

ANÁLISE DO RECUO DAS FALÉSIAS DA PRAIA DE CARRO QUEBRADO, LITORAL NORTE DE ALAGOAS

José Gomes dos Santos Leal Neto ¹
Melquisedeque da Silva Viana ²
Yasmin Maria de Aguiar Omena ³
Bruno Ferreira ⁴

INTRODUÇÃO

O Litoral Brasileiro é um dos mais extensos e diversificados do Mundo, estendendo-se por cerca de 7.367 km ao longo do Atlântico Sul, onde se distribui uma expressiva variedade de paisagens costeiras, que incluem de costas baixas a falésias, além de abrigar uma abundante diversidade de vida marinha (ARANHA *et al.*, 2013). Ambientes de extrema dinamicidade, zonas de convergência entre processos terrestres, oceânicos e atmosféricos, que são afetados principalmente pelos elementos climáticos e oceanográficos regionais, que atuam sobre a dinâmica costeira, de forma que mudanças significativas podem ocorrer em períodos de dias, meses ou anos, destacando-se a disposição de sedimentos (ANGULO, 2004; COELHO, 2020).

No Nordeste Brasileiro, o estado de Alagoas possui uma zona costeira que compreende 22 municípios em cerca de 228 km de extensão. Nesse contexto, os municípios de Barra de Santo Antônio e Passo de Camaragibe estão localizados em sua porção norte e possuem rica diversidade morfológica, praias que conservam características selvagens e linhas de arrecifes que formam piscinas naturais com variados tamanhos. Na área limítrofe entre esses municípios, encontra-se a praia de Carro Quebrado, novo polo de atração turística na região, atraindo turistas que a visitam para contemplar suas águas claras e mornas, bordeadas por falésias avermelhadas, imponentes feições geomorfológicas estruturadas na Formação Barreiras.

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, jose.leal@igdema.ufal.br;

² Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, sedeque15@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, yasmin.omena@igdema.ufal.br;

⁴ Professor orientador: Doutor em Geociências, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, bruno.ferreira@igdema.ufal.br.

Os estudos sobre falésias se tornaram mais frequentes nas últimas três décadas, pois essas feições possuem um padrão de evolução específico e podem causar perdas humanas e materiais nas áreas ocupadas. Além disso, com o aumento da ocupação costeira, fenômeno observado desde meados do século XX, e a elevação do nível médio dos mares, decorrente do aquecimento global, a erosão costeira tornou-se um problema de proporção global, ameaçando a segurança pública e as populações residentes e visitantes de formações costeiras. Assim, os riscos associados à instabilidade geomorfológica das costas com falésias emergiram como um desafio significativo para os estudos que visem análises ambientais, além de subsidiar a gestão ambiental e territorial (CAMARA *et al.*, 2019).

No contexto da emergência dos estudos sobre falésias, o presente estudo teve como objetivo mapear o recuo das encostas estruturadas em falésias na praia de Carro Quebrado, avaliando seus processos de modelagem e feições morfológicas, bem como seu recuo ao longo do tempo. Para isso, foi adotada como escala temporal o intervalo entre os anos de 2002 a 2024, tendo como base a utilização de imagens de sensores orbitais.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo visaram identificar e quantificar os locais onde ocorreu significativo recuo das reentrâncias dos topos das falésias analisadas. Dessa forma, a sequência metodológica utilizada se deu por: 1) revisão bibliográfica e cartográfica sobre o tema e a área; 2) aquisição e processamento de imagens de satélite; 3) vetorização e análise da série temporal da linha de topo das reentrâncias das falésias; e 4) determinação da taxa de recuo.

Segundo Coelho (2020, p. 56), o uso das geotecnologias no monitoramento de processos de erosão costeira “oferecem uma ampla visão sobre a distribuição temporal e espacial desse fenômeno, em diferentes escalas, permitindo monitorar a dinâmica de linha de costa relacionada com fatores socioambientais”. Os SIG e o sensoriamento remoto são ferramentas essenciais no monitoramento costeiro, juntos permitem a integração e análise de dados geoespaciais e fornecem imagens detalhadas e dados espectrais da superfície terrestre, essenciais para detectar erosão costeira, qualidade da água e mudanças nos habitats marinhos. A partir do uso dessas ferramentas, Camara *et*

al. (2019, p. 56) afirma que “é possível melhorar o gerenciamento costeiro das falésias/arribas, fornecer informações simples e semi-quantitativas para análises dos riscos associados à erosão”.

Para a delimitação e análise, foi utilizada a linha da borda da falésia derivada de imagens da Maxar Technologies e Airbus, dos anos de 2002 e 2024, obtidas gratuitamente através do catálogo de imagens do *software* Google Earth Pro. O processamento dos dados vetoriais e matriciais foi realizado utilizando as ferramentas nativas do Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 3.28.6, empregando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, Fuso 25 Sul.

