

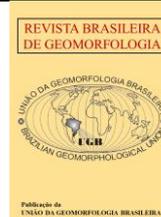


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, nº 3 (2025)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v26i3.2650>



Nota técnica

Falésia de Cabo Branco - João Pessoa, PB: Caracterização geomorfológica e processos erosivos associados

Cabo Branco Cliff – João Pessoa, PB: Geomorphological characterization and associated erosional processes

Rubson Pinheiro Maia ¹, Anna Sabrina Vidal de Souza ² e Antônia Beatriz Ferreira Andrade ³

- ¹ Pesquisador Preamar - Programa Estratégico de Estruturas Artificiais Marinhas da Paraíba, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Brasil. rubsonpinheiro@yahoo.com.br
ORCID: orcid.org/0000-0002-8905-0121
- ² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Brasil. annasabrinavidal@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5070-8208>
- ³ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Brasil. beatrizadrade501@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1982-6435>

Recebido: 28/11/2024; Aceito: 04/07/2025; Publicado: 17/07/2025

Resumo: Muitas falésias ativas vêm passando por processos erosivos, causando riscos e comprometendo vias públicas e a segurança da população local e turistas. Um exemplo representativo desta situação é a falésia de Cabo Branco, em João Pessoa (PB), Brasil, que recebeu recentemente, um anteparo erosivo em sua base como medida de contenção à erosão. Diante o exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar e avaliar a retração da escarpa considerando os fatores condicionantes das rochas da Formação Barreiras e os efeitos das intervenções antrópicas no topo (impermeabilização asfáltica) e na base (enrocamento). Foram realizados levantamento fotogramétrico com drone para gerar um modelo digital de superfície (MDS) de alta resolução (malha de 7 cm) e testes geomecânicos utilizando esclerômetro analógico. O trabalho de campo permitiu a descrição detalhada de processos erosivos. Os resultados apontam para a manutenção da retrogradação da falésia em função da persistência da erosão por colapso gravitacional. No momento, a efetividade do anteparo erosivo será mais perceptível na manutenção dos depósitos de tálus, já que o topo da falésia continuará retroagindo, comprometendo ainda mais equipamentos públicos ali instalados. A longo prazo, o anteparo erosivo será mais efetivo na redução da erosão acelerada da falésia em virtude da mudança de perfil e gradiente topográfico.

Palavras-chave: Falésia; Erosão; Colapso; Risco.

Abstract: The Cabo Branco cliff in João Pessoa, Paraíba, has been undergoing a rapid erosion process, compromising the safety of public roads and posing a risk to beachgoers. This study aims to characterize and evaluate the retraction of the escarpment, considering the conditioning factors of the rocks of the Barreiras Formation and the effects of human interventions on the top (asphalt waterproofing) and base (rockfill). A photogrammetric survey was carried out with a drone to generate a high-resolution digital surface model (DSM) (7 cm-resolution mesh) and physical resistance tests were performed with an analog rebound hammer. The fieldwork allowed a detailed description of erosion processes. The results indicate that the cliff's retrogradation is maintained due to persistent erosion by gravitational collapse. At present, the effectiveness of the erosion buffer will be most noticeable in maintaining the talus deposits, since the top of the cliff will continue to recede, compromising even more public facilities installed there. In the long term, the erosion buffer will be more effective in reducing the accelerated erosion of the cliff due to the change in profile and topographic gradient.

Keywords: Cliff; Erosion; Collapse; Risk.

1. Introdução

Escarpas costeiras são comuns em todo o planeta e podem ocorrer em diversos litotipos (Carpenter et al., 2014; Bird, 2016). Sua evolução está condicionada à ação de processos costeiros e às características dos materiais constituintes (Rogers et al., 2012; Duguet et al., 2021; Bergillos et al., 2022) a partir da ação combinada entre ondas, chuvas, fluxo de água subterrânea, geometria da praia, tectônica e litologia (Young; Carilli, 2019; Furlan, 2014; Lee, 2008; Masselink & Hughes, 2003). Nas costas ativas, as falésias localizadas em margens ativas representam uma exceção, pois sua formação está relacionada à atividade tectônica, que gera morfologias escarpadas (Arróspide et al., 2023). Vários fatores explicam as variações na taxa de erosão, como o controle estrutural, a geometria dos corpos rochosos, a energia das ondas (Blanco-Chao et al., 2014; Bird, 2016) e a resistência das rochas (Prémaillon et al., 2018).

