

## Avaliação da suscetibilidade à instabilidade gravitacional de falésias no litoral sul do Rio Grande do Norte na perspectiva do Índice de Suscetibilidade Erosiva (ISE)

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2026.v10.2175>

Ângela Vitória Souza da Rocha<sup>1</sup>  
Letícia Gabriela Elias Soares<sup>2</sup>  
Jairo Rodrigues de Souza<sup>3</sup>

Data de submissão concluída: 4/5/2026. Data de aprovação: 23/6/2026. Data de publicação: 7/8/2026.

**Resumo** – As falésias costeiras constituem escarpas íngremes resultantes da atuação integrada de processos marinhos e subaéreos vistos em vários locais do litoral brasileiro. A elevação do nível relativo do mar e a intensificação da dinâmica costeira contribuem para o recuo dessas morfologias e para a ascensão da suscetibilidade a movimentos de massa, sobretudo em áreas com ocupação antrópica próxima à base. Nesse contexto, este estudo realizou a avaliação da suscetibilidade à instabilidade gravitacional de falésias no litoral sul do Rio Grande do Norte, sob a perspectiva do Índice de Suscetibilidade Erosiva (ISE), a partir de dados de campo obtidos em três praias representativas — Cotovelo, Tabatinga e Cacimbinhas — nos quais foi aplicada uma metodologia propositiva baseada em quatro parâmetros principais: cobertura vegetal, influência antrópica, friabilidade litológica e condições de instabilidade estrutural. Os resultados indicaram que, embora as áreas apresentem características geológicas e de cobertura vegetal semelhantes, a intensidade da ocupação humana constituiu um dos principais fatores de diferenciação nos níveis de suscetibilidade, sendo observado que a ação das ondas, associada à elevada friabilidade dos materiais, à presença de fraturamentos e às intervenções antrópicas, potencializa os processos de instabilidade, resultando em níveis de suscetibilidade variando de moderados a elevados. Logo, há uma necessidade de monitoramento contínuo e de planejamento costeiro voltado à mitigação de riscos.

**Palavras-chave:** Falésias. Grau de risco. Praias do litoral sul. Instabilidade gravitacional.

## Assessment of the susceptibility to gravitational instability of cliffs on the southern coast of Rio Grande do Norte from the perspective of the Erosive Susceptibility Index (ISE)

**Abstract** – Coastal cliffs are steep escarpments formed by the integrated action of marine and subaerial processes, seen in several areas along the Brazilian coastline. The rise in relative sea level and the intensification of coastal dynamics contribute to the retreat of these landforms and to the increase in susceptibility to mass movements,

<sup>1</sup> Graduanda em Gestão Ambiental pelo Campus Natal-Central do Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.  [angelavitoria8732@gmail.com](mailto:angelavitoria8732@gmail.com)  <https://orcid.org/0009-0009-4008-357X>  <http://lattes.cnpq.br/7020686021093899>.

<sup>2</sup> Técnica em Geologia pelo Campus Natal-Central do Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.  [leticiagabi889@gmail.com](mailto:leticiagabi889@gmail.com)  <https://orcid.org/0009-0008-3101-6474>  <http://lattes.cnpq.br/2274447217718408>.

<sup>3</sup> Mestre em Ciências Ambientais pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Docente do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais do Campus Natal-Central do Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.  [jairo.souza@ifrn.edu.br](mailto:jairo.souza@ifrn.edu.br)  <https://orcid.org/0000-0002-9176-1416>  <http://lattes.cnpq.br/5149484835682816>.

especially in areas with human occupation near their base. In this context, this study carried out an assessment of the susceptibility to gravitational instability of cliffs on the southern coast of Rio Grande do Norte, from the perspective of the Erosive Susceptibility Index (ISE), based on field data collected at three representative beaches—Cotovelo, Tabatinga, and Cacimbinhas—where a proposed methodology was applied using four main parameters: vegetation cover, anthropogenic influence, lithological friability, and structural instability conditions. The results indicated that, although the areas present similar geological and vegetation characteristics, the intensity of human occupation was one of the main factors differentiating susceptibility levels, and it was observed that wave action, combined with high material friability, the presence of fractures, and human interventions, enhances instability processes, resulting in susceptibility levels ranging from moderate to high. Therefore, continuous monitoring and coastal planning aimed at risk mitigation are necessary.

**Keywords:** Beaches on the Southern coast. Cliffs. Gravitational instability. Risk level.

### **Evaluación de la susceptibilidad a la inestabilidad gravitacional de acantilados en el litoral sur de Rio Grande do Norte desde la perspectiva del Índice de Susceptibilidad Erosiva (ISE)**

**Resumen** – Los acantilados costeros son escarpas empinadas formadas por la acción integrada de procesos marinos y subaéreos presentes en diversas áreas del litoral brasileño. El aumento del nivel relativo del mar y la intensificación de la dinámica costera contribuyen al retroceso de estas formas y al incremento de la susceptibilidad a movimientos en masa, especialmente en zonas con ocupación antrópica cercana a su base. En este contexto, este estudio realizó la evaluación de la susceptibilidad a la inestabilidad gravitacional de acantilados en el litoral sur de Rio Grande do Norte, desde la perspectiva del Índice de Susceptibilidad Erosiva (ISE), a partir de datos de campo obtenidos en tres playas representativas — Cotovelo, Tabatinga y Cacimbinhas — donde se aplicó una metodología propositiva basada en cuatro parámetros principales: cobertura vegetal, influencia antrópica, friabilidad litológica y condiciones de inestabilidad estructural. Los resultados indicaron que, aunque las áreas presenten características geológicas y de cobertura vegetal similares, la intensidad de la ocupación humana constituye uno de los principales factores de diferenciación en los niveles de susceptibilidad. Se observó que la acción del oleaje, combinada con la alta friabilidad de los materiales, la presencia de fracturas y las intervenciones antrópicas, potencia los procesos de inestabilidad, resultando en niveles de susceptibilidad que varían de moderados a altos. Por lo tanto, se hace necesario un monitoreo continuo y una planificación costera orientada a la mitigación de riesgos.

**Palabras clave:** Acantilados. Nivel de riesgo. Playas del litoral sur. Inestabilidad gravitacional.

### **Introdução**

Nas faixas costeiras, encontram-se diversas formas de relevo, cada uma com peculiaridades únicas. Dentre elas, as falésias destacam-se não apenas pela sua beleza cênica, mas também pelo seu valor científico, particularmente em estudos relativos à movimentação de sedimentos (Pfaltzgraff; Torres, 2010). Essas formações fornecem dados cruciais para o entendimento das mudanças na linha costeira, assim

como a hidrodinâmica do mar, afetando as rochas que, embora pareçam consolidadas, mudam constantemente (Oliveira *et al.*, 2024).

As características do litoral estão atreladas às variações do nível do mar através dos tempos geológicos, além das mudanças climáticas em diferentes períodos (Fernandez *et al.*, 2022). Nesse cenário, as falésias surgem de um processo contínuo de formação da costa, em que ondas, ventos, chuva e até a vegetação contribuem para o desgaste e a erosão das rochas (Santos *et al.*, 2024). Essa retirada de material pelo mar, denominada “abrasão marinha”, esculpe as morfologias da costa, fazendo a linha costeira dinamizar; por sua vez, as falésias agem como barreiras naturais contra o avanço do mar, mas, mesmo assim, sofrem com a erosão que as desestabiliza (Bunde, 2020).

