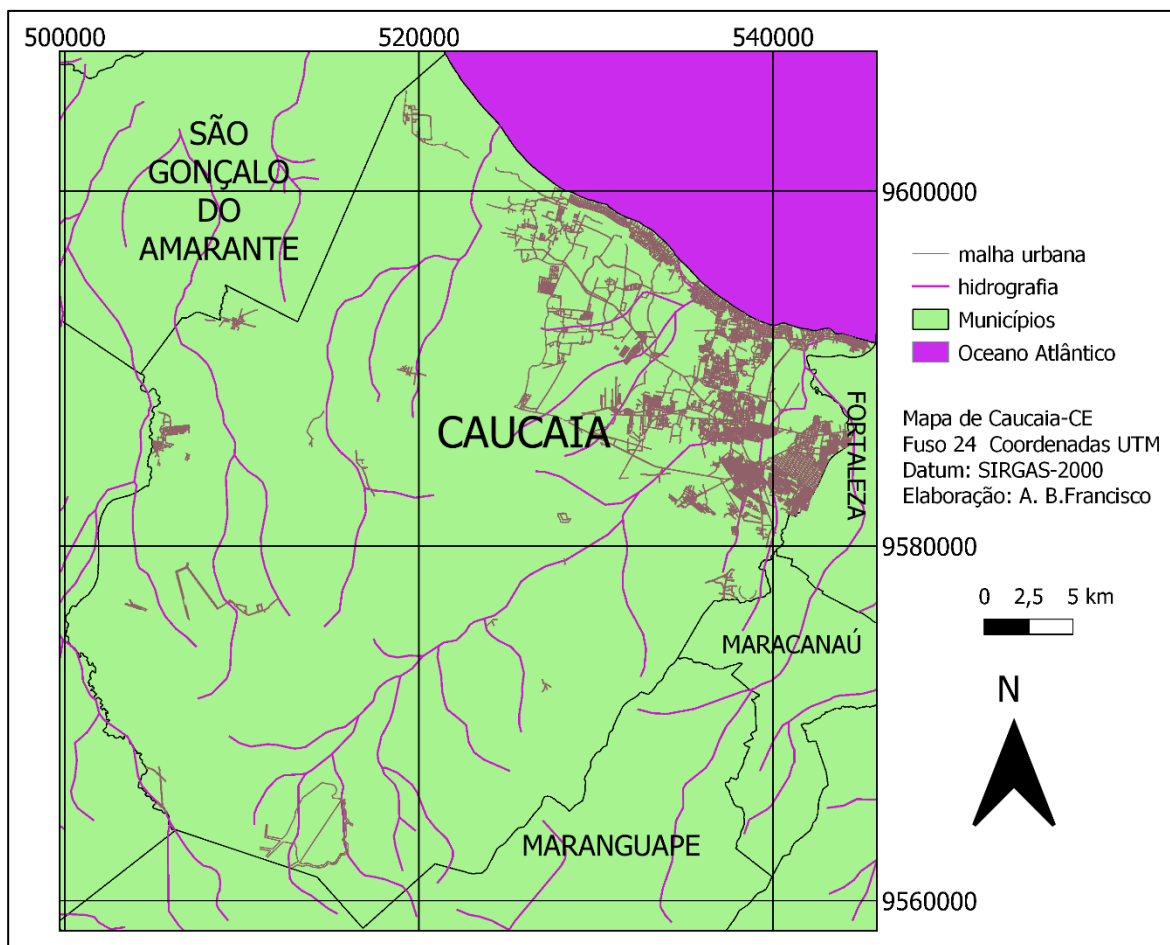
Diante desses fatores da erosão costeira, este trabalho visa apresentar um mapeamento detalhado da variação temporal da linha de costa presente nas falésias do distrito de Icaraí, município de Caucaia, Ceará.

### Área de estudo e procedimentos metodológicos

O município de Caucaia possui uma área de 1.239,6 km<sup>2</sup> e localiza-se na região metropolitana de Fortaleza, cuja porção leste faz parte da bacia do rio Ceará.

A área urbanizada do município de Caucaia está concentrada na porção nordeste, próxima das margens do rio Ceará, como parte da região metropolitana de Fortaleza. A praia do município de Caucaia foi urbanizada em decorrência das atividades turísticas do distrito de Icaraí. A figura 1 mostra o município de Caucaia com a malha urbana concentrada na porção nordeste municipal, próxima da divisa com o município de Fortaleza.