As falésias são importantes indicadores de mudanças no nível do mar durante o Quaternário, influenciando a fisiografia costeira e a dinâmica sedimentar (Davidson-Arnott, 2010). Além disso, os depósitos que sustentam esses escarpamentos desempenham um papel significativo no registro morfoestratigráfico, contribuindo para a compreensão da evolução dos ambientes sedimentares ao longo do Cenozóico (Rossetti et al., 2013a; Bezerra et al., 2020). Importante destacar que mesmo em margens passivas, os efeitos da neotectônica podem ser percebidos nas unidades sedimentares neógenas e quaternárias (Blanco-Chao et al., 2014; Maia and Bezerra, 2014; Rossetti et al. 2013b; Furrier, 2006; Marques et al., 2024). Nesse sentido, os efeitos da neotectônica incluem fraturamentos e deslocamentos resultantes da deformação compressiva (Marques et al., 2024) que podem induzir pontualmente a dissecação, somando-se aos demais fatores que interferem na erodibilidade das falésias (Maia et al., 2022; 2024).

Nesse trabalho, realiza-se uma análise acerca do contexto geomorfológico e a erodibilidade da falésia de Cabo Branco em João Pessoa – PB. Essa falésia é do tipo íngreme, modelada em rochas sedimentares friáveis, situadas em uma faixa de praia estreita. Por esses motivos, apresenta elevada taxa de erodibilidade e os fatores que promovem tal processo, serão abordados nessa nota. A análise basear-se-á na extração de dados morfológicos em modelo digital de superfície e na obtenção de dados geomecânicos (resistência física) das rochas aflorantes, na descrição e classificação dos processos erosivos e em dados morfométricos relativos à morfologia da escarpa.

A premissa norteadora reside no detalhamento dos processos geomorfológicos que deflagraram a erosão da falésia. Importante destacar que embora essa resposta pareça óbvia, uma vez que se associa o recuo da falésia à erosão promovida pelas ondas, é preciso conhecer a reologia e sua relação com a geomorfologia. Nesse sentido, diferentes fácies, graus de diagênese e laterização, além do grau de deformação e fraturamento da Formação Barreiras, podem influenciar a predominância de um determinado processo erosivo. Dessa maneira, objetiva-se a caracterização e avaliação do processo de retração da escarpa diante dos fatores condicionantes das rochas que compõem a Formação Barreiras e dos efeitos das intervenções antrópicas no topo (Impermeabilização asfáltica) e na base (enrocamento).

2. Área de Estudo

A falésia de Cabo Branco localiza-se na área urbana do município de João Pessoa, que ocupa a parte central do litoral paraibano. Nesse setor, o litoral tem uma orientação N-S e é formado por uma sucessão de pontas e enseadas com presença de falésias modeladas em rochas da Formação Barreiras e sedimentos pós-barreiras (Figura 01).



Figura 01. Localização da área de estudo. A: América do Sul e Brasil, com indicação do estado da Paraíba em amarelo e de João Pessoa (Ponto Vermelho). B: Litoral da cidade de João Pessoa. C: Área de estudo: Falésias de Cabo Branco.

A Formação Barreiras é uma unidade sedimentar depositada no Neógeno (Rossetti; Bezerra; Dominguez, 2013) disposta ao longo da costa brasileira, se estendendo desde o estado do Rio de Janeiro até o Amapá (Suguió; Nogueira, 1999). Em relação aos ambientes deposicionais, vários autores atribuíram aos sedimentos que compõem o Barreiras uma origem continental (Mabesoone, 1972; Bigarella, 1975; Lima; Vilas Boas; Bezerra, 2006), embora, ambientes transicionais e marinhos sejam predominantes (Arai, 2006; Rossetti; Góes, 2013; Gandini et al., 2014; Gandini et al., 2017). A origem, associada ao ambiente deposicional, pode definir, em princípio, as variações textural e mineralógica e, conseqüentemente, as características litológicas. Tais aspectos, associados aos processos intempéricos e diagenéticos posteriores, podem influenciar na resistência da litologia às ações erosivas, implicando diferentes assinaturas geomorfológicas para as falésias estudadas ao longo da costa nordestina. Rossetti e Dominguez (2012) organizaram os depósitos sedimentares da Formação Barreiras em dez associações de fácies, predominantemente marinhas de transição.