Conforme Santiago (2021), a interferência humana, especialmente com construções e urbanização, pode causar danos ambientais importantes, de longa duração. Em áreas costeiras, essas ações tendem a tornar as encostas mais instáveis, aumentando o risco de deslizamentos, então, tais atividades precisam de muita atenção, pois podem desequilibrar os sistemas litorâneos. Assim, Cardoso (2021) classifica as falésias em dois tipos: vivas e mortas. As falésias vivas são aquelas que sofrem o impacto direto do mar, ocorrendo a erosão e o recuo ativamente; já as falésias mortas pararam de receber influência direta das ondas, passando, assim, a serem moldadas principalmente por processos exógenos terrestres, como, por exemplo, a ação da chuva e o vento.

As falésias mais proeminentes encontradas no território brasileiro concentram-se na região Nordeste, estando essas associadas às coberturas sedimentares pertencentes ao Grupo Barreiras (Borges, 2021). Esses cenários litorâneos são resultantes de uma evolução geológica bem recente, marcada pela ação combinada de processos erosivos, tectônicas e a sedimentação ao longo do tempo. Nesse contexto, Scudelari *et al.* (2021) ressaltam que a erosão das falésias ocorre de maneira homogênea em todas as suas partes: na base, é a ação das ondas e das correntes marítimas que predomina, enquanto no topo são os ventos e as precipitações que atuam. O impacto das ondas na base da falésia compromete a resistência da estrutura do paredão rochoso, ocasionando colapsos e desmoronamentos e colaborando para o avanço progressivo dessas feições ao continente (Maia; Amorim, 2022).

Vale ressaltar que as regiões costeiras demonstram uma forte atratividade para a ocupação humana e o desenvolvimento de empreendimentos. Logo, o estudo dos processos erosivos e sua influência na estabilidade das falésias é algo essencial, sobretudo no que concerne à segurança das áreas já ocupadas (Vasconcelos, 2005). Um dos principais desafios presentes nessas regiões é a progressão do mar sobre a linha da costa, um processo que intensifica a instabilidade dos taludes e pode levar as falésias a estados críticos de saturação, aumentando a probabilidade de deslizamentos de grande proporção (Brasil, 2021).

Nesse ambiente, a atuação das marés desempenha um papel crucial, visto que o choque contínuo das ondas na base das falésias impulsiona sua modificação gradual, tornando a porção superior mais propensa a desmoronar. Esse tipo de dinâmica pode originar eventos de grande perigo, tal como aquele que ocorreu na praia de Pipa, onde um desmoronamento resultou na perda de três vidas (Barbosa, 2017).

Assim, a importância deste estudo reside na análise das falésias que foram selecionadas, buscando identificar e apresentar, de forma clara, os níveis de risco ligados à sua instabilidade ou, mesmo, à sua relativa estabilidade. A propensão de

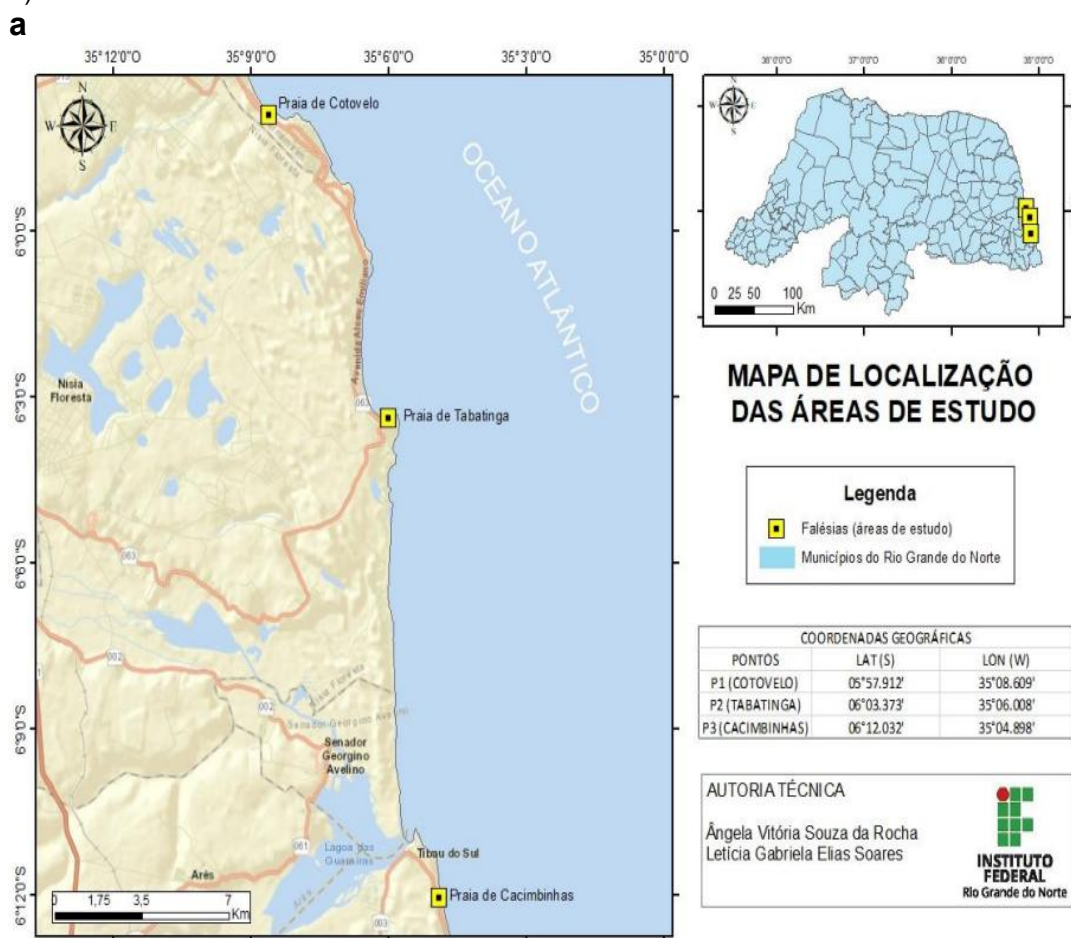
eventos de desabamentos sobre as porções de praia pode diferir de baixo a médio ou, mesmo, alto, conforme a extensão de exposição aos fenômenos erosivos naturais e a força das ações humanas, como atividades de lazer e edificações adjacentes às margens das escarpas (Barreto *et al.*, 2004; Amaro *et al.*, 2021). Inserido nesse cenário, o principal intento desta investigação foi avaliar a suscetibilidade à instabilidade natural das falésias no litoral sul do Rio Grande do Norte, compreendendo a questão sob o prisma do Índice de Suscetibilidade Erosiva (ISE). Posterior ao levantamento, tenta-se dimensionar o nível de vulnerabilidade tendo em conta as distintas causas de instabilidade, conferindo relevância específica a cada elemento que foi examinado.

## Materiais e métodos

### Área de estudo e vias de acesso

As praias de Cotovelo, Tabatinga e Cacimbinhas formaram o escopo da investigação desse estudo. Elas pertencem aos municípios de Parnamirim, Nísia Floresta e Tibau do Sul, respectivamente, no litoral potiguar (figura 1). Para chegar a tais destinos, o acesso é feito primariamente por vias estaduais, as quais conectam essas cidades do extremo sul do litoral.