**Figura 01** – Mapa do município de Caucaia-CE.

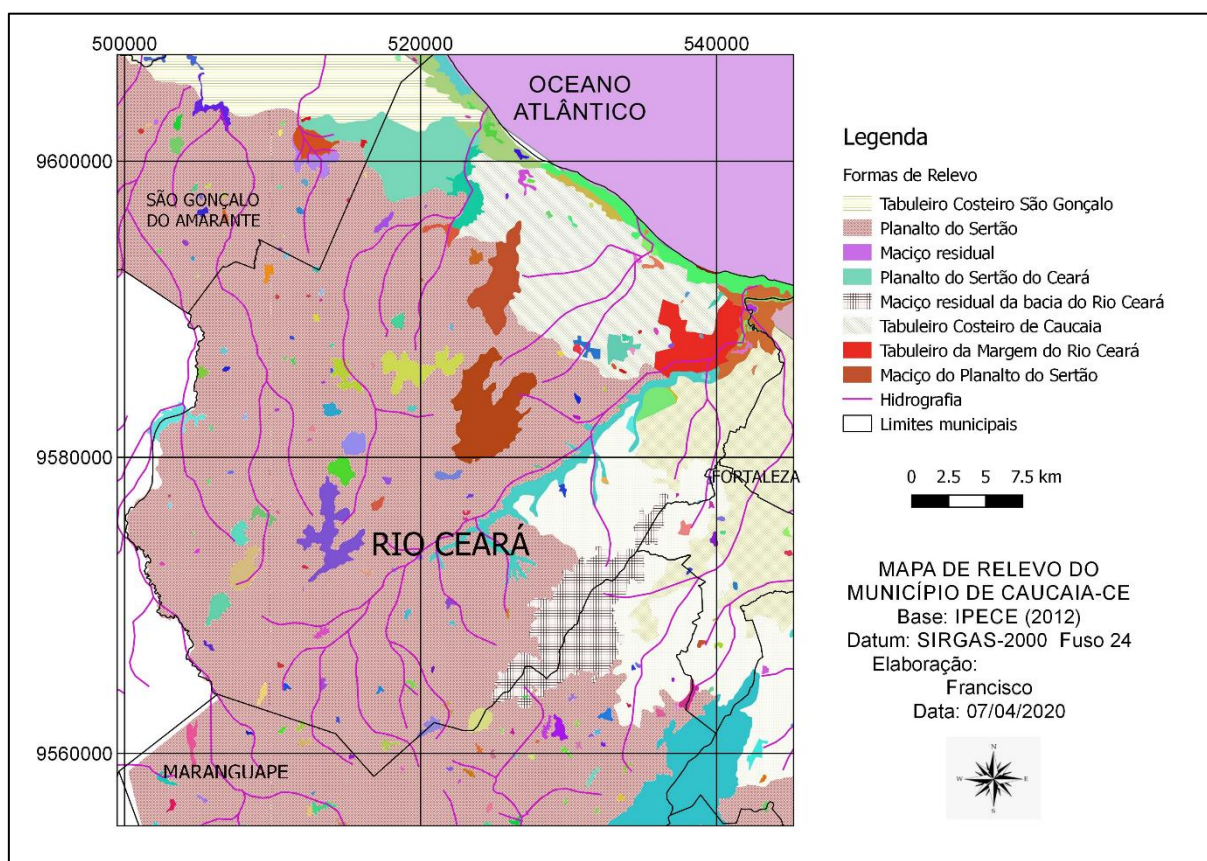


O litoral de Caucaia é retilíneo, do porto de Pecém a foz do rio Ceará, com a predominância de dunas dos tabuleiros da Formação Barreiras, com a presença de afloramentos de rochas de praia. As marés do tipo diurno podem chegar a valores máximos de 3,9 m (PAULA et al., 2013).

A Formação Barreiras, substrato geológico da área, é composta por arenitos, depósitos fluvio-aluvionares e depósitos eólicos, datados do Plioceno. A ação eólica e das precipitações decorrentes da Zona de Convergência Intertropical provocam a movimentação natural das dunas que pode ser intensificada por fatores antropogênicos de uso e de ocupação da terra (PAULA, 2012).

A figura 2 mostra a distribuição dos compartimentos das formas do relevo no município.