Segundo Rossetti et al., 2007, as variações faciológicas relativas à Formação Barreiras revelam uma deposição ocorrida entre sistemas deposicionais continentais, transicionais e marinhos. Do ponto de vista tectônico, os trabalhos de Bezerra et al. (1998 e 2001), Bezerra e Vita Finzi (2000), Barreto et al. (2002), Lima et al., 2006, Nogueira

et al, (2006), Moura Lima et al, (2010) Furrier et al. (2006) e Maia e Bezerra (2024) têm demonstrado os efeitos da tectônica cenozóica e da neotectônica na deformação rúptil da Formação Barreiras no Nordeste Brasileiro. Essa deformação tem sido descrita como sets de juntas, fraturas e falhas de direção NE-SW e NW-SE associadas a movimentos transcorrentes e normais, sin e pós deposicionais.

Essa área apresenta um clima tropical quente e úmido do tipo As, segundo Köppen (Nascimento et al., 2022) e precipitação média anual de 1800 mm (Crispim et al, 2010). Possui duas estações bem definidas durante o ano, uma mais chuvosa dos meses de março a agosto e, outra seca, que se estende do mês de setembro a fevereiro. Além disso, possui influência dos ventos alísios de sudeste durante todo o ano, assim como da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) nos meses mais secos (Santos e Santos, 2013). A dinâmica de ondas nesse setor da costa paraibana é caracterizada por ondas provenientes de leste e leste-sudeste, com alturas médias de ondas entre 1 - 1,5m, conforme modelagem costeira a partir de dados históricos (1948 a 2008) (Silva et al., 2024).

Crispim et al (2010) reportaram o aumento significativo de eventos erosivos na falésia de Cabo Branco após a inserção do muro de contenção no sopé da falésia realizado pela prefeitura de João Pessoa no ano de 2020. Além do afloramento de argilitos, registram-se desmoronamentos parciais na Avenida Cabo Branco ainda no ano de 2022 (Jornal da Paraíba, 2022).

2. Materiais e Métodos

Em campo, foi realizado levantamento aerofotogramétrico com drone modelo DJI Mavic3 Pro equipado com câmera 24mm de 20MP. Esse procedimento deu-se conforme o protocolo de aquisição fotogramétrica, adaptando-o para o contexto da falésia (Fotos no Nadir, a 45° e a 0°). Em todos os intervalos angulares foi aplicado uma sobreposição frontal e lateral de 80%. Os dados foram processados no Metashape Agisoft PhotoScan através do algoritmo Structure from Motion (SfM) e permitiram a criação de um modelo detalhado (18.1 pontos por m²) das características morfológicas e texturais das escarpas (Figura 02).