Figura 1 – a) Mapa de localização das áreas de estudo. b) Praia de Cotovelo. c) Praia de Tabatinga. d) Praia de Cacimbinhas



b

c



d



Fonte: autoria técnica (2026)

A metodologia empregada se apoiou em um plano integrado, mesclando revisão de literatura especializada sobre falésias, erosão, aspectos fisiográficos e perigos geológicos, com pesquisa de campo em locais definidos previamente. O trabalho *in loco* proporcionou a detecção de sinais de instabilidade nas falésias, além de possibilitar a observação das feições geomorfológicas primordiais da região (Lima *et al.*, 2023). Com base nessas observações, foi criado um ISE adaptado às perspectivas das praias investigadas.

As praias de Cotovelo, Tabatinga e Cacimbinhas foram escolhidas por terem falésias, o foco principal da presente pesquisa. Nesses locais, considerou-se a existência de formações e estruturas geológicas que podem agravar a propensão dos taludes à instabilidade, juntamente com a presença humana e a variação da vegetação, fatores conhecidos por influenciar na erosão (Matos *et al.*, 2013). Ademais, a seleção dessas localidades considerou suas distintas facilidades de acesso e níveis de atividade turística, permitindo avaliar como esses fatores supracitados interferem na dinâmica erosiva e na estabilidade das falésias.

As atividades de campo aconteceram em 19 de dezembro de 2021, com chegada nas áreas de Cotovelo, Tabatinga e Cacimbinhas às 8h20, 9h30 e 12h30, respectivamente. Durante a execução, notou-se que as condições de maré diferiam entre os pontos: em Cotovelo, a maré estava vazando; em Tabatinga, era baixa; e em Cacimbinhas, ocorria transição para maré cheia (Tábua de Marés, 2021). A coleta de informações envolveu caminhadas por trechos das falésias, em que registrou-se achados como, por exemplo, fraturas/rachaduras, formação de cavidades/micro cavernas na base, acesso das pessoas, interferência de atividades humanas, e a presença ou ausência de vegetações fixadoras.

Para determinar o nível de risco das falésias, criou-se e aplicou-se uma fórmula matemática baseada na média ponderada (equação 1), de maneira inédita, a partir da qual foram definidos os critérios essenciais para a proteção e firmeza da estrutura geológica. Para cada parâmetro, uma pontuação de 1 (um) a 5 foi dada, refletindo a sua influência sobre a erosão. Juntamente, um peso distinto foi alocado, denotando a importância do parâmetro na degradação das falésias.

Equação 1 – Fórmula algébrica dos parâmetros influenciadores na conservação da estrutura geológica, a qual estipula o grau dos processos erosivos atuante

$$ISE = \frac{P_1 * 1 + P_2 * 2 + P_3 * 3 + P_4 * 3}{1 + 2 + 3 + 3}$$

$$1 + 2 + 3 + 3$$

Em que:

ISE = Índice de Suscetibilidade Erosiva

P1 = Parâmetro Vegetação

P2 = Parâmetro Intervenção Humana

P3 = Parâmetro Friabilidade da Rocha

P4 = Parâmetro Instabilidade Estrutural.

Os parâmetros que foram usados seguem uma escala de pontuação de risco que vai de 1 (bem baixo) a 5 (super alto), mostrando o nível de vulnerabilidade associado a cada aspecto avaliado. Ainda, cada parâmetro ganha um peso de relevância que varia de 1 (um) a 3, considerando sua importância para os processos erosivos e a fragilidade das encostas, como demonstrado no quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros e seus graus de risco e pesos de influência

| RISCO |             |
|-------|-------------|
| 1     | muito baixo |
| 2     | baixo       |
| 3     | médio       |
| 4     | alto        |
| 5     | muito alto  |

| PARÂMETRO                | GRAU DE RISCO         | PESO |
|--------------------------|-----------------------|------|
| VEGETAÇÃO                | 1 - 5 (MUITA A POUCA) | 1    |
| INFLUÊNCIA HUMANA        | 1 - 5 (POUCA A MUITA) | 2    |
| FRIABILIDADE DA ROCHA    | 1 - 5 (BAIXA A ALTA)  | 3    |
| INSTABILIDADE ESTRUTURAL | 1 - 5 (BAIXA A ALTA)  | 3    |

Fonte: autoria técnica (2026)

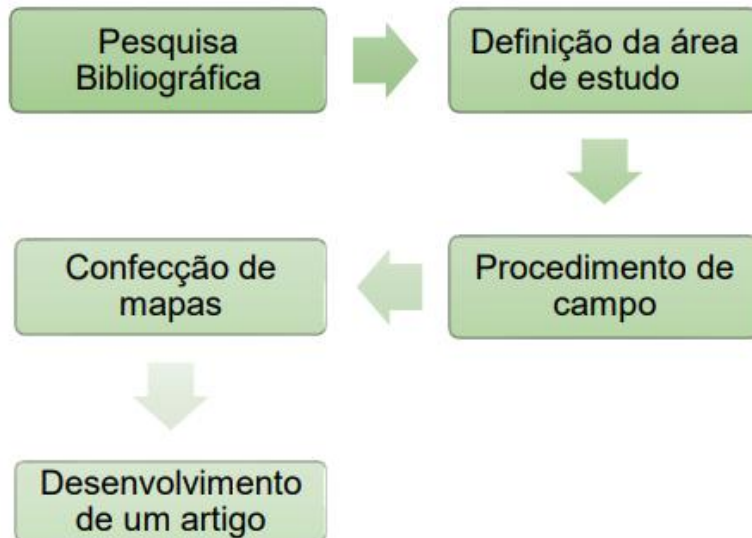
Com essa linha de pensamento, o escopo principal foi a mensuração do perigo potencial inerente às encostas sob investigação, em harmonia com as evidências colhidas em campo e os dados da pesquisa.

Sob o “PARÂMETRO 1 – VEGETAÇÃO”, o porte e a densidade dos arbustos nas zonas em exame foram realçados, onde maior cobertura vegetal colabora na estabilização do talude e na diminuição do risco de desmoronamento de encostas (Rizzini, 1979). Paralelamente, no “PARÂMETRO 2 – INFLUÊNCIA HUMANA”, avaliou-se a proximidade de moradias e comércios, a facilidade de acesso e o fluxo turístico. Ainda, com o “PARÂMETRO 3 – FRIABILIDADE DA ROCHA”, amostras de locais com deslizamentos recentes foram coletadas, buscando determinar a fragilidade litológica. Finalmente, no “PARÂMETRO 4 – INSTABILIDADE ESTRUTURAL”, observou-se *in loco* características como fraturas e a formação de reentrâncias ou cavidades na base do talude, sinais de desequilíbrio (Silva; Bulhões, 2023).

Desse modo, um fluxograma de ações que direcionaram a realização deste trabalho está apresentado em seguida (figura 2).

