



Análise das condições de erodibilidade na falésia da praia da Ponta Verde, município de São José de Ribamar - MA (Brasil)

Hugo Leonardo Reis de Lima¹  

José Fernando Rodrigues Bezerra²  

Andreza dos Santos Louzeiro³  

Destaques

- Falésias são feições geomorfológicas caracterizadas pela forte inclinação.
- Falésias urbanas tendem a ter uma crescente ocupação humana.
- Análise de processos erosivos é decisiva para avaliar áreas de risco.
- Presença de solo compactado, textura arenosa, influenciando na infiltração e friabilidade.
- Os fatores de erodibilidade e avanço do nível do mar implicam no recuo de falésias.

Resumo: Falésias são feições geomorfológicas caracterizadas pela forte inclinação e constituem aproximadamente 80% das linhas de costa ao redor do mundo, o que mostra a significância para o seu estudo. No município de São José de Ribamar, Maranhão, encontra-se um conjunto singular de falésias, de origem sedimentar Tércio-quaternária, sujeitos à erosão marinha. Como a área de estudo apresenta uma taxa crescente de ocupação humana, a pesquisa objetivou analisar as principais propriedades físicas do solo que influenciam a erodibilidade das falésias da praia da Ponta Verde e suas consequências para o ecossistema local. Os procedimentos adotados constaram de atividade de campo, com coleta de amostras para a determinação das principais características físicas dos solos na falésia, como densidade do solo, análise morfológica (Cor, Estrutura, Consistência, Textura), mensuração das taxas de infiltração, registro fotográfico com drone e análise laboratorial dos parâmetros de erodibilidade. Os resultados indicaram que o solo do topo da falésia encontra-se compactado, com textura predominantemente arenosa, que influenciaram as taxas de infiltração e alta friabilidade, o que favoreceu a ocorrência de movimentos de massa, como deslizamentos e feições erosivas, como as ravinas no talude da falésia. A soma desses fatores de erodibilidade e avanço do nível do mar implicam no recuo das falésias nesta porção do município de São José de Ribamar, resultando em problemas ambientais e limitações à sua expansão urbana.

Palavras-chave: Parâmetros de Erodibilidade; Falésia; Ocupação Humana.

¹ Mestre em Dinâmica da Natureza e Conservação pela Universidade Estadual do Maranhão (UEM).

² Professor Associado I do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/Universidade de Wolverhampton - Inglaterra.

³ Pós-Doutorado em Andamento pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (PPGeo-UEMA).



ANALYSIS OF ERODIBILITY CONDITIONS ON THE CLIFF IN PONTA VERDE BEACH AT SÃO JOSÉ DE RIBAMAR MUNICIPALITY IN MARANHÃO STATE (BRAZIL)

Abstract: Cliffs are geomorphological features characterized by steep slopes and constitute approximately 80% of coastlines worldwide, demonstrating their significance for study. In the municipality of São José de Ribamar located in Maranhão state, there is a unique set of cliffs of Tertiary-Quaternary sedimentary origin, subject to marine erosion. Because the study area is experiencing increasing human occupation, the research aimed to analyze the main physical soil properties which influence the erodibility of the Ponta Verde beach cliffs and their consequences for the local ecosystem. The procedures adopted consisted of field work, with sample collection to determine the principal physical characteristics of the soils on the cliff, such as soil density, morphological analysis (color, structure, consistency, texture), measurement of infiltration rates, photographic recording with a drone, and laboratory analysis of erodibility parameters. The results indicated that the soil at the top of the cliff is compacted, with a predominantly sandy texture, which influenced infiltration rates and high friability, favoring the occurrence of mass movements, such as landslides, and erosional features, such as ravines on the cliff slope. The combination of these erodibility factors and rising sea levels leads to the retreat of the cliffs in this part of São José de Ribamar municipality, resulting in environmental problems and limitations to its urban expansion.

Keywords: Erodibility parameters; Cliff; Human Occupation.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE EROSIONABILIDAD EN EL ACANTILADO DE LA PLAYA DE PONTA VERDE, MUNICIPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA (BRASIL)

Resumen: Los acantilados son accidentes geomorfológicos caracterizados por fuertes pendientes y constituyen aproximadamente el 80% de las líneas costeras a nivel mundial, lo que demuestra su importancia para el estudio. En el municipio de São José de Ribamar, en el estado de Maranhão, existe un conjunto único de acantilados de origen sedimentario Terciario-Cuaternario, sujetos a la erosión marina. Debido a que el área de estudio está experimentando una creciente ocupación humana, la investigación tuvo como objetivo analizar las principales propiedades físicas del suelo que influyen en la erosionabilidad de los acantilados de la playa de Ponta Verde y sus consecuencias para el ecosistema local. Los procedimientos adoptados consistieron en trabajo de campo, con recolección de muestras para determinar las principales características físicas de los suelos en el acantilado, como la densidad del suelo, análisis morfológico (color, estructura, consistencia, textura), medición de las tasas de infiltración, registro fotográfico con un dron y análisis de laboratorio de los parámetros de la erosionabilidad. Los resultados indicaron que el suelo en la cima del acantilado está compactado, con una textura predominantemente arenosa, lo que influyó en las tasas de infiltración y una alta friabilidad, favoreciendo la ocurrencia de movimientos en masa, como deslizamientos, y características erosivas, como barrancos en la ladera del acantilado. La combinación de estos factores de erosionabilidad y el aumento del nivel del mar provocan la retirada de los acantilados en esta parte del municipio de São José de Ribamar, lo que genera problemas ambientales y limita su expansión urbana.

Palabras clave: Parámetros de Erosionabilidad; Acantilado; Ocupación Humana.

INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros são frágeis e dinâmicos e as constantes mudanças que eles sofrem, originam inúmeras feições geomorfológicas, a partir de processos deposicionais e erosivos totalmente relacionados pelas influências dos mares, ação das ondas, das correntes marinhas, do clima ou pela ação antrópica, conforme Silva e Silva (2012).

Segundo Busman *et al.* (2017), impactos ocasionados pelas mudanças climáticas são uma grande ameaça para as zonas costeiras ao redor do planeta, pelo fato de oferecerem riscos às populações residentes por eventos como inundação e erosão em função do aumento relativo do nível do mar e do acréscimo de outros elementos, como ventos, ondas, marés e correntes.

De acordo com Menezes (2016), questões antrópicas vêm ganhando relevância nos cenários costeiros, onde o valor paisagístico intensificou a urbanização nas cidades costeiras de países em desenvolvimento, descaracterizando o ambiente praial, submetido a processos erosivos costeiros.

Os habitantes das regiões costeiras estão propensos a riscos sociais que podem comprometer condições de habitabilidade, como o acesso a serviços de água tratada, esgotamento sanitário e coleta de lixo, e atingir as condições de emprego, renda e capacitação técnica da população local, estes últimos responsáveis pelo desenvolvimento humano sustentável (Busman *et al.*, 2017).

As alterações nas áreas costeiras aceleram a erosão tornando-as vulneráveis, impactando com alterações no balanço sedimentar e retrogradação da linha de costa. Ao tentar minimizar estas problemáticas, constroem-se estruturas rígidas com a intenção de proteger as infraestruturas urbanas dos danos causados pelos processos erosivos (Menezes, 2016).

Os processos erosivos no Brasil, principalmente nas rochas sedimentares, alcançam grandes proporções. Para Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998) as áreas de voçorocamento no país estão associadas às formações sedimentares, cuja cobertura pedológica corresponde a materiais arenosos. Com relação ao litoral, Muehe (2006) afirma que à medida que aumenta a ocupação do litoral

brasileiro, principalmente nas proximidades das grandes cidades, aumentam também as problemáticas relacionadas à erosão.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990) os processos erosivos são oriundos de elementos relacionados ao clima, geomorfologia, pedologia e vegetação, sendo eles: pluviosidade, declividade, comprimento do declive, capacidade de absorção da água pelo solo, resistência do solo à erosão e densidade da cobertura vegetal.