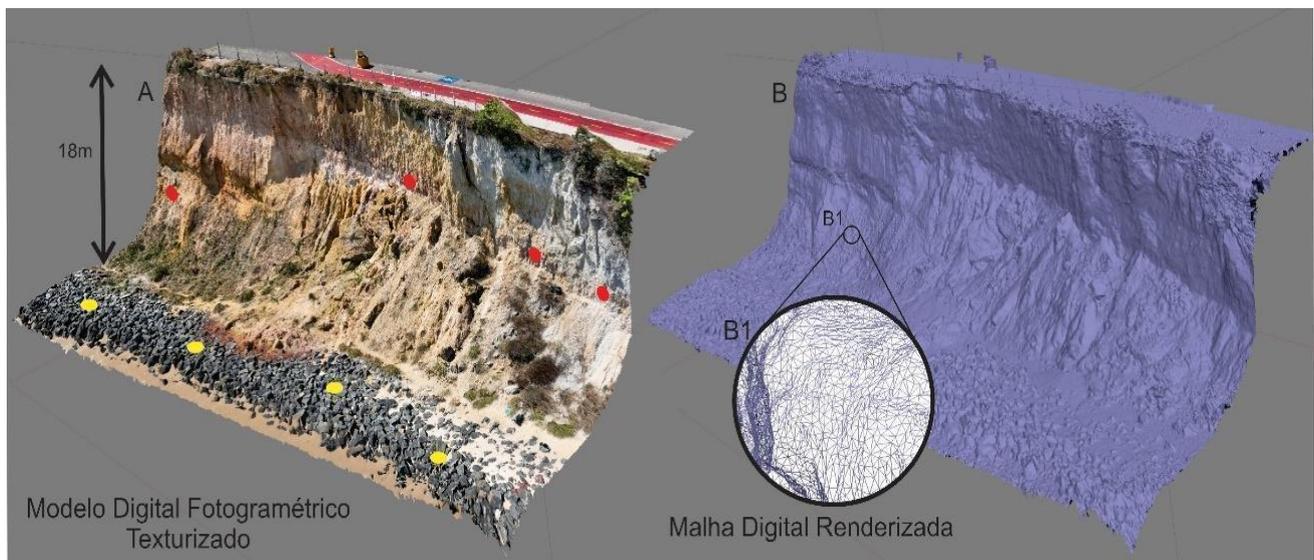


Figura 02. Modelo Digital Fotogramétrico de alta resolução da falésia do Cabo Branco – João Pessoa – PB. Em A, os pontos amarelos representam pontos de medições no enrocamento, e pontos vermelhos, na falésia.

Foram realizados testes não destrutivos de dureza de superfícies rochosas (falésia e enrocamento) utilizando Esclerômetro (Schmidt Hammer) MKT-1015, modelo padrão Tipo N, com energia de impacto de 2,207 Nm (ou 2,207 J), com capacidade de resistência à compressão de 10 a 70 N/mm² (ou Mpa). As medidas dos ensaios geomecânicos são dadas em valor de rebote (R), um número em porcentagem que expressa a dureza da superfície ao receber o impacto do pistão, e é expresso na fórmula:

$$Rh = \frac{x2}{x1} \times 100$$

R_h é número de rebote, x_2 é a extensão na mola na posição máxima da posição de rebote e x_1 é a máxima extensão da mola. Esse valor tem relação direta com a resistência (da rocha) à compressão (UCS) (Basu e Aydin, 2005). A aquisição do valor de rebote tem influência da posição em que a leitura é feita. A leitura obtida em um ensaio onde a posição do esclerômetro é perpendicular à superfície na horizontal é conferido pelo equipamento; em caso de leituras feitas com o pistão em posição descendente (+90° e +45°) ou ascendente (-90° e -45°), o valor deve ser corrigido segundo tabelas de normatização (Basu e Aydin, 2005; Aydin, 2009).

Na falésia, os pontos escolhidos foram definidos a partir de setores mais laterizados na escarpa, onde se observaram mosqueados avermelhados colunares sub-métricos. Neste trabalho, a metodologia de aquisição empregada seguiu padrão ASTM (American Society for Testing and Materials) (ASTM, 2001; Aydin e Basu, 2005), em que 10 medidas foram feitas em cada ponto selecionado com distância mínima de um êmbolo, em locais longe de fraturas e em superfícies regulares. Os ensaios foram realizados na zona lateralizada das rochas areníticas que constituem a escarpa da falésia. Vale ressaltar que foram feitas tentativas de avaliação da dureza das fácies não laterizadas; entretanto, os valores de rebote foram menores que 10 (o mínimo que o equipamento identifica). Nesse setor, foi realizada uma aquisição em linha seguindo esse nível laterizado, totalizando oito pontos de aquisição (80 medidas), realizados com esclerômetro em posição horizontal (Figura 04). No enrocamento situado em frente ao escarpamento, foram realizadas medidas ao longo de sua extensão em blocos de rochas ígneas (granitóides). Nesse setor foram selecionados 10 pontos (100 medidas ao total). A aquisição dos dados nesse setor foi feita com pistão em posição descendente (+90°) e os valores foram corrigidos.

Do ponto de vista morfoestrutural, foi feita uma classificação com base na morfologia da falésia conforme Maia et al. (2024), e uma descrição dos aspectos morfológicos e estruturais como níveis lateríticos e planos de fraturas expostos. Nessa descrição, foram identificados conjuntos de fraturas verticais que foram agrupadas para correlação entre processos erosivos. Foram identificadas, a partir de inspeção visual direta, cicatrizes de colapso gravitacional recentes, com seus respectivos depósitos de tálus. Outros processos associados a tombamento e colapso de blocos também foram identificados e descritos.

3. Resultados

Os dados obtidos em mensurações diretas com Schmidt Hammer revelaram valores de resistência física das rochas aflorantes na escarpa e das rochas compondo o enrocamento. Os valores de rebote (R) obtidos foram relativamente baixos (>20) para os setores da escarpa mensurados. Isso se deve provavelmente ao