Figura 2 – Fluxograma de atividades para a execução deste trabalho

Artigo Científico

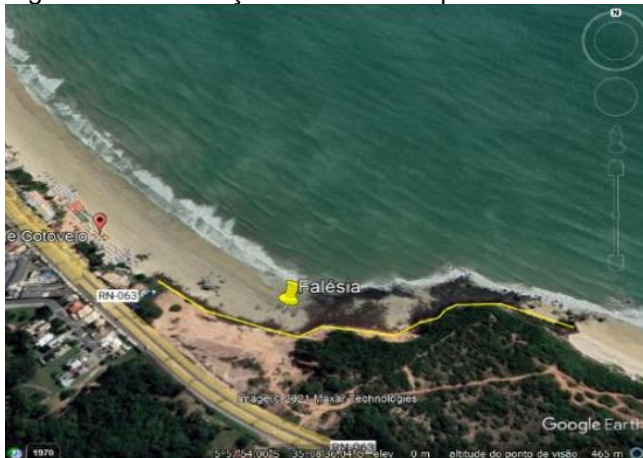


Fonte: autoria própria (2026)

### Resultados e discussões

A falésia da praia de Cotovelo se estende por aproximadamente 460 metros, dado marcado pela linha amarela na figura 3. Inicialmente, essa praia foi frequentada por moradores nativos ou por aqueles que vinham “curtir” as férias ou, dela, foram feitos usos esporádicos ao entretenimento (Tulik, 2001, p. 10). Porém, atualmente, a praia mostra uma transformação urbanística mais acentuada vinculada ao aumento do movimento turístico, algo que se percebe pela chegada de hotéis e restaurantes. Mesmo assim, ainda se vê a preponderância de propriedades para utilização temporária.

Figura 3 – Localização da falésia na praia de Cotovelo, no município de Parnamirim/RN

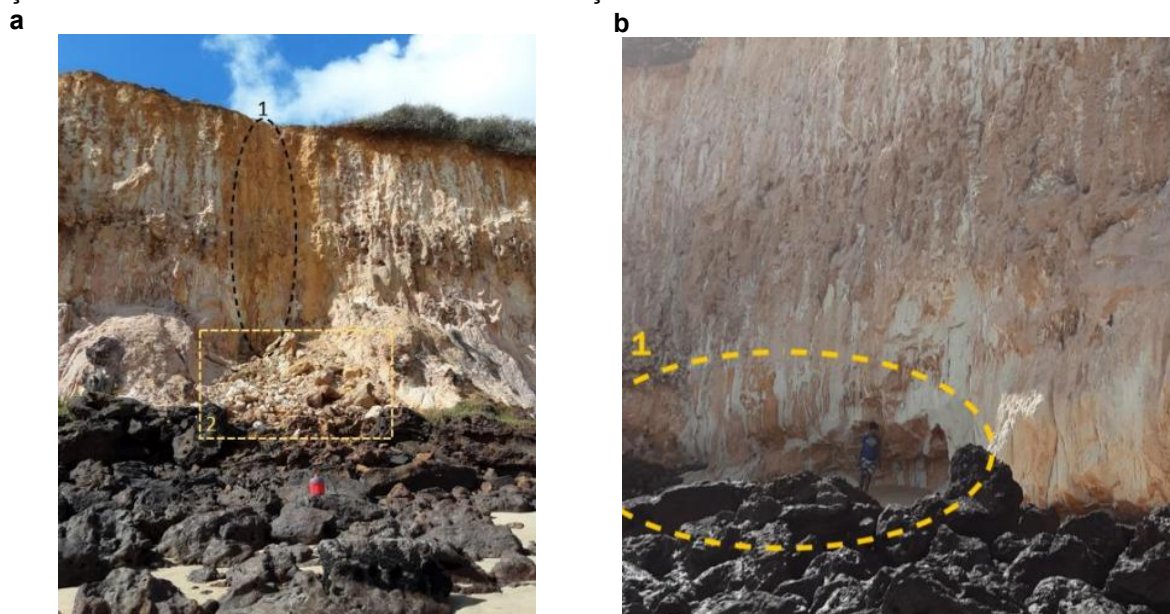


Fonte: Google Earth Pro (2026)

As fraturas observadas no talude das falésias mostram uma orientação majoritariamente vertical (figura 4a), atuando como áreas de fraqueza que, com o decorrer do tempo, se expandem pela erosão, tornando a rocha cada vez mais propensa a ceder. Quando esse processo avança, blocos se soltam e desabam para baixo, configurando um tipo de movimento de massa conhecido como tombamento. A erosão dessas características geológicas é fortemente influenciada pelo mar, principalmente na maré alta, quando o alcance das ondas bate diretamente na rocha. Essa influência constante desgasta a estrutura e contribui para a escavação na base,

incentivando o aparecimento de reentrâncias ou cavas na base das falésias (figura 4b).

Figura 4 – a) Parte do talude fraturado<sup>1</sup> e blocos tombados<sup>2</sup>. b) Cavas feitas na base do talude pela ação hidrodinâmica do oceano. Nota-se uma criança no interior da cava

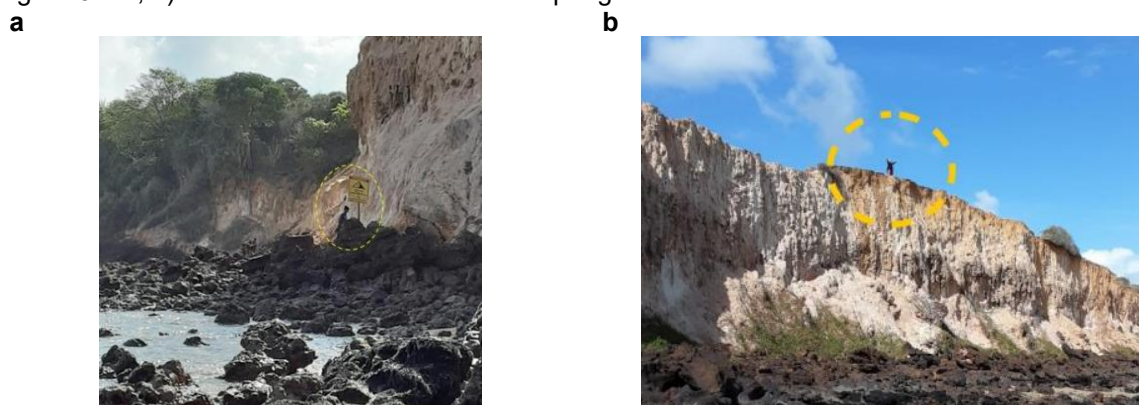


Fonte: autoria própria (2026)

As cavidades são recortes de proporção modesta e escassa profundidade escavados na porção inferior das encostas rochosas, próximo à linha da maré. O aparecimento dessas formações advém fundamentalmente da força erosiva da maré, e isso acentua, de forma direta, a falta de firmeza da estrutura da encosta. O motivo disso é que a retirada contínua de rocha na base afeta seriamente o apoio necessário às camadas superiores da rocha, antes com capacidade de suportar massas imensas de solo, daí propiciando as manifestações de fragmentação e desmoronamento vinculadas à deterioração provocada pelo mar.

Durante as atividades de campo, observou-se a presença de pessoas circulando próximo às cavidades localizadas na base da falésia, bem como nos desfiladeiros, apesar da existência de placas de advertência de perigo. A maior concentração de visitantes foi registrada na porção norte do setor estudado, onde se localizam estabelecimentos comerciais, o que contribui para um intenso fluxo de turistas. Essas observações evidenciam a frequente ocupação da área por usuários, inclusive em locais sujeitos a potenciais riscos geológicos (figuras 5a e 5b).