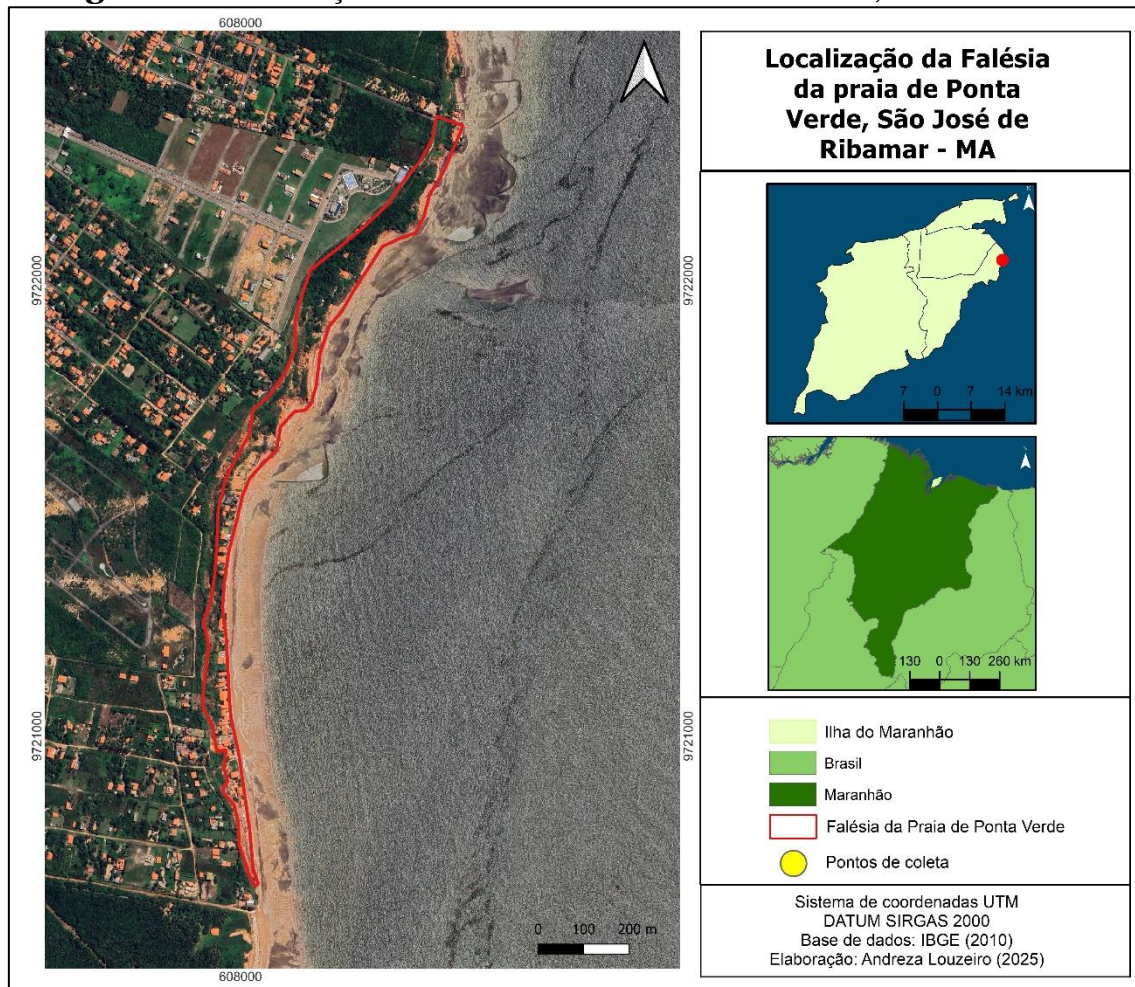
É importante trazer também o entendimento sobre erodibilidade que, segundo Wischmeier & Smith (1978 *apud* Eduardo *et al.*, 2013), “representa a suscetibilidade do solo ao processo erosivo e pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas”.

Já os Movimentos de Massa, segundo Louzeiro (2022) refere-se a todo corpo sólido ou viscoso que, influenciado por um agente externo ao meio (chuvas, ventos, terremotos, vulcanismo, etc.), passa por um processo de movimentação encosta abaixo. Isso inclui ambientes continentais, marinhos, fluviais ou flúvio marinhos, os quais podem estar acometidos a qualquer tipo de processo erosivo.

Com relação à área de estudo, Reis (2005) destaca que o estado do Maranhão apresenta o segundo maior litoral do país, com 640km, o que também pode aumentar o percentual de aproveitamento geoturístico do Estado. As falésias no Maranhão estão distribuídas em duas porções da zona costeira, no Litoral Ocidental e no Golfão Maranhense, na qual encontra-se a Ilha do Maranhão, onde estão os municípios de São Luís (capital), Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar.

A área de estudo é a falésia da praia de Ponta Verde (Figura 1), a qual possui 1.987 metros de extensão e está localizada no município de São José de Ribamar, que faz parte da Ilha do Maranhão, que além deste município fazem parte São Luís, Paço do Lumiar e Raposa.

Figura 1 - Localização da Falésia da Praia de Ponta Verde, Ribamar - MA



Fonte: Os autores (2025).

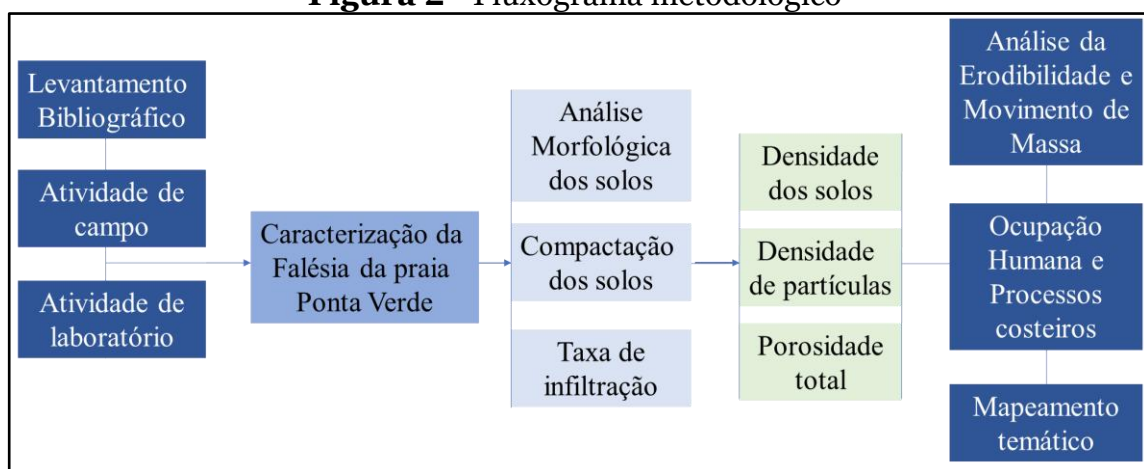
Para o estudo de processos erosivos diversos a compreensão da forma como os solos são utilizados e ocupados é vital pois a má utilização desse recurso é a principal causa de degradação do ambiente (Souza; Reis, 2011).

Seguindo essa linha, o objetivo principal desta pesquisa é analisar as características físicas do solo que influenciam na erodibilidade na falésia da praia da Ponta Verde, no município de São José de Ribamar. Para tanto, as análises das propriedades físicas e morfológicas das amostras coletadas foram realizadas em laboratório para aferição dos resultados mais detalhados.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As etapas metodológicas consistiram em levantamento bibliográfico e cartográfico da área e tema; atividade de campo, atividades laboratoriais e mapeamento temático. Houve também a caracterização da falésia da praia da Ponta Verde e análise a partir da ocupação humana na área. As principais etapas do processo de caracterização da falésia foram destacadas e descritas para melhor compreensão (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma metodológico



Fonte: Os autores (2025).