Após uma criteriosa checagem das linhas traçadas com as imagens dos anos de 2002 e 2024, foi realizado o procedimento de junção dessas linhas e a transformação para polígono, seguido da extração do plano de informação, resultando no polígono de área de recuo. Em seguida, a área foi dividida em três setores, norte, central e sul (figura 1), diferenciados com base nas características geomorfológicas e de uso e ocupação da terra. Para cada setor, foram avaliados: a extensão da linha de borda da falésia em quilômetros, a área de retração em metros quadrados, o percentual de retração entre os três setores e a taxa média de recuo anual em m².

Figura 1: Vista do setor sul (A); vista do setor central (B) e; vista do setor norte (C).



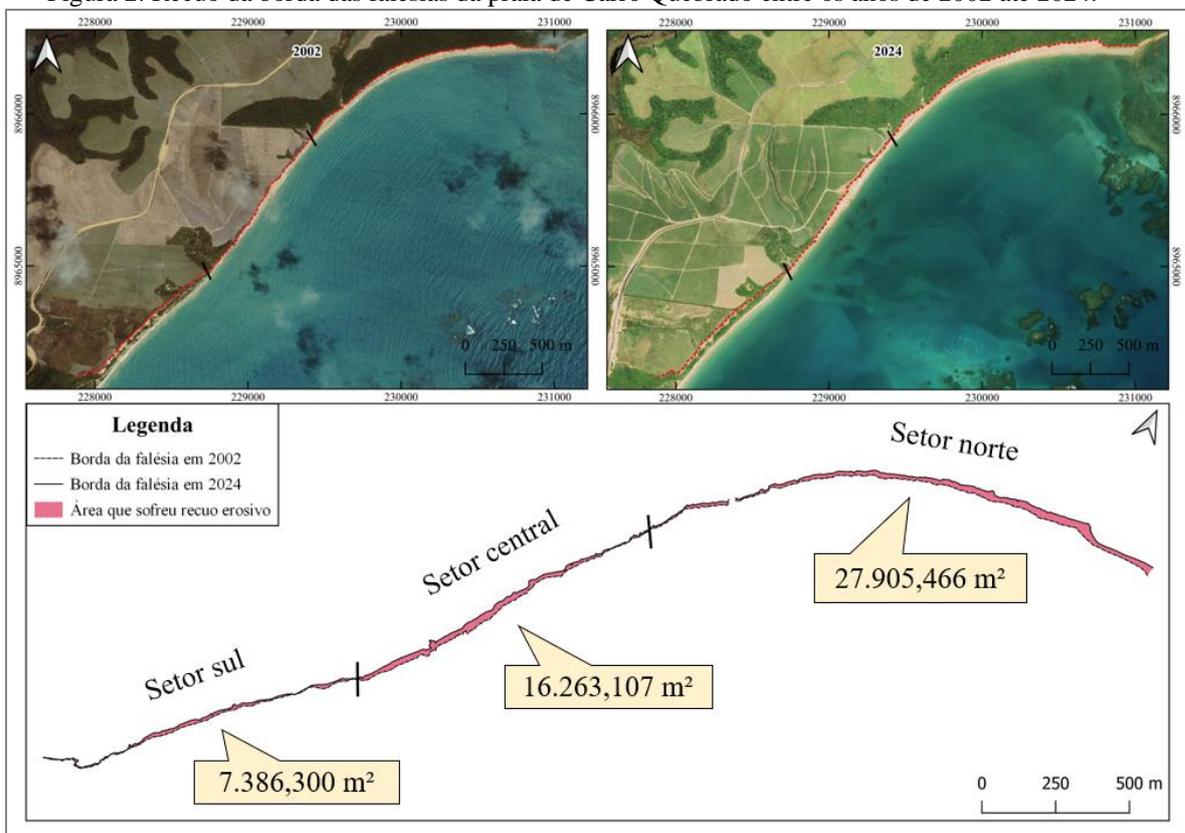
Fonte: Acervo dos autores (2024).

Os resultados foram apresentados na forma de mapas poligonais e tabelas, representando as áreas e quantitativos de recuo da borda dos tabuleiros costeiros onde estão estruturadas as falésias de Carro Quebrado. Tais informações estão subdivididas e apresentadas a seguir por setor mapeado, totalizando 3 setores, com características morfológicas, processos e formas de uso e ocupação que possibilitaram suas individualizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados mostra que houve recuo da borda das falésias, com intensidades diferentes para a retrogradação em cada setor delimitado (figura 1). A taxa média anual de retração para cada setor da falésia foram de: cerca de 1.268,43 m² para o setor norte; 739,23 m² no setor central e; 335,74 m² no setor sul. Essa diferenciação da taxa de recuo é correlacionada a capacidade de modelagem em cada setor e a resistência litológica dos materiais, ora mais atacados por processos basais, ora por processos superficiais.