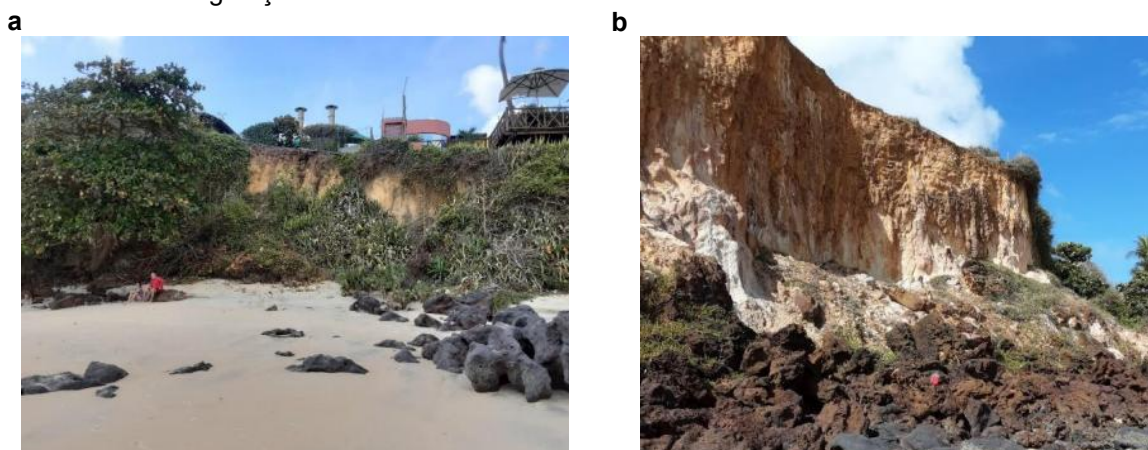
Figura 5 – a, b) Banhista e turista em locais de perigo de desmoronamento de taludes



Fonte: autoria própria (2026)

Na área estudada, a cobertura vegetal apresenta maior densidade nos setores mais afastados e de difícil acesso, tanto na base quanto no topo das falésias, sendo composta predominantemente por vegetação nativa de porte arbustivo. Essa cobertura desempenha papel fundamental na estabilização do solo e na redução dos processos erosivos, a vegetação atuando, dessa forma, na diminuição da erosão superficial e na manutenção da estabilidade das encostas. A distribuição espacial da cobertura vegetal e sua influência na dinâmica geomorfológica podem ser observadas ao longo de toda a extensão da falésia (figuras 6a e 6b).

Figura 6 – a) Vegetação dominante de remanescente de Mata Atlântica. b) Blocos rolados em locais de ausência de vegetação



Fonte: autoria própria (2026)

Conforme a aplicação do ISE, a falésia de Cotovelo atingiu valor de 3,8 na escala de risco (equação 2), cuja variação vai de 1 (um) a 5, indicando um nível de perigo intermediário a elevado. Tal classificação está associada à expressiva influência antrópica na área, à presença de vegetação relativamente densa, porém, restrita a setores de difícil acesso, e às condições desfavoráveis de estabilidade estrutural. Observa-se a ocorrência de fraturamentos frequentes e a presença de cavas erosivas na base da falésia, fatores que contribuem para a redução da sua integridade, somando-se a isso a predominância de materiais litológicos de alta friabilidade, principalmente arenitos, o que favorece a intensificação dos processos erosivos e o aumento da suscetibilidade a movimentos de massa.

Equação 2 – ISE da falésia na praia de Cotovelo

$$\begin{aligned}
 \text{ISE} &= \frac{3 * 1 + 4 * 2 + 4 * 3 + 4 * 3}{1 + 2 + 3 + 3} \\
 \text{ISE} &= \frac{3 + 8 + 12 + 12}{9} \\
 \text{ISE} &= \frac{35}{9} = 3,8
 \end{aligned}$$

Em que:

ISE = Índice de Suscetibilidade Erosiva = 3,8

P1 = Parâmetro Vegetação = 3

P2 = Parâmetro Intervenção Humana = 4

P3 = Parâmetro Friabilidade da Rocha = 4

P4 = Parâmetro Instabilidade Estrutural = 4.

Já a falésia localizada na praia de Tabatinga possui aproximadamente 772 metros de extensão, conforme representado pela linha amarela traçada sobre a estrutura (figura 7). A região de Barra de Tabatinga é bastante procurada por turistas devido às diversas possibilidades de lazer associadas ao ambiente costeiro. Durante a maré baixa, as águas tornam-se mais calmas, favorecendo atividades de banho e mergulho, além da presença de um amplo recife, que forma uma piscina natural, condição que torna o local especialmente adequado para famílias com crianças e pessoas com mobilidade reduzida (Paiva, 2019). Lá, o acesso ao mar é considerado simples e relativamente seguro, o que também contribui para a prática de esportes como o surfe. A ocupação humana é mais concentrada em pontos específicos, com destaque para o Mirante dos Golfinhos, um dos principais atrativos turísticos da área, bastante frequentado para observação desses mamíferos em seu ambiente natural.

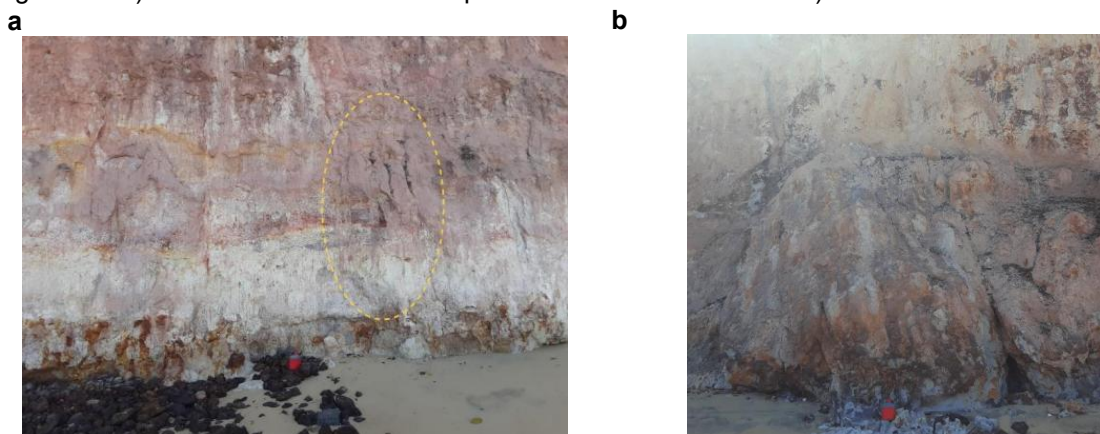
Figura 7 – Localização da falésia na praia de Tabatinga, no município de Nísia Floresta/RN



Fonte: Google Earth Pro (2026)

As fraturas observadas na falésia (figura 8a) apresentam caráter predominantemente superficial e orientação vertical, semelhantes às identificadas na praia de Cotovelo, embora ocorram em menor densidade nesta área. De todo modo, essas discontinuidades enfraquecem o maciço rochoso e favorecem, ao longo do tempo, processos de ruptura. Quando ocorre o desprendimento dos blocos, estes se deslocam em direção à base da encosta por meio de um movimento de tombamento, caracterizado por uma rotação e projeção para fora do talude (figura 8b).