Quanto às atividades de campo foram realizadas no período de agosto e novembro de 2019 e dezembro de 2020 (Quadro 1), período seco, totalizando três jornadas, cuja finalidade foi o levantamento preliminar das características gerais da área, registro fotográfico dos diferentes ambientes costeiros, obtenção de fotografia aérea da localidade com utilização do drone PHANTON IV e coleta de 32 de amostras deformadas no talude da falésia, para análise morfológica e granulométrica.

As amostras foram coletadas no intervalo de 1 metro (Figura 3), no perfil da falésia, iniciando do topo da mesma e com a utilização dos seguintes equipamentos: martelo pedológico, sacos de amostra, trena. As amostras deformadas foram colocadas em sacos plásticos e numeradas de acordo com o ponto previsto, sendo em seguida acondicionadas em caixas e enviadas para o laboratório de Geociências do Departamento de História e Geografia.

Figura 3 - Coleta de amostras no perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar



Fonte: Lima (2021).

Quadro 1 - Data, objetivo e atividades realizadas em campo

| ATIVIDADES DE CAMPO | | |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| Data | Objetivo | Atividades realizadas |
| 23 de agosto de 2019 | Delimitar a área e observar dinâmica | Contato preliminar com a população nas áreas adjacentes às falésias e registro fotográfico |
| 08 de setembro de 2019 | Coletar amostras de solo | Foram coletadas 18 amostras de solos deformadas para determinação de propriedades físicas da falésia (análise morfológica e erodibilidade) |
| 30 de dezembro de 2020 | Monitorar unidades da paisagem | Monitoramento das diferentes unidades da paisagem e recuo da falésia utilizando do drone PHANTON IV por meio de análise comparativa das fotografias do mesmo ponto em diferentes períodos. |

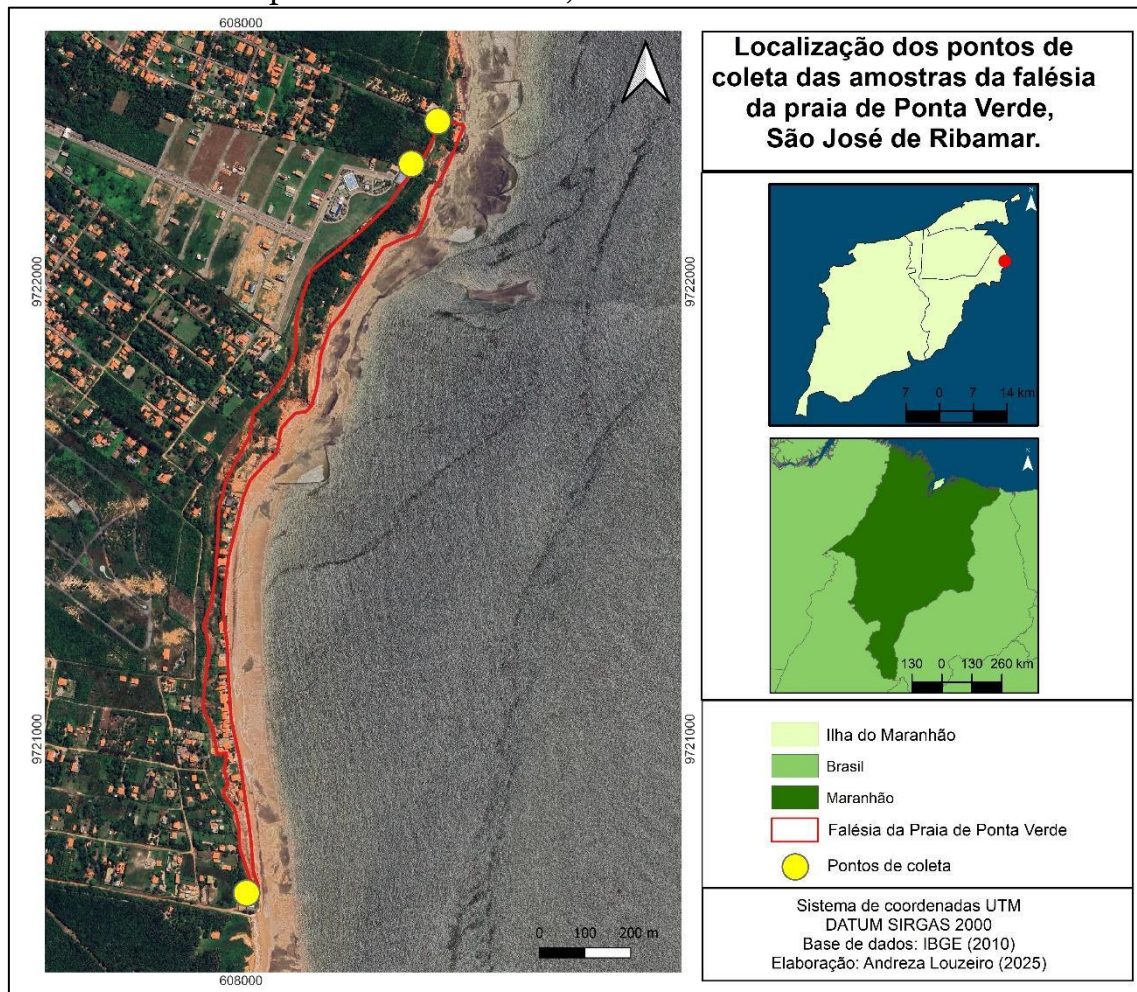
Fonte: Os autores (2025).

A área escolhida para a coleta de amostras está localizada na porção central da falésia (Figura 4), por apresentar no topo uma área com pouca ou nenhuma interferência humana e na sua base encontramos um ambiente completamente antropizado.

As amostras de infiltração foram coletadas no intervalo de 1 metro, no perfil da falésia, iniciando do topo da mesma e com a utilização dos seguintes equipamentos: martelo pedológico, sacos de amostra, trena. As amostras deformadas foram colocadas em sacos plásticos e numeradas de acordo com o ponto previsto, sendo em seguida acondicionadas em caixas e enviadas para o laboratório de Geociências do Departamento de Geografia da UEMA.

As análises das propriedades físicas dos solos coletados no perfil da falésia selecionada envolveram a determinação das seguintes propriedades: granulometria, densidades real e aparente, porosidade e teor de matéria orgânica, tendo por objetivo a caracterização dos sedimentos, que auxilia no diagnóstico das áreas degradadas existentes na bacia, perceptíveis nos topos e nas bordas dos tabuleiros, e se repercute de forma direta e indireta nas calhas fluviais e fluviomarinhas.

Figura 4 - Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar



Fonte: Os autores (2025).

Os pontos de coleta foram escolhidos considerando as suas características variáveis, principalmente no que tange a cobertura vegetal, área de gramínea e solo exposto para a realização de uma análise nos diferentes tipos de área. Silveira (1998) afirma que o solo sem cobertura vegetal é desprovido da ação fixadora das raízes, é também exposto ao impacto direto do efeito *splash*, sofre desagregação, efeito que é complementado pela energia do escoamento superficial das águas, causando elevadas perdas de solo. Em contrapartida, o solo que apresenta potencial radicular tem maior força e capacidade para reter os sedimentos, causando menor capacidade erosiva.