Figura 2: Recuo da borda das falésias da praia de Carro Quebrado entre os anos de 2002 até 2024.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A Tabela 1 apresenta as métricas totais da área e as específicas de cada setor, a partir da aquisição e tratamento dos produtos de sensoriamento remoto com uso de SIG entre 2002 e 2024, revelando um total de 51.554,873m² de retração nos 4,100m de comprimento da borda de falésia analisados. Os resultados médios calculados para os

três setores mostram uma média anual de retração de cerca 2.343,4m², sendo o setor norte o de maior contribuição para os valores médios aqui apresentados.

Tabela 1: Métricas por Setor.

Variáveis	Setor norte	Setor central	Setor sul	Total
Extensão em m da Linha de borda da falésia	1827 m	1120 m	1153 m	4100 m
Percentual	44.56%	27.32%	28.12%	100%
Área de retração das Falésias em m ²	27.905,466 m ²	16.263,107 m ²	7.386,3 m ²	51.554,873 m ²
Percentual da retração da área	54.13%	31.55%	14.33%	100%
Taxa Média Anual de Recuo da falésia	1268,43 m ²	739,23 m ²	335,74 m ²	2.343,4 m ²

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O setor norte possui uma extensão de aproximado 1,827km, sendo caracterizado pela conservação da cobertura de vegetação nativa, formações pioneiras da Mata Atlântica, apresentando a menor concentração de formas de uso da terra, dentre os três setores analisados. No entanto, foi o setor que apresentou o maior recuo da borda da falésia, cerca de 27.905,466m², o que corresponde a 54,13% de todo o recuo calculado para a área.

As falésias nesse setor são do tipo ativas, as quais sofrem abrasão marinha ao longo da maior parte do ano, o que explica as mais altas taxas de retração de suas bordas. Além disso, ao longo dos perfis de exposição, essas encostas apresentam evidências de cicatrizes erosivas e a ausência de depósitos basais e rampas de colúvio, bem como, menor cobertura vegetal. Apresentam maior ângulo de inclinação, acima dos 45°, o que potencializa o escoamento e, conseqüentemente, os processos morfodinâmicos superficiais.

A forma íngreme das falésias, nesse setor, mostra a maior influência da abrasão marinha em detrimento a erosão pluvial no topo, bem como, a menor eficiência da cobertura vegetal na proteção das morfologias. A presença de vegetação arbórea de médio e grande porte no topo também contribui para o seu maior recuo, sobrecarregando as bordas em períodos chuvosos, ajudando no desencadeamento de movimentos gravitacionais, contribuindo com lubrificação e infiltração de fluidos superficiais (PROJETO FALÉSIAS, 2021; LIMA; MAIA, 2023).

O setor central, segunda área analisada, apresenta a menor extensão, cerca de 1,120 km, configurando como menor deles, possui a maior pressão antrópica, com presença de estruturas voltadas ao turismo de lazer e plantio de cana-de-açúcar. Durante os anos de análise, essa área recuou 16.263,107m², o que equivale a 31,55% do total de retração e corresponde a uma taxa de recuo médio de 739,23 m² ao ano.

Caracterizado pela presença de falésias ativas, belezas cênicas e, conseqüentemente, infraestrutura de acesso e lazer, há uma maior presença da atividade turística ao longo de toda a praia. A paisagem é composta por falésias íngremes e falésias escalonadas em degraus, patamares estruturais de controle litológico. As encostas possuem declividades acentuadas $\geq 45^\circ$, cobertura vegetal rala e esparsa, em sua base e meia encosta, o que favorece a ação da abrasão marinha e processos superficiais de origem pluvial e fluvial, pequenos riachos efêmeros que alimentados por canais de drenagem das plantações circundantes.

A erosão marinha não favorece a consolidação de rampas de colúvio, as quais são verificadas ao sul, derivadas do empilhamento sedimentar, possuindo apenas exemplares em porções restritas. Isso ocorre devido à ação marinha no período de preamar, especialmente quando das marés de sizígia, que remove rapidamente esses depósitos inconsolidados e mantendo o ângulo abrupto nas escarpas (PROJETO FALÉSIAS, 2021). A erosão pluvial, em algumas canalizações de fluxo no topo do tabuleiro, também incide diretamente sobre as encostas, causando o desgaste desta e afetando sua estabilidade, resultando em pequenas incisões que evoluem para ravinamentos e voçorocamentos. Todos esses elementos favorecem e ajudam a explicar a maior instabilidade morfodinâmica e, conseqüentemente, o maior nível de retração quando comparado com o setor sul.