Figura 8 – a) Fraturas verticalizadas na parede do talude da falésia. b) Bloco tombado

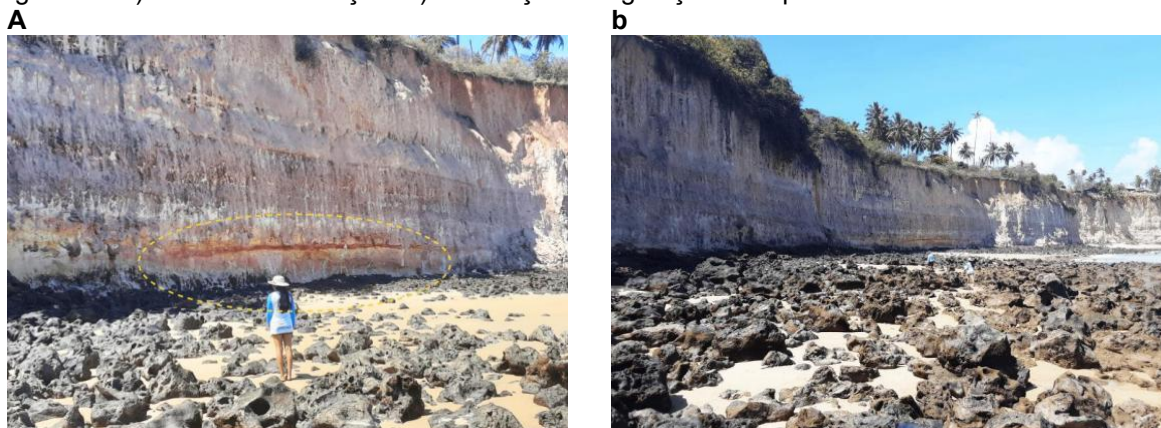


Fonte: autoria própria (2026)

Nessa falésia, foram identificadas pequenas cavas em estágio inicial de desenvolvimento (figura 9a), indicando processos erosivos ainda em evolução. Durante a visita de campo, registrou-se baixa densidade de ocupação humana sobre a estrutura, concentrada principalmente em pontos de interesse turístico, como o Mirante dos Golfinhos e áreas de restaurantes.

Na base da falésia, a presença de pessoas é reduzida, com circulação mínima. Ali, observa-se maior densidade da cobertura vegetal quando comparada à praia de Cotovelo, estando predominantemente localizada no topo e em áreas de difícil acesso. Essa vegetação contribui para a estabilidade local, auxiliando na fixação do material rochoso e na redução da suscetibilidade aos processos erosivos (figura 9b).

Figura 9 – a) Cavas em formação. b) Presença de vegetação no topo da falésia



Fonte: autoria própria (2026)

De acordo com a metodologia adotada para a determinação do grau de risco, a falésia de Tabatinga apresentou valor de 3,5 na escala de suscetibilidade (equação 3), cuja variação vai de 1 (um) a 5, indicando um nível de risco classificado entre médio e alto. Tal condição está associada à presença contínua de atividades humanas na área, à cobertura vegetal distribuída de forma parcial ao longo da encosta e às características geomorfológicas locais, marcadas por elevada verticalidade e fragilidade estrutural. Soma-se a isso a ocorrência de cavas em estágio de desenvolvimento e a predominância de materiais areníticos de alta friabilidade, fatores que contribuem significativamente para a instabilidade do talude e para a intensificação dos processos erosivos.

Equação 3 – ISE da falésia na praia de Tabatinga

$$ISE = \frac{2 * 1 + 3 * 2 + 4 * 3 + 4 * 3}{1 + 2 + 3 + 3}$$

$$ISE = \frac{2 + 6 + 12 + 12}{9}$$

$$ISE = \frac{32}{9} = 3,5$$

Em que:

ISE = Índice de Suscetibilidade Erosiva = 3,5

P1 = Parâmetro Vegetação = 2

P2 = Parâmetro Intervenção Humana = 3

P3 = Parâmetro Friabilidade da Rocha = 4

P4 = Parâmetro Instabilidade Estrutural = 4.

Por fim, a falésia localizada na praia de Cacimbinhas possui aproximadamente 625 metros de extensão, conforme indicado pela linha amarela traçada sobre a estrutura (figura 10). O turismo na área é considerado de baixa intensidade, sendo o principal atrativo a paisagem observada a partir do topo das falésias, caracterizada por águas claras, ampla faixa de areia e ventos intensos, condições que favorecem a prática de esportes dependentes da ação eólica, embora não sejam ideais para nadadores menos experientes. Apesar do potencial turístico, a infraestrutura local é limitada, com baixa presença de barracas e quiosques. O acesso à praia ocorre por meio de uma escada de madeira com 137 degraus, que, mesmo oferecendo condições de uso relativamente seguras, ainda exige atenção dos visitantes devido às características naturais do terreno e à declividade do acesso.

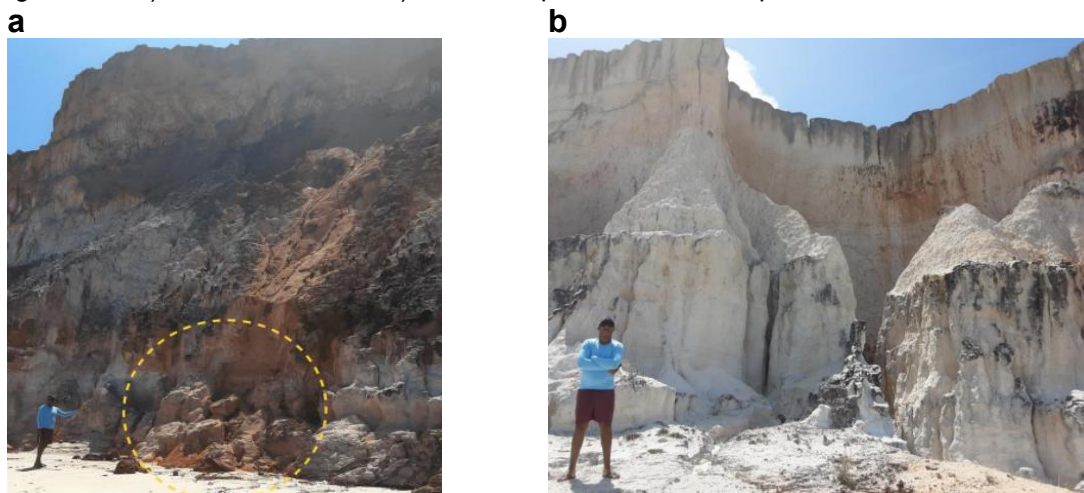
Figura 10 – Localização da falésia na praia de Cacimbinhas no município de Tibau do Sul/RN



Fonte: autoria própria (2026)

Nessa falésia, não foram observadas numerosas fraturas, porém, as descontinuidades existentes contribuem para o aumento da instabilidade do maciço rochoso. Os principais tipos de movimentos de massa identificados na área foram o tombamento (figura 11a), a subsidência e o colapso. Este último caracteriza-se pelo rebaixamento rápido ou progressivo da superfície do terreno, resultante do colapso de cavidades internas, da redução da porosidade do solo ou da deformação de materiais de natureza argilosa (figura 11b).