Figura 5 - Localização da área de coleta de amostras, conhecida como “Escada de pneu”

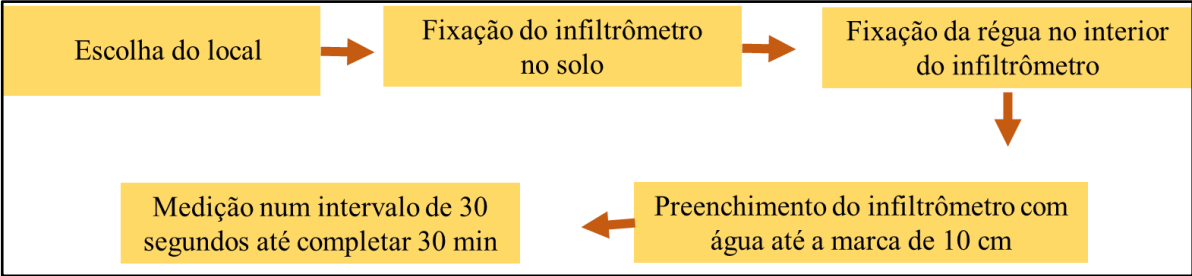


Fonte: Lima (2021).

Foram realizados testes de infiltração nas áreas de estudo; no ponto da escada de pneus o teste está identificado no ponto em amarelo, sendo caracterizado como um solo parcialmente vegetado. Foram coletadas amostras do solo em diversos setores da falésia a fim de observar a suscetibilidade das áreas aos processos erosivos, visto que se verifica na imagem que numa área adjacente a que foram coletadas as amostras dos pontos de movimentos de massas, o que pode ocasionar perdas humanas ou danos às propriedades localizadas na base da falésia.

Para a realização do teste, a técnica utilizada foi proposta por Guerra (2011), no caso dessa pesquisa o material utilizado foi ferro, garrafa pet, régua, infiltrômetro de Hills, cronômetro e bloco para anotação dos valores. Cabe salientar que as coletas de amostras de solo deformadas foram executadas durante o período seco do ciclo climático da Ilha do Maranhão, realizada de acordo com a EMBRAPA (2011). A garrafa pet com água foi utilizada para preenchimento do infiltrômetro, a régua foi utilizada para medição da altura da água no infiltrômetro, o cronômetro para marcação do tempo do teste e o bloco de anotações para efeito de preenchimento com os valores obtidos na técnica de infiltração. Os testes seguiram etapas específicas de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Fluxograma metodológico das análises com infiltrômetro



Fonte: Os autores (2025).

Outra etapa importante foram as análises laboratoriais (Quadro 2), as quais foram divididas em três etapas distintas, sendo elas: (I) Descrição Morfológica, com a identificação e análise da estrutura, consistência e textura do solo; (II) Determinação da cor do solo, na qual foi feita a comparação da cor da amostra e seca e úmida e foi feito o registro da cor aproximada de cada amostra; e, por fim, a (III) Análise das propriedades físicas do solo, sendo elas granulometria, densidade real, densidade aparente, porosidade e teor de matéria orgânica.

Quadro 2 - Etapas laboratoriais
ETAPAS LABORATORIAIS

| | | |
|---|--|--|
| ETAPA 1 Descrição Morfológica | | <ul style="list-style-type: none">○ Estrutura○ Consistência○ Textura |
| ETAPA 2 Determinação da cor do solo | | <ul style="list-style-type: none">○ Comparação da cor da amostra (seca e úmida)○ Registro da cor aproximada |

| | | |
|---|---|---|
| <p>ETAPA 3 Análise das propriedades físicas</p> |  | <ul style="list-style-type: none">○ Densidade Real○ Densidade Aparente○ Porosidade○ Teor de matéria orgânica |
|---|---|---|

Fonte: Os autores (2025).

As amostras foram coletadas e analisadas. A cor do solo foi uma das primeiras características analisadas, retirando-se da amostra uma porção para que, com o auxílio da carta de cores de Munsell, fosse obtida a coloração do solo quanto aos aspectos relacionados a Matiz (o nome da cor), Valor (tonalidade da cor) e Croma (intensidade da cor). Foram utilizadas as amostras secas e úmidas a fim de identificar a coloração de cada ponto coletado, usando como base a Carta de Munsell, onde registrou-se a predominância da coloração marrom amarelado (10YR 5/6) nas amostras secas e a coloração marrom escuro (7.5YR 3/3) nas amostras úmidas. Estes aspectos refletem sobre os teores de matéria orgânica, óxidos de ferro e as classes de drenagem interna, sendo esses aspectos fatores importantes para a análise dos processos erosivos.

A descrição morfológica das amostras deformadas no campo seguiu o proposto por Lemos & Santos (1996) e com o preenchimento da ficha de campo para descrição morfológica dos solos do IBGE (2007), onde foram descritas características como estrutura (forma e tamanho), consistência (seca, úmida ou molhada, plasticidade e pegajosidade) e textura, onde envolve a determinação das seguintes propriedades: densidades real e aparente, porosidade e teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 2011), tendo por objetivo a caracterização dos sedimentos das áreas degradadas, que auxilia no diagnóstico das áreas degradadas existentes nos topos e nas bordas dos tabuleiros, e se repercute de forma direta e indireta nas calhas fluviais e fluviomarinhas.

A análise da compactação do solo realizada na área de estudo foi obtida através da interpretação da densidade do solo, da densidade de partículas e da porosidade total. Quando se trata da densidade de partículas, trata-se da fração sólida de uma amostra de solo que não é afetada pelo espaço poroso e que não

está relacionada com o tamanho e nem o arranjo das partículas, tendo como média o valor de 2,65g/cm³, segundo Brady *et al.* (2013). Para Guerra *et al.* (1999) a relação porosidade/densidade do solo ocorre de maneira inversamente proporcional, visto que quando a densidade do solo aumenta observa-se a diminuição da porosidade, promovendo o escoamento superficial. Sabendo disto, foram escolhidos três pontos de coleta com três amostras coletadas, em cada ponto.

ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS SOLOS DA FALÉSIA DA PRAIA DE PONTA VERDE

Observando-se os resultados a partir da coloração das amostras coletadas ao longo do perfil da falésia, podemos destacar que a maior parte das amostras coletadas apresentam a coloração mais escura, encontradas na parte superior da falésia, evidenciando maior quantidade de matéria orgânica e uma maior facilidade na infiltração das águas pluviais.

Quanto à descrição morfológica dos sedimentos coletados, com as amostras secas e úmidas a fim de se identificar a coloração de cada ponto coletado, usando como base a Carta de Munsell, onde registrou-se a predominância da coloração marrom amarelado (10YR 5/6) nas amostras secas e a coloração marrom escuro (7.5YR 3/3) nas amostras úmidas. Dito isso, inferimos que os processos erosivos na falésia ocorrem, principalmente, nas áreas onde a cobertura vegetal é removida, deixando o solo exposto e suscetível ao escoamento superficial.

De semelhante modo foi realizada a análise de descrição morfológica do solo por meio de ficha técnica na qual foram descritas características de estrutura, subdividida em forma, tamanho, consistência, plasticidade, pegajosidade e textura. Na ficha técnica utilizada em campo foram descritas as características:

- Forma (arredondados, angulosos e laminares) e tamanho (muito pequena, pequena, média, grande e muito grande);

- Consistência, subdividida em seca (solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura e extremamente dura) e úmida (solta, muito friável, friável, firme e extremamente firme);
- Plasticidade (não plástica, ligeiramente plástica, plástica e muito plástica);
- Pegajosidade (não pegajosa, ligeiramente pegajosa, pegajosa e muito pegajosa);
- Textura (arenosa, siltosa e argilosa).

Quadro 3 - Descrição morfológica do solo da escarpa da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar

| | ESTRUTURA | | CONSISTÊNCIA | | | | TEXTURA |
|-------------|------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|---------|
| | FORMA | TAMANHO | SECA | ÚMIDA | PLASTICIDADE | PEGAJOSIDADE | |
| TOPO | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 1 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 2 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 3 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 4 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 5 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 6 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 7 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 8 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 9 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 10 M | SUBANGULAR | MUITO PEQUENA | SOLTA | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |

| | | | | | | | |
|------|------------|---------------|-------|-------|--------------|-----------------------|---------|
| 11 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 12 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 13 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 14 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 15 M | SUBANGULAR | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 16 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | POUCO PEGAJOSA | ARENOSA |
| 17 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA | SOLTA | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |

Fonte: Lima (2021).