Este é o setor que mais apresenta risco para os visitantes devido à maior instabilidade das escarpas frente a maior presença de pessoas. Em todo o trecho, é possível identificar marcas de deslizamentos recentes e antigos, além de blocos invertidos, quando de maior resistência litológica. O aumento do nível de risco aos visitantes, neste setor, se deve as suas características processuais e a falta de planejamento, regulação e fiscalização no crescente turismo de sol e mar no Litoral Norte de Alagoas.

O setor sul, terceira área analisada, possui aproximadamente 1,153 km, apresentou um recuo de 335,74 m², correspondendo apenas a 14,33% do recuo total. As

falésias desse setor foram as que apresentaram a menor taxa de recuo, isso mesmo possuindo uma extensão maior que o setor central. Essa menor taxa de retração em relação aos outros setores se deve ao fato de o setor sul se caracterizar por falésias mais vegetadas e paleofalésias. As escarpas das falésias inativas apresentam naturalmente níveis mais elevados de estabilidade, frente a suavização dos taludes e maior adensamento e eficiência da vegetação na proteção do solo.

Nesse setor, as ondas não escovam o pé das falésias e em todo o setor é possível encontrar a presença de vegetação no topo, na face e na base das falésias. A presença de vegetação basal constitui um indicativo de que essas áreas não estão mais sofrendo com a ação da abrasão marinha, o que possibilita a deposição de areias e a formação de uma planície costeira de largura variável e com presença de uma densa vegetação pioneira de restinga. Assim, a retração no setor sul se dá principalmente pela erosão pluvial no topo e na encosta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise realizada, para os três setores, tornou-se possível a detecção da variação nas taxas de retração, influenciadas por fatores geomorfológicos e antrópicos. O setor norte apresentou uma maior taxa de recuo, evidenciando a ação preponderante da abrasão marinha, mesmo apresentando a proteção de cobertura vegetal no topo e uma menor pressão antrópica. O setor central, apesar de menor em extensão, teve uma significativa taxa de recuo, com as atividades de uso e ocupação, como turismo e a presença da cana-de-açúcar, contribuindo significativamente na dinâmica da falésia, principalmente pela canalização de águas e no surgimento de ravinas. O setor sul apresentou a menor taxa de recuo, devido à sua característica morfológica, paleofalésias, que é mais estável em relação às demais.

As falésias são constantemente impactadas pelas atividades humanas, especialmente através da urbanização costeira, do desenvolvimento de atividades turísticas e de sistemas de plantio. Portanto, o monitoramento dessas áreas é essencial para compreender os impactos, prever colapsos e desenvolver o manejo sustentável. Apesar de constituir um ensaio inicial, os resultados confirmam a necessidade da implantação de algum sistema de monitoramento ambiental para áreas costeiras com

falésias em Alagoas, especialmente aquelas com grande apelo e/ou infraestruturas turísticas.

A utilização de SIG, por meio de tecnologias de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, se mostrou promissoras ao se analisar o recuo das falésias, possibilitando a análise de dados e do monitoramento erosivo. Seu uso poderá, em estudos futuros, trazer novas contribuições e fornecer dados para a regulação, planejamento e gestão territorial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, bem como, ao Programa Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Ufal e ao Laboratório de Geologia (LabGeo) da Ufal.

REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J. Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR. n. 10, p. 175-185, jul./dez, 2004.

ARANHA, T. R. B. T.; SILVEIRA, T. de A.; DINIZ, J. M. T.; SOUSA, E. P. de; WANDERLEY, J. A. C. Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 274–285, 2013.

CAMARA, M.; SCUDELARI, A.; AMARO, V.; MATOS, M.; RABELO, T. Geotecnologias como subsídio para gestão de ambientes costeiros: análise do recuo em falésias/arribas no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, e suas implicações socioambientais. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n.º 16, março. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 53-79, 2019.

COELHO, A. L. N. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro: PGGM, p. 56-73, 2020.

LIMA, C. C. U.; MAIA, R. P. Fatores condicionantes e processos que promovem o recuo das falésias no litoral sul do estado da Bahia, Brasil. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, p. 1-20, 2023.

PROJETO FALÉSIAS. Diagnóstico e apontamentos de medidas mitigadoras para o contexto de riscos nas falésias de Pipa e Barra de Tabatinga – RN. **Relatório Técnico Projeto Falésias**, UFRN-UFC-MDR, Natal, 2021.