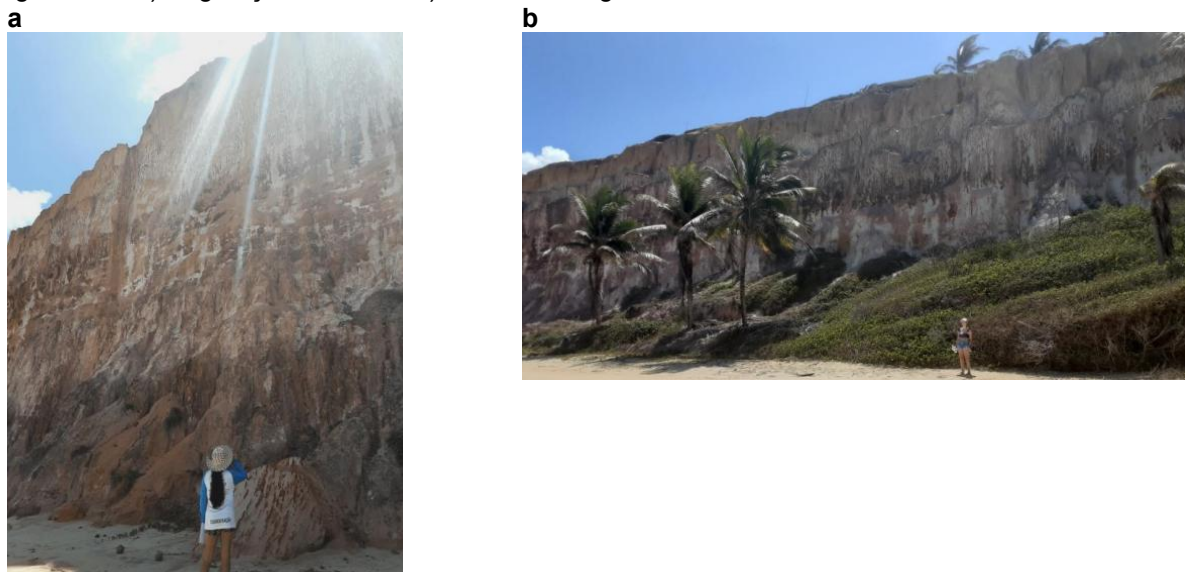
Figura 11 – a) Blocos tombados. b) Estrutura que sofreu um colapso das cavidades



Fonte: autoria própria (2026)

No momento da observação em campo, a maré encontrava-se em processo de enchente, porém, as ondas ainda não atingiam diretamente o talude, o que limitava a atuação dos processos erosivos na base da falésia. Dessa forma, não foram identificadas evidências expressivas de formação de cavas, embora tenha sido constatada a presença de facetas triangulares na base da encosta, indicando atuação erosiva pretérita ou incipiente (figura 12a). Em relação à cobertura vegetal, esta ocorre de forma bastante restrita, estando concentrada principalmente na base da falésia e em áreas próximas ao acesso por escada de madeira. A vegetação observada é composta, em sua maioria, por espécies de pequeno porte, além de alguns coqueiros dispersos, com distribuição esparsa ao longo do setor analisado (figura 12b).

Figura 12 – a) Vegetação escassa. b) Facetas triangulares



Fonte: autoria própria (2026)

Considerando o cálculo do grau de risco previamente apresentado, a falésia de Cacimbinhas obteve valor de 2,7 na escala de suscetibilidade (equação 4), que varia de 1 (um) a 5, indicando um nível de perigo classificado entre baixo e médio. Tal condição está associada, principalmente, à reduzida cobertura vegetal, à configuração estrutural particular da falésia e à baixa intensidade de ocupação e interação humana na área, fatores que, em conjunto, influenciam na dinâmica erosiva e na estabilidade do talude.

Equação 4 – ISE da falésia na praia de Cacimbinhas

$$ISE = \frac{2 * 1 + 1 * 2 + 3 * 3 + 4 * 3}{1 + 2 + 3 + 3}$$

$$ISE = \frac{2 + 2 + 9 + 12}{9}$$

$$ISE = \frac{25}{9} = 2,7$$

Em que:

ISE = Índice de Suscetibilidade Erosiva = 2,7

P1 = Parâmetro Vegetação = 2

P2 = Parâmetro Intervenção Humana = 1  
 P3 = Parâmetro Friabilidade da Rocha = 3  
 P4 = Parâmetro Instabilidade Estrutural = 4.

Assim, de acordo com todos os resultados, tem-se a tabela 1:

Tabela 1 – Resultados dos ISE referente às três praias estudadas

| PARÂMETROS | PRAIA DE COTOVELO | PRAIA DE TABATINGA | PRAIA DE CACIMBINHAS |
|------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| <b>P1</b>  | 3                 | 2                  | 2                    |
| <b>P2</b>  | 4                 | 3                  | 1                    |
| <b>P3</b>  | 4                 | 4                  | 3                    |
| <b>P4</b>  | 4                 | 4                  | 4                    |
| <b>ISE</b> | 3,8               | 3,5                | 2,7                  |

Fonte: autoria própria (2026)

Os resultados do ISE indicaram diferenças significativas entre as áreas avaliadas. A praia de Cotovelo apresentou o maior valor de ISE (3,8), caracterizando-se como a área com maior suscetibilidade erosiva entre os três setores analisados. Esse resultado está associado aos elevados escores obtidos nos parâmetros P2, P3 e P4, os quais refletem condições mais favoráveis à ocorrência de processos erosivos. Já a praia de Tabatinga registrou um ISE de 3,5, situando-se em uma condição intermediária de suscetibilidade erosiva. Embora apresente valores elevados nos parâmetros P3 e P4, o menor valor atribuído ao parâmetro P2 contribuiu para uma redução do índice final em relação à praia de Cotovelo. Por sua vez, a praia de Cacimbinhas apresentou o menor ISE (2,7), indicando menor suscetibilidade erosiva comparativamente às demais áreas estudadas. Esse resultado decorre, principalmente, dos baixos valores observados nos parâmetros P1 e P2, embora o parâmetro P4 tenha recebido pontuação elevada.

De modo geral, a hierarquia de suscetibilidade erosiva observada foi: praia de Cotovelo (ISE = 3,8) > praia de Tabatinga (ISE = 3,5) > praia de Cacimbinhas (ISE = 2,7). Os resultados sugerem que as falésias da praia de Cotovelo demandam maior atenção quanto ao monitoramento e à adoção de medidas de gestão e conservação, enquanto a praia de Cacimbinhas apresenta condições relativamente mais estáveis diante dos fatores considerados na análise. A diferença entre Cotovelo e Tabatinga é pequena (0,3 ponto), indicando comportamento relativamente semelhante, enquanto Cacimbinhas apresenta um cenário consideravelmente menos suscetível à erosão.

### Considerações finais

As falésias desempenham um papel relevante tanto para a atividade turística quanto para a manutenção de ecossistemas costeiros específicos, abrigando espécies adaptadas a essas condições e contribuindo para o equilíbrio ambiental da zona litorânea. Em função de sua extensão e altitude, essas feições também atuam como barreiras naturais, oferecendo certa proteção a áreas adjacentes mais suscetíveis à ação dos processos erosivos marinhos, entretanto, diversos estudos e alertas de ambientalistas brasileiros apontam para o avanço da degradação dessas estruturas ao longo do tempo, o que reforça a necessidade de medidas efetivas de conservação e gestão. Esse cenário é agravado pela pressão exercida pela ocupação humana, incluindo a especulação imobiliária e a instalação de empreendimentos comerciais, como barracas e serviços turísticos, impulsionadas principalmente pelo forte apelo paisagístico dessas formações.

A relevância deste estudo está associada aos riscos inerentes à ocupação e visitação de áreas de falésias, uma vez que eventos como deslizamentos, desmoronamentos e quedas representam perigos reais nessas zonas costeiras, ainda que registros de fatalidades sejam menos frequentes. Com base nos dados obtidos, verificou-se que as falésias da praia de Cotovelo apresentaram o maior ISE, com valor de 3,8, resultado relacionado à forte influência de atividades humanas na região, evidenciada pela presença de estabelecimentos como restaurantes e barracas, além da ocorrência de fraturas e cavas na estrutura do talude e da cobertura vegetal limitada em determinados trechos. Soma-se a isso a ação do mar, especialmente durante períodos de maré alta, quando ocorre maior aproximação das ondas à base da falésia, intensificando os processos erosivos e contribuindo para o aumento da instabilidade local.