A partir da análise morfológica e das características estruturais dos solos percebe-se que a falésia apresenta um grande grau de suscetibilidade à erosão, pois, considerando principalmente a sua consistência na condição úmida e seca apresentar característica solta e muito friável e ainda apresentar textura 100% arenosa. O solo da área não apresenta uma grande resistência aos processos erosivos, por não desenvolver coesão e nem peso que faça resistência às ações hídricas.

COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

Um dos importantes atributos físicos do solo é a densidade do solo, que fornece indicações sobre como está a sua conservação no tocante às propriedades como infiltração e retenção da água, crescimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade aos processos erosivos, além de ser amplamente estudado para avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (Guariz *et al.*, 2009). Os dados da densidade do solo, da densidade de partículas e da porosidade total estão compartilhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Densidades do solo e de partículas e porosidade total das amostras coletadas na falésia da praia da Ponta Verde, São José de Ribamar

| Amostras/ Média | Densidade do solo (g/cm ³) | Densidade de partículas (g/cm ³) | Porosidade total (%) |
|--------------------|---|---|-------------------------|
| Ponto 1 | 2,11 | 2,64 | 19,79 |
| Ponto 2 | 1,91 | 2,55 | 25,03 |
| Ponto 3 | 1,93 | 2,60 | 25,87 |

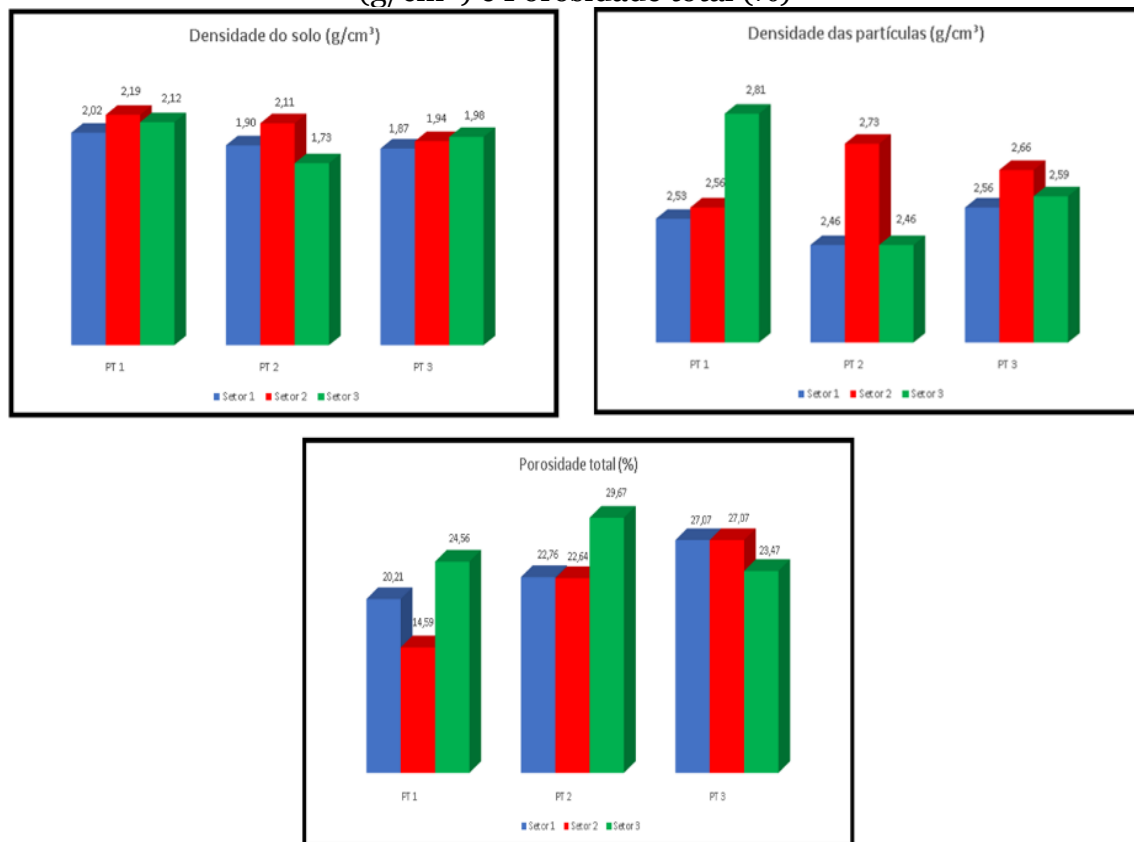
Fonte: Os autores (2025).

De acordo com a análise a área apresenta solos com baixa compactação, ou seja, valores menores que 1,3g/cm³; enquanto que solos com alta compactação apresentam valores acima de 1,6g/cm³. Com relação à densidade de partículas observou-se, segundo os dados alcançados, que todas as amostras apresentam densidade do solo com valores acima de 1,6g/cm³, sendo a menor densidade do solo correspondente a 1,73g/cm³ e a maior 2,19g/cm³.

Partindo da análise dos dados obtidos, em conformidade com a literatura utilizada, pode-se afirmar que a maior densidade do solo acarreta em uma maior compactação na estrutura degradada, numa menor porosidade total e, dessa maneira o crescimento radicular das plantas encontraram uma maior dificuldade para se desenvolver.

A densidade de partículas está relacionada ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Os resultados demonstram que a média das densidades de partículas no Ponto 1 é de 2,64 g/cm³, no Ponto 2 é de 2,55 g/cm³ e no Ponto 3 é de 2,60 g/cm³, sendo a menor densidade de partículas correspondente a 2,46g/cm³ e a maior 2,81g/cm³. O valor médio da densidade de partículas nos três pontos analisados está em torno de 2,60 g/cm³, em equivalência com os estudos de Kiehl (1979), indicando os constituintes minerais predominantes dos solos, como o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades reais estão em torno de 2,65 g/cm³ (Figura 8).

Figura 8 - Gráficos da Densidade do solo (g/cm^3), Densidade das partículas (g/cm^3) e Porosidade total (%)



Fonte: Os autores (2025).

Em relação à porosidade, nos três pontos analisados o menor valor é de 14,59% encontrada na Subseção 1.2 do Ponto 1 e o maior valor foi encontrado na Subseção 2.3 do Ponto 2 de 29,67 % (Figura 10). Quanto menor a porosidade, menor será a capacidade de água infiltrar no solo, e conseqüentemente, maior será o escoamento superficial. Neste sentido, Lima (2008) e Guerra e Marçal (2014) afirmam que valores percentuais de porosidade total acima de 45% são de baixa suscetibilidade à erosão, entre 35% e 45% são de média suscetibilidade, e menores que 35% representam alta suscetibilidade.

Como resultado pode-se concluir que os três pontos de coleta apresentam elevada suscetibilidade à erosão, visto que a maior porcentagem está em 29,67% de porosidade total, bem abaixo do valor mínimo citados pelos autores mencionados no parágrafo anterior.