**Figura 02** – Mapa das formas do relevo do município de Caucaia-CE.



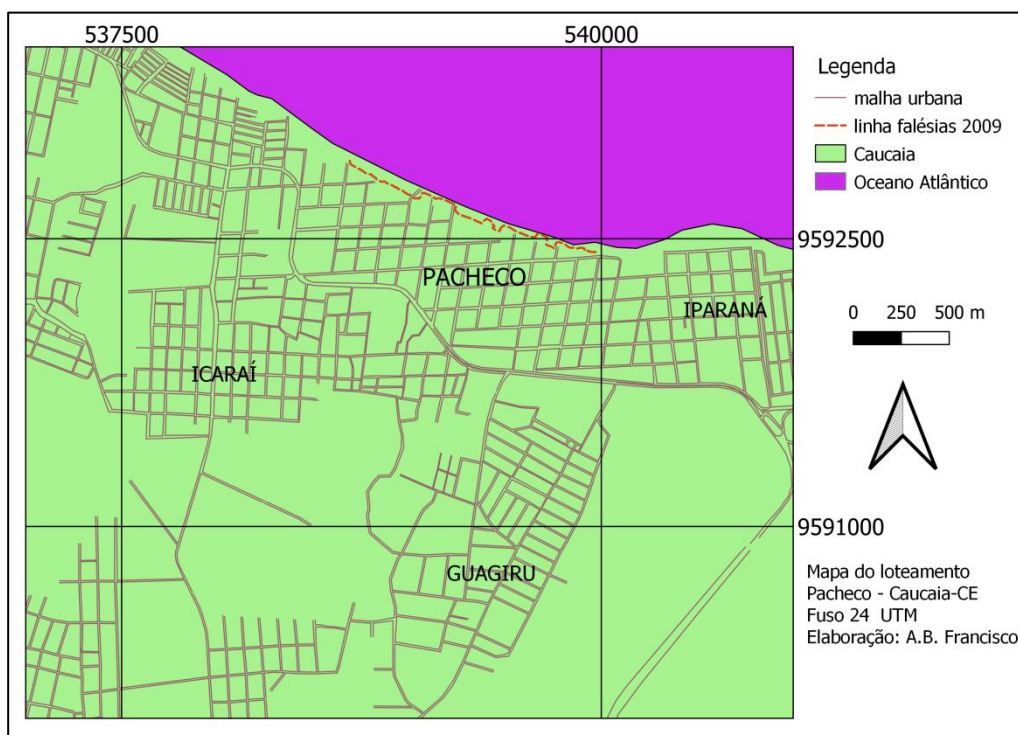
Os tabuleiros costeiros, com a presença de dunas e de falésias, são os compartimentos existentes nos 15 km da borda costeira, sendo a porção central e sul do

município de Caucaia marcada pela existência do Planalto do Sertão cearense com a existência de maciços residuais.

A região oeste da faixa litorânea de Caucaia apresenta dunas instáveis com vegetação esparsa e ocupações de residências de veraneio e de turismo no distrito de Icaraí-CE. A retirada da vegetação das dunas, a ação dos ventos e a drenagem criada pelas vias urbanas não pavimentadas são os fatores que contribuem na instabilidade do solo e sedimentos com alta suscetibilidade à erosão.

A figura 3 mostra o mapa de localização do loteamento Pacheco na área do distrito de Icaraí, incluindo as faixas de falésias mapeadas neste trabalho.

**Figura 03** – Carta do loteamento Pacheco em Icaraí, distrito de Caucaia-CE.



A malha urbana não pavimentada no sentido paralelo às vertentes favorece a concentração dos escoamentos superficiais após chuvas concentradas e transporte de sedimentos que podem acumular forças gravitacionais nas rupturas de declive das falésias.

Para a análise das variações das rupturas de declive nos fronts das falésias, foram delimitadas, no aplicativo Google Earth, as linhas de ruptura e importadas em banco de dados do sistema de informação geográfica QGIS versão 2.18.

A base de dados vetoriais, incluindo a base de Compartimentação Geoambiental, foi elaborada com informações do Instituto de Pesquisa e Estratégia do Ceará. As imagens orbitais são datadas de 04/10/2009 e 20/07/2019.