Já a praia de Tabatinga apresentou grau de risco de 3,5, o que se justifica pela presença de ocupação antrópica nas proximidades, ainda que em menor intensidade quando comparada a outras áreas estudadas. Além disso, o local apresenta cobertura vegetal mais expressiva e cavas erosivas menos desenvolvidas, fatores que contribuem para uma redução relativa da suscetibilidade. Por sua vez, a praia de Cacimbinhas registrou o menor índice de risco da pesquisa, com valor de 2,7, resultado associado à baixa interferência humana e ao reduzido nível de urbanização e atividade turística na área, bem como à maior presença de vegetação ao longo da falésia. Também não foram observadas cavas erosivas bem definidas, uma vez que a ação direta do mar sobre a base da falésia é limitada, o que contribui para uma menor intensidade dos processos erosivos locais.

Sugere-se um estudo aprofundado na área para maior aquisição de dados e desenvolver um artigo em maior detalhe de cada falésia estudada, utilizando de metodologias que permitam a visualização das estruturas interiores, bem como análise mineralógica.

## Referências

ALMEIDA JUNIOR, Eduardo Bezerra; ZICKEL, Carmen Silvia; MENDONÇA, Pimental Rejane Magalhães. Caracterização e espectro biológico da vegetação do litoral arenoso do Rio Grande do Norte. **Revista de Geografia**, v. 23, n. 3, p. 66-85, 2006.

AMARO, Venerando Eustáquio *et al.* Avaliação da suscetibilidade do solo à erosão nas falésias do litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 1, 2021.

BARBOSA, Nathalia Marinho. **Estabilidade das falésias da Barreira do Inferno - RN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/23446>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BARRETO, Alcina Magnólia Franca *et al.* Geologia e geomorfologia do quaternário costeiro do estado do Rio Grande do Norte. **Geologia USP: Série Científica**, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2004.

BORGES, Ricardo. As incríveis falésias do Nordeste brasileiro. **Geobservatório**, 2021. Disponível em: <https://geobservatorio.com/blog/falesias-do-nordeste-brasileiro>. Acesso em: 3 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Movimento de massa**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/redemcti/cemaden/paginas/ameacasnaturais/movimento-de-massa>. Acesso em: 20 set. 2021.

BUNDE, Mateus. Falésia. **Todo Estudo**, 2020. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/falesia>. Acesso em: 19 jun. 2021.

CARDOSO, Gean Alef. Falésias. **Portal São Francisco**, 2021. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/falesias>. Acesso em: 19 jun. 2021.

FERNANDEZ, Carlos Lopez *et al.* Instability mechanisms and evolution of a rocky cliff on the Atlantic coast of Spain. **Journal of Coastal Conservation**, v. 26, n. 60, 2022.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Versão 7.3. 2026. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

LIMA, Carlos César Uchoa; MAIA, Rubson Pinheiro. Conditioning factors and processes that promote the retreat of sea cliffs on the South coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, 2023.

MAIA, Rubson Pinheiro; AMORIM, Rodrigo de Freitas. Aspectos morfoestruturais e fatores erosivos em falésias. O caso de Pipa-RN. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, 2022.

MATOS, Maria de Fátima Alves *et al.* Análise comparativa da agitação obtida com o modelo numérico (SWAN) na modelagem de ondas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil e dados de campo. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 3, 2013.

OLIVEIRA, Luana Ramos; VITAL, Saulo Roberto de Oliveira; MOURA, Christianne Maria da Silva. Erosão costeira: um estudo bibliométrico acerca do processo erosivo em falésias. **Entre-Lugar: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD**, v. 15, n. 29, 2024.

PAIVA, Ricardo Alexandre. **A expansão da urbanização litorânea e turística na Região Metropolitana de Natal (RMN)**. Natal: UFRN, 2019. Disponível em: <https://www.anptur.org.br/anais/anais/files/7/9.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2021.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; TORRES, Fernanda Soares de Miranda. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Natal: UFRN, 2010.

RIZZINI, Carlos T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**, v. 2. Aspectos ecológicos. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

ROMANO, Rogério Tadeu. Falésias. **Jus**, São Paulo, USP, 2020. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/86827/falesias>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SANTIAGO, Emerson. Falésia. **InfoEscola**, 2021. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geologia/falesia/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SANTOS, Daniel Carlos Alves *et al.* Geotecnologias e o estudo da degradação do patrimônio natural costeiro: o caso do Morro do Careca, Natal-Rio Grande do Norte (2023). **Revista Contexto Geográfico**, v. 9, n. 18, 2024.

SCUDELARI, Ada Cristina *et al.* Avaliação de curto prazo da retração das falésias de Tibau do Sul-RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 2, 2021.

SILVA, Mayra Barros; BULHÕES, Eduardo. Aspectos relacionados às taxas de mobilidade da linha de costa no litoral brasileiro. **Revista Geo UERJ**, v. 7, n. 42, 2023.

TÁBUA DE MARÉS. Rio Grande do Norte. **Tábua de marés e solunares**. Cacimbinha, Cotovelo e Tabatinga. 2021. Disponível em: <https://tabuademares.com/br/rio-grande-do-norte>. Acesso em: 7 ago. 2021.

TULIK, Olga. **Turismo e meios de hospedagem no Rio Grande do Norte**: casas de temporada. São Paulo: Roca, 2001. 113 p. Acesso em: 30 dez. 2021.

VASCONCELOS, Fábio Perdigão. **Gestão integrada da zona costeira**: ocupação antrópica desordenada, erosão, assoreamento e poluição ambiental do litoral. Fortaleza: Premius, 2005.

#### Informações complementares

| Descrição                                         |                               | Declaração                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Financiamento                                     |                               | Não se aplica.                                                                                                                                                                                                                            |
| Aprovação ética                                   |                               | Não se aplica.                                                                                                                                                                                                                            |
| Conflito de interesses                            |                               | Não há.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes |                               | O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa já estão disponíveis.                                                                                                                                 |
| Uso de Inteligência Artificial                    |                               | Foi utilizada IA apenas para fins de correção da ortografia utilizada, sem perder a originalidade dos autores-pesquisadores, seguindo a ideia original. Em nenhum momento houve a construção total desse artigo sem nenhuma ideia prévia. |
| CrediT                                            | Ângela Vitória Souza da Rocha | Funções: conceitualização, análise formal, metodologia e escrita – rascunho original.                                                                                                                                                     |
|                                                   | Letícia Gabriela Elias Soares | Funções: conceitualização, análise formal e de campo, metodologia, escrita, edição.                                                                                                                                                       |
|                                                   | Jairo Rodrigues de Souza      | Funções: supervisão e recursos.                                                                                                                                                                                                           |

Avaliadores: Os avaliadores optaram pela avaliação fechada e pelo anonimato.

Revisora do texto em português: Jéssica Rejane Lima.

Revisora do texto em inglês: Adriana de Oliveira Gomes Araújo.

Revisora do texto em espanhol: Jéssica Rejane Lima.

#### Como citar (ABNT):

ROCHA, Ângela Vitória Souza da; SOARES, Letícia Gabriela Elias; SOUZA, Jairo Rodrigues de. Avaliação da suscetibilidade à instabilidade gravitacional de falésias no litoral sul do Rio Grande do Norte na perspectiva do Índice de Suscetibilidade Erosiva (ISE). **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 10, p. e2175, 2026. DOI: 10.47236/2594-7036.2026.v10.2175. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/2175>.