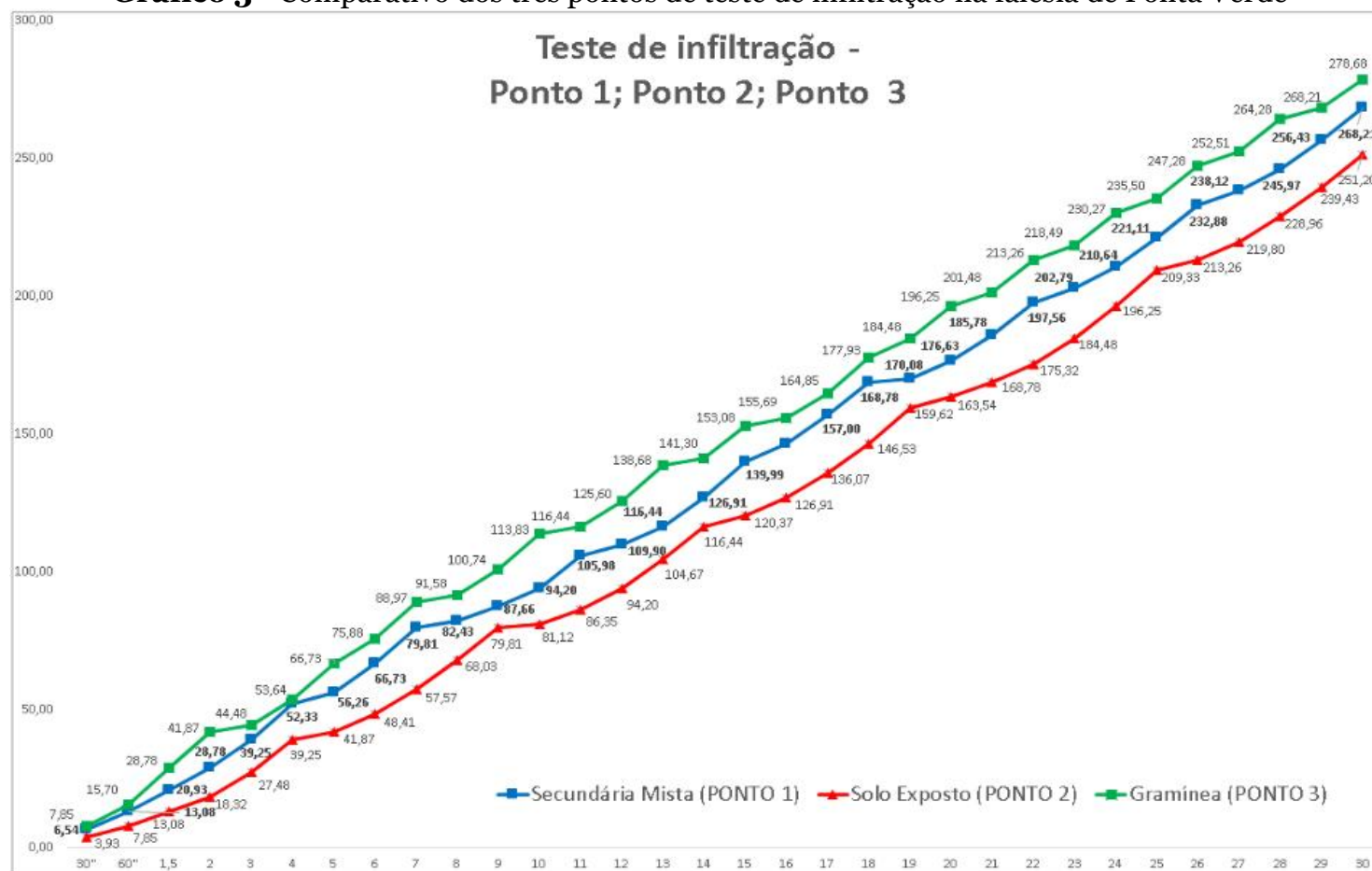
TAXA DE INFILTRAÇÃO NO TOPO DA FALÉSIA

Pinheiro *et al.* (2009) afirma que a infiltração no solo é um processo que apresenta uma complexidade e variação a nível quantitativo e qualitativo em razão das diversas propriedades naturais do solo e/ou em função das alterações provocadas pela ação humana, como o manejo do solo que vai interferir na capacidade de infiltração quando as propriedades do solo, as condições superficiais e os fatores naturais são alterados.

O objetivo do teste de infiltração realizado na área de estudo foi de ter conhecimento do índice de infiltração do solo na falésia estudada, do qual pode-se caracterizar de forma mais clara os processos erosivos atuantes, visto que um solo que apresenta baixa taxa de infiltração terá maiores chances de erosão, resultando de uma maior ocorrência de escoamento superficial, fenômeno que vem anterior à degradação e posterior erosão.

Na falésia da praia de Ponta Verde, pode-se observar um padrão de aceleração na taxa de infiltração, devido a necessidade de recarga da água para que fosse concluído os 30 minutos da técnica aos 4", 7", 11", 15", 18" e 22" do Ponto 1 (área correspondente à vegetação secundária mista); aos 4", 9", 14", 19" e 26" do Ponto 2 (área correspondente ao solo exposto); e aos 5", 7", 10", 13", 15, 18", 20", 22", 24" e 26" do Ponto 3 (área correspondente à vegetação de gramínea). Ao ser feita a comparação dos três pontos analisados (Gráfico 3), pode ser observado que o Ponto 2 foi o que precisou maior volume de água utilizada, apesar de apresentar a menor quantidade de recarga. A taxa de infiltração total foi de 4.305, 73 ml no Ponto 1, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 268,21 ml; de 3.828,18 ml no Ponto 2, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 251,20 ml; e de 4.694,30 ml no Ponto 3, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 278,68 ml (Tabela 2).

Gráfico 3 - Comparativo dos três pontos de teste de infiltração na falésia de Ponta Verde



Fonte: Lima (2021).

Tabela 2 - Teste de infiltração nos pontos de análise na falésia de Ponta Verde

| TESTE DE INFILTRAÇÃO | | | |
|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Tempo (s/min) | Secundária Mista | Solo Exposto | Gramínea |
| 30" | 6,54 | 3,93 | 7,85 |
| 60" | 13,08 | 7,85 | 15,70 |
| 1,5 | 20,93 | 13,08 | 28,78 |
| 2 | 28,78 | 18,32 | 41,87 |
| 3 | 39,25 | 27,48 | 44,48 |
| 4 | 52,33 | 39,25 | 53,64 |
| 5 | 56,26 | 41,87 | 66,73 |
| 6 | 66,73 | 48,41 | 75,88 |
| 7 | 79,81 | 57,57 | 88,97 |
| 8 | 82,43 | 68,03 | 91,58 |
| 9 | 87,66 | 79,81 | 100,74 |
| 10 | 94,20 | 81,12 | 113,83 |
| 11 | 105,98 | 86,35 | 116,44 |
| 12 | 109,90 | 94,20 | 125,60 |
| 13 | 116,44 | 104,67 | 138,68 |
| 14 | 126,91 | 116,44 | 141,30 |
| 15 | 139,99 | 120,37 | 153,08 |
| 16 | 146,53 | 126,91 | 155,69 |
| 17 | 157,00 | 136,07 | 164,85 |
| 18 | 168,78 | 146,53 | 177,93 |
| 19 | 170,08 | 159,62 | 184,48 |
| 20 | 176,63 | 163,54 | 196,25 |
| 21 | 185,78 | 168,78 | 201,48 |
| 22 | 197,56 | 175,32 | 213,26 |
| 23 | 202,79 | 184,48 | 218,49 |
| 24 | 210,64 | 196,25 | 230,27 |
| 25 | 221,11 | 209,33 | 235,50 |
| 26 | 232,88 | 213,26 | 247,28 |
| 27 | 238,12 | 219,80 | 252,51 |
| 28 | 245,97 | 228,96 | 264,28 |
| 29 | 256,43 | 239,43 | 268,21 |
| 30 | 268,21 | 251,20 | 278,68 |
| Total | 4.305,73 | 3.828,18 | 4.694,30 |

Fonte: Os autores (2025).