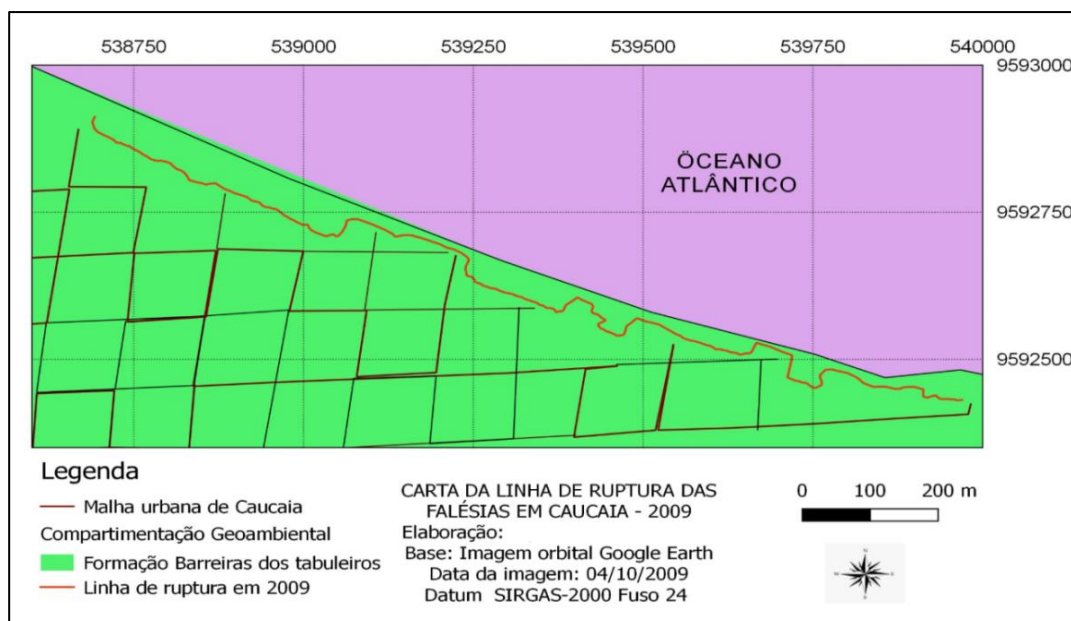
Em junho de 2019 foram realizadas visitas a campo com a tomada de fotografias dos pontos de erosão costeira em áreas urbanas de Caucaia e no distrito de Icaraí.

O banco de dados no Sistema de Informação Geográfica QGIS permite a criação de vetores (linhas de costa) na identificação das rupturas de declive e as rotinas permitem mensurar precisamente as linhas criadas a partir das imagens de 2009 e 2019, para o registro dos recuos das linhas de costa.

## Resultados e Discussão

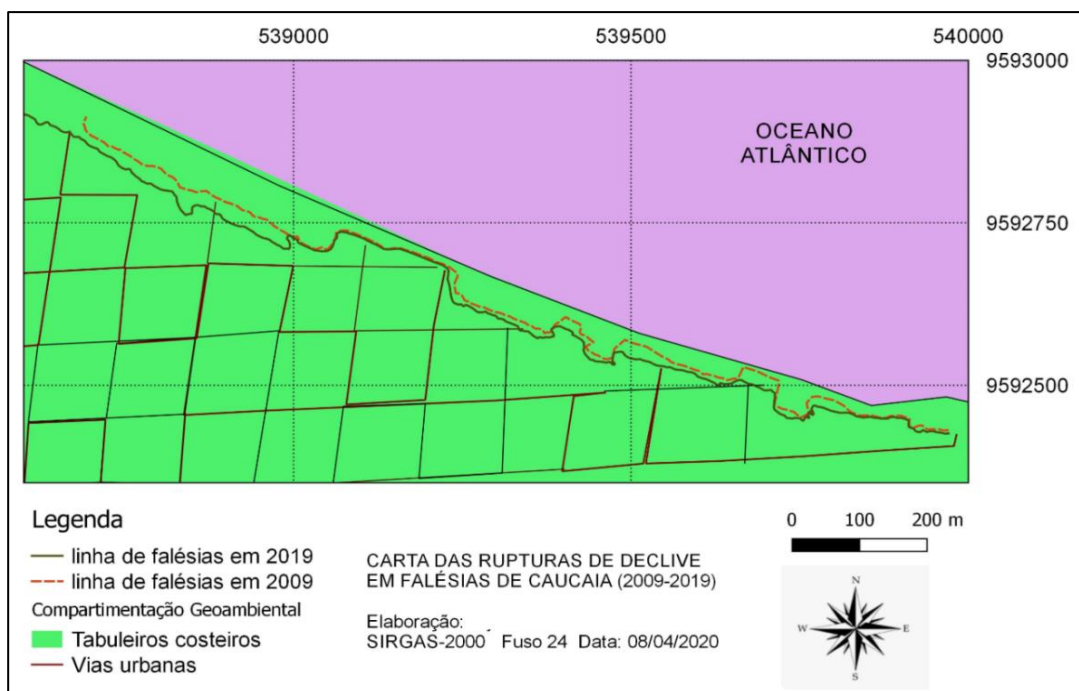
A carta da figura 4 apresenta a linha de ruptura de declive no front das falésias de Caucaia em outubro de 2009.