O teste de infiltração (Gráfico 3 e Tabela 2) foi conduzido em três tipos distintos de cobertura do solo – vegetação secundária mista (Ponto 1), solo exposto (Ponto 2) e gramínea (Ponto 3) – revelou diferenças marcantes na dinâmica de absorção de água ao longo de 30 minutos de observação.

Os resultados demonstram que o Ponto 3, com cobertura de gramínea, apresentou o maior volume acumulado de infiltração, atingindo 278,68 mm ao final do período, com um total de 4.694,30 mm ao longo dos intervalos analisados. Essa elevada taxa de infiltração pode ser aí atribuída à presença de raízes finas e densas, que promovem maior porosidade e formação de canais preferenciais no solo, favorecendo a percolação da água.

O Ponto 1, correspondente à área com vegetação secundária mista, acumulou 268,21 mm ao final do teste, com um total de 4.305,73 mm. Embora apresente bom desempenho hidrológico, sua taxa de infiltração foi ligeiramente inferior à do ponto com gramínea, possivelmente em razão da heterogeneidade da cobertura e da variação na densidade de raízes e resíduos orgânicos na superfície.

Por fim, o Ponto 2, referente ao solo exposto, apresentou o menor desempenho, com 251,20 mm de infiltração acumulada ao final dos 30 minutos e um total de 3.828,18 mm. Percebe-se que a ausência de cobertura vegetal comprometeu a capacidade de infiltração, favorecendo a compactação superficial.

A presença de vegetação, especialmente de gramíneas, exerce papel importante na melhoria da estrutura física do solo, no controle da erosão e na eficiência do processo de recarga hídrica, enquanto a ausência de cobertura vegetal agrava a vulnerabilidade ao escoamento superficial e à degradação ambiental.

Na área de estudo observou-se processos erosivos longo de diversos pontos da extensão da falésia (Figura 9), verificando que a origem desses movimentos pode ser atribuída a processos erosivos na porção superior da falésia, visto que nessas áreas encontra-se um patamar que separa a base da falésia do contato com a água do mar, diminuindo consideravelmente a ação dos processos marítimos.

Figura 9 - Mapa de localização de movimentos de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar



Fonte: Os autores (2025).

Foi possível identificar em campo alguns pontos de cicatrizes de movimento de massa, como sinalizado na figura 9. Na imagem A pode-se observar a cicatriz de movimento de massa com estrutura de passarela comprometida com a erosão marinha na praia da Ponta Verde, município de São José de Ribamar. O solapamento basal desencadeia o movimento de massa, tipo deslizamento, causado pela erosão marinha, principalmente pela ação das ondas e correntes de marés que erodem a base da falésia removendo sedimentos

dos Grupos Itapecuru e Barreiras, caracterizados pela alta friabilidade. Observa-se dois patamares do topo da falésia decorrente do processo de erosão marinha pretérita. Logo abaixo da falésia, ainda na imagem A há o processo de intemperismo químico denominado oxidação e redução nos detritos depositados. A variação da maré na praia da ponta verde varia entre 5 a 6 metros de altura, com grande energia e potencial erosivo.

Observa-se nas imagens B e D residências abandonadas devido ao risco de soterramento por movimento de massa na base da falésia. Durante as marés de sizígia, parte da estrutura das casas é atingida pelas ondas e correntes de maré, assim como, a base das falésias que são constituídas por material sedimentar friável dos grupos Itapecuru (Cretáceo) e Barreiras (Neógeno). Na medida que a erosão basal avança ocorre a instabilidade da porção superior da falésia gerando movimentos de massa que colocam em risco as residências locais.

Na imagem C identifica-se residência próxima ao topo da falésia, onde os tabuleiros costeiros constituem a morfologia de relevo predominante no município, com amplitude altimétrica de até 30 metros de altura. Tanto na imagem C, quanto na imagem E, é possível destacar que as bordas dos tabuleiros quando atingem a planície costeira constituem as falésias que podem ser ativas, quando em contato com a água do mar, ou inativa, quando não estão em contato. Percebe-se ainda um deslizamento de material sedimentar, contribuindo para a erosão remontante da falésia em direção às residências circunvizinhas. Apesar de a área na imagem E não possuir residências na base da falésia, há no topo a uma certa distância, o que não exclui a existência do risco.

Ao longo dos arredores das capitais estaduais e das grandes aglomerações do litoral brasileiro é possível perceber a presença das chamadas “segundas residências”, configurando-se como um elemento bastante significativo na urbanização costeira. O impacto ambiental dessa atividade de veraneio pode ser diretamente relacionado à capacidade dos poderes públicos de ordenarem o uso do solo. Essa atividade tem a capacidade de desorganizar

socialmente o local onde está instalado, promovendo a chamada especulação imobiliária, originando tensões e conflitos antes inexistentes (Moraes, 2007).

Essa situação pode ser observada na área de estudo e em outras áreas no entorno, tanto em construções mais antigas – no topo do tabuleiro como na base das falésias – que ainda são usadas ou que foram deterioradas pela ação do tempo e dos processos marinhos de subidas e descidas das marés.

Na figura 10 é possível observar residências localizadas na base da falésia, algumas dessas construções tem mais de 20 anos, outras surgiram a partir de 2010. É nítido a evidência visual de cicatrizes em toda a extensão da falésia e o quanto isso deixa a área em situação de risco de movimento de massa, principalmente pelo fato de serem falésias ativas, o que traz uma maior instabilidade para a área.

Figura 10 - Residências ainda utilizadas no tabuleiro e na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Lima (2021)

Na figura 11 percebemos a existência de algumas casas e lotes para venda ou vendidos, o que traz uma instabilidade para o topo da falésia, principalmente, devido a friabilidade dos sedimentos. Além disso, vale ressaltar que falésias são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) a partir da Resolução nº 303/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que proíbe qualquer tipo de ocupação numa faixa de cem metros, contados da sua borda. No entanto, o que se percebe são lotes e residência com distância de 20m da borda da falésia, descumprindo o que está previsto em lei.

Figura 11 - Loteamento para construção de condomínio na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Lima (2025)

Além do uso residencial, há outras atividades antrópicas na área em estudo, tais como: a presença do trabalho informal na figura dos vendedores ambulantes na praia, o que pode acarretar em poluição por resíduos sólidos. Há ainda a atividade turística que segundo Silva (2017) vem ganhando força pela ampliação da classe média, que vem intensificando o fluxo interno, e pelo crescente número de turistas estrangeiros. O turismo vem crescendo muito nos últimos anos, evidenciado na rapidez das instalações na zona costeira.

Sobre tais fatos, pode-se perceber que a área ainda carece dessa infraestrutura de acesso, visto que a única área de acesso com pavimentação asfáltica é a avenida que leva à praia de Panaquatira. Há um caminho que liga a avenida à praia de Ponta Verde, porém a mesma não é pavimentada, onde as intervenções realizadas para beneficiar o acesso localidade foi realizada pelos moradores e donos de estabelecimentos da localidade (Figura 12), apresentando trechos com grande acúmulo de areia, podendo levar o veículo a atolar, representando um risco aos visitantes, visto que é uma área afastada e não apresenta pavimentação asfáltica.

Figura 12 - Via de acesso para a praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Adaptado pelos autores (2025), a partir de Lima (2021).

Os movimentos migratórios, as segundas residências e o turismo podem acarretar na hiperconcentração da população na zona costeira, o que gera problemas ambientais mais intensos como o descarte incorreto de resíduos sólidos e efluentes domésticos, poluindo o litoral e afetando a balneabilidade das praias. Por isso analisar todos os fatores expostos é de suma importância para compreender as interferências antrópicas na localidade, visto que não há um planejamento e gerenciamento correto da zona costeira, que facilitaria a ocupação correta da área. (Silva 2017).

Além disso, algumas práticas podem ser desenvolvidas para mitigação dos processos erosivos tanto na área de estudo, como nas áreas adjacentes. Dentre elas pode-se destacar controle da drenagem superficial, como a instalação de canais de drenagem; reflorestamento e estabilização com vegetação, por meio do plantio de gramíneas e arbustos próximos às bordas da falésia; barreiras de proteção, por exemplo a instalação de rochas ou blocos de concreto na base da falésia; controle de tráfego humano e animal, através de cercas ou sinalização para evitar que pessoas e animais pisem em áreas instáveis; monitoramento contínuo por meio de drones e campanhas educativas; intervenções tecnológicas, com a utilização geossintéticos (mantas

ou redes geotêxteis) ou técnicas de bioengenharia; e medidas para áreas adjacentes, através da conscientização local e mapeamento de risco.

A partir dos resultados coletados e analisados, pode-se ainda construir uma análise sistêmica na relação entre os processos analisados na área, tais como: taxa de infiltração, morfologia e compactação do solo, pois a estrutura do solo influencia diretamente a sua capacidade de infiltração. Já a compactação do solo, compromete a sua porosidade, evitando que haja percolação hídrica no mesmo. Solos com estrutura bem desenvolvida tendem a apresentar maior infiltração e menor suscetibilidade à compactação. Contudo, mesmo assim, a compactação pode interferir negativamente, restringindo a movimentação da água. Tais ideias gerais, apesar de serem amplas, são afirmações já consagradas na ciência do solo e podem ser encontradas em Cooper; Castro e Coelho (2017) e Klein e Klein (2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação urbana em períodos de férias e/ou finais de semana tem sido responsável por impactos ambientais ao ambiente costeiro, pelo desmatamento da vegetação (restingas, mangues) e dunas, além de apresentar deficiência na oferta de água, coleta de esgoto e estrutura viária que atenda o número de pessoas que chegam a essas regiões.

A descrição das características morfológicas de solo é de fundamental importância para a estruturação de um sistema de classificação, seja pela indispensabilidade do conhecimento do solo, como pela necessidade de designar os atributos taxonômicos necessários ao agrupamento das classes do mesmo, tanto pela necessidade de se conhecer o solo como também para se estabelecer atributos taxonômicos indispensáveis ao agrupamento das classes.

Com relação aos dados obtidos sobre a densidade aparente do solo, a densidade de partículas e a porosidade total, os resultados mostram um solo um solo compactado, o que acaba dificultando a infiltração da água e, por consequência, um maior escoamento superficial que acelera os processos erosivos no topo da falésia.

Sobre esses resultados, é imperativo que haja uma melhor utilização dos espaços tanto na base como no topo da falésia, visto que algumas construções estão abandonadas e destruídas, parcial ou totalmente. As ações da subida e descida das marés apresentam grande amplitude na área e acabam por destruir as construções localizadas na base; já as construções localizadas no topo, muitas vezes próximo da borda da falésia, apresentam suas estruturas comprometidas em alguns pontos pelos processos erosivos. Sendo assim, ações de prevenção e mitigação devem ser tomadas a fim de se evitar perdas materiais, imateriais e humanas.

Outro ponto importante que se pode compreender do trabalho é a necessidade de um trabalho de educação ambiental para a população que habita na localidade, visto que a ação humana tem causado impactos na região da praia de Ponta Verde, principalmente no que tange ao descarte irregular de resíduos sólidos nas áreas próximas à falésia, como ficou evidenciado nas imagens apresentados no trabalho e à construções irregulares no topo e na base da falésia, o que além de representar um problema de ordem ambiental, visto que pode prejudicar o ecossistema local como a poluição das águas e do solo, como de problemas estruturais que afetam a estabilidade do topo da falésia e, conseqüentemente, as construções e vidas humanas.

REFERÊNCIAS

BRADY, N.C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. Tradução: LESPACH, I.F. 3 ed. Porto Alegre: Bookman.2013.

BUSMAN, D. V.; AMARO, V. E.; SOUZA-FILHO, P. W. M. Métodos de Vulnerabilidade Social. Subsídios à adaptação às mudanças climáticas em municípios costeiros. **Revista Brasileira de Cartografia** (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 659-674 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher. 2 ed., 1980.

DUPERRET, A.; GENTER, A.; MORTIMORE, R.N.; DELACOURT, B.; DE POMERAI, M. R. Coastal Rock Cliff Erosion by Collapse at Puys, France: The

- Role of Impervious Marl Seams within Chalk of NW Europe. **Journal of Coastal Research**, West Palm Beach (Florida), v. 18, n. 1, 2002, p. 52-61.
- FEITOSA, A. C; TROVÃO, J. R. **Atlas do Maranhão: Espaço Geo-histórico e Cultural**. João Pessoa: Editora Grafset, 2006.
- GUARIZ, H. G.; CAMPANHARO, W. A.; PICOLI, M. H. S.; CECÍLIO, R. A.; HOLLANDA, M. P. **Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais**. [Anais]. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril. 2009. INPE, p. 7709-7716.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, p. 139-156.
- GUERRA, A.J.T.; MARÇAL. M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2014.192p.
- GOMES. E.R; ARAÚJO, I. R. G. Análise multitemporal da linha de costa da praia de Macapá no litoral do Piauí a partir de imagens Landsat. **Caderno de Geografia**, v.27, número especial 1, 2017.
- INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCE e Embrapa CNPS, Viçosa. 1996. 83 p.
- LIMA, L. D. M. **Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub-bacias do médio e alto curso da Bacia do Rio Macaé / RJ**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia. UFRJ, Rio de Janeiro, 2008, 127 p.
- LIMA, H. L. R. **Ocupação humana e processos costeiros na falésia da Praia da Ponta Verde, município de São José de Ribamar - Maranhão**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-

Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

MENEZES, A. F. **Análise da vulnerabilidade à erosão costeira no estado de Pernambuco através de indicadores ambientais e antrópicos.** Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil:** Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. Ed. Annablume, São Paulo, Brasil, 2005.

MUEHE, D. (org.). **Erosão e Progradação no litoral brasileiro.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília - MMA, 2006. 476p.

PINHEIRO, M. R. **Técnicas cartográficas e aerofotográficas no estudo da erosão:** alta bacia do Ribeirão Araquá – São Pedro e Charqueada/SP. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

REIS, R. J. **Costa Sudeste do município de São Luís - MA:** análise e proposta para gestão ambiental. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SANTOS JUNIOR, O. F.; SEVERO, R. N. F.; SCUDELARI, A. C.; AMARAL, R. F. Processos de Instabilização em Falésias: Estudo de um Caso no Nordeste do Brasil. **Revista Luso-Brasileira de Geotecnia**, SPG, ABMS, ABGE, n. 114, p. 71-90, 2008.

SILVA, C. H. S; SILVA, Q. D. Análise de falésias no litoral ocidental da Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.1, N.4, p.388 – 398, 2012.

SILVA, C. H. S; LIMA, I. M. M. F. Evolução geomorfológica recente da falésia de Itapari, São José de Ribamar - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.10, n.06 (2017) 1859-1874

SILVEIRA, R.C. **Estudo de perdas de solo e água, sob diferentes níveis de resíduos culturais de milho, usando um simulador de chuvas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998. 52 p.

VALADÃO, R. C.; SOUZA, C. R. de G. **Quaternário do Brasil.** Ribeirão preto: Holos Editora, 2005.

Como citar este artigo:

LIMA, Hugo Leonardo Reis de; BEZERRA, José Fernando Rodrigues; LOUZEIRO, Andreza dos Santos. Análise das condições de erodibilidade na falésia da praia da Ponta Verde, município de São José de Ribamar - MA (Brasil). **GEOGRAFIA**, Rio Claro-SP, v. 50, n. 1, p. 229-259, 2025. DOI:

Recebido em 14 de março de 2024

Aceito em 19 de maio de 2025