**Figura 04** - Carta de linhas de ruptura de declive em falésias de Caucaia em 2009.



A carta da figura 5 apresenta as linhas de rupturas de declive no *front* das falésias de Caucaia em outubro de 2009 e julho de 2019.



**Figura 05** - Carta de ruptura de declive em falésias de Caucaia em 2009 e 2019.

O trecho oeste apresentou erosão remontante média de 25 m, sendo alguns com erosão de 30 m. Esta área possui a presença de dunas instáveis com vegetação esparsa, sendo as falésias apresentarem profundidades de até 8 m.

O trecho apresentado na figura 2 apresentou erosão remontante média de 15 m com comprimento de 150 m de extensão da falésia.

A tabela 1 apresenta os recuos entre 2009 e 2019, de trechos mais erodidos na área mapeada e presente nas cartas das figuras 5 e 6.

**Tabela 01** – Pontos de recuo das rupturas de declive entre 2009 e 2019 em Caucaia-CE.

Ponto/Coordenadas	Recuo da ruptura de declive (m)	Trecho nas cartas das figuras 6 e 7
1 / 538800E 9592835N	27,87	Oeste
2 / 538850E 9592800N	37,38	Oeste
3 / 538920E 9592775N	28,15	Oeste
4 / 538920E 9592745N	27,10	Oeste
5 / 539400E 9592600N	18,60	Central
6 / 539500E 9592560N	23,88	Central
7 / 539240E 9592625N	16,88	Central
8 / 539675E 9592500N	22,33	Leste
9 / 539700E 9592510N	21,55	Leste
10 / 539795E 9592478N	15,55	Leste

Elaborado pelo autor (2021).

No trecho oeste, a média do recuo da ruptura de declive da falésia entre 2009 e 2019 foi de aproximadamente 30 m, sendo destacado o ponto 2 ao atingir 37,38 m de recuo. Nos trechos centrais e leste das cartas, a média do recuo da ruptura de declive foi de aproximadamente 20 m.

A figura 6 mostra a imagem da falésia de 150 m, em Caucaia, com a proximidade de condomínios residenciais e de veraneio.

**Figura 06** – Imagem orbital de falésia em tabuleiro costeiro situado em Caucaia-CE.



**Fonte:** Imagem do Google Earth (2009). Coordenadas UTM Fuso 24

A figura 7 apresenta edificações em áreas de risco, próxima do ponto 3 da tabela 1, com deposição de britas na base da falésia para controle paliativo da erosão.

**Figura 07** – Rupturas de declive com taludes nas falésias do loteamento Pacheco em Caucaia-CE.



**Fonte:** Foto de trabalho de campo (20/06/2019).  
Localização: 538920E 9592775N

Alguns trechos da área leste, do loteamento Pacheco em Caucaia, sofreram intervenções com a fixação de pedras britadas, mas não apresentam obras de sustentação para suportar as ondas durante as ressacas marinhas. A figura 8 apresenta os materiais improvisados (pneus usados) que são mantidos pelos moradores locais para conter o avanço dos processos erosivos, próximo do ponto 6 apresentado pela tabela 1.

**Figura 08** - Materiais utilizados no controle da erosão costeira em edificações de veraneio.



**Fonte:** Foto de trabalho de campo (20/06/2019)  
Localização: 539500E 9592560N

Apesar de materiais de baixo custo, como pneus usados, serem eficientes no controle da erosão em outras regiões com apoios estruturais nos solos, a inexistência de terraceamentos para o controle da drenagem superficial, dificulta o controle do colapso das rupturas de declive nas falésias.

### **Considerações finais**

A existência de fatores naturais na dinâmica erosiva das dunas e falésias, tais como ação eólica no litoral e a concentração de precipitações nos meses de março e abril, não são os únicos condicionantes para o desenvolvimento da erosão costeira, diante das condições antrópicas de falta de planejamento e ocupação em faixa litorânea para fins turísticos.

De acordo com os resultados, a taxa média de erosão de linha de costa em 2 m/ano, sendo notável o risco de movimentos de massa nas falésias com a possibilidade de destruição das edificações, como apresentado na figura 8, além de riscos vitais aos moradores. As medidas paliativas com o uso de pedras depositadas na base das falésias e a implantação de aterros com materiais pesados e de apoio, como pneus, são formas emergenciais que

poderiam ser evitadas caso existisse uma política para evitar a ocupação das áreas próximas às falésias.

A produção de uma cartografia detalhada sobre os riscos apresentados pela erosão costeira contribui na análise geográfica dos fatores naturais e intensidades dos processos erosivos pelas formas de ocupação do solo e apropriação do relevo. A produção de informações geográfica sobre a erosão costeira precisa ser atualizada com novos dados dos sistemas sensores orbitais na elaboração de bancos de dados geográficos mais acessíveis aos órgãos públicos atuantes nas políticas de restrição à ocupação de áreas vulneráveis.

O mapeamento em grandes escalas, a nível municipal, em banco de dados geográficos favorece a atualização das informações geográficas a serem disponibilizadas às prefeituras e órgãos públicos estaduais para a implantação de uma política de restrição à ocupação urbana das dunas e falésias.

Diante do problema da erosão costeira, como desafios a serem superados existem: a falta de informações geográficas e bases cartográficas, a falta de profissionais capacitados com senso crítico e analítico diante da visão geográfica do risco e vulnerabilidade, a ausência de conscientização nas práticas turísticas, a falta de diálogo entre as autoridades da região diante dos problemas com origem ou causa em outros municípios e a dificuldade de superação da visão ideológica de uso do espaço litorâneo e apropriação da paisagem para fins não adequados à fragilidade ambiental.

O município de Caucaia possui uma diversidade geográfica e precisa de uma legislação municipal para disciplinar as formas de ocupação do solo. O mapeamento das áreas de risco da erosão costeira pode favorecer a implantação das medidas legais para disciplinar essas formas de ocupação e evitar maiores riscos e vulnerabilidades, incluindo o cenário das mudanças climáticas para as próximas décadas.

## Referências

BEZERRA, L. J. C. **Caracterização dos tabuleiros pré-litorâneos do Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Universidade Federal do Ceará, 2009, 144f.

DANTAS, S. C. **Turismo, produção e apropriação do espaço e percepção ambiental: o caso de Canoa Quebrada, Aracati, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, 2003, 191f.

FAÇANHA, M. C.; DI CIERO, C. D.; SOUZA, L. A.; MARINO, M. T. R. D. Erosão costeira na praia do Icarai-CE. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., **Anais...**, Campinas, 2017.

MARINO, M. T. R. D.; FERNANDES, D.; MORAES, S.; TAJRA, A. Vulnerabilidade física de parte do litoral leste do Ceará à erosão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 38, p. 253-281, 2016.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, n.8, v.2, p. 61-76, 2008.

MUEHE, D. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator**, n. 7, v. 4, p. 97-110, 2005.

PAULA, D. P. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade dos processos geogênicos e antropogênicos**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade do Algarve, Portugal, 2012, 364f.

PAULA, D. P.; DIAS, J. A.; SOUZA, M. A. L.; FARRAPEIRA NETO, C. A.; BARROS, E. L. Monitorização de curto prazo da Praia do Icarai (Caucaia, Ceará, Brasil). SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 11., **Anais...**, Maputo, 2013.

RAMOS, L. F. **Diagnóstico dos processos de erosão costeira em um período de 35 anos (1985 - 2020) em relação à atividade de exploração de petróleo em terra no Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia do Mar), Universidade Federal de São Paulo, 2021, 83f.

SILVA, B. M. F.; SANTOS, O. F.; FREITAS NETO, O.; SCUDELARI, A. C. Erosão em falésias costeiras e movimentos de massa no Rio Grande do Norte. **Geociências**, v. 39, n. 2, p. 447-461, 2020.

SOUZA, C. R. G. Praias e erosão costeira. In: SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

TESSLER, M.G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 11-23, 2005.

*Recebido em 09 de julho de 2021.*

*Aceito em 13 agosto de 2021.*

*Publicado em 10 de setembro de 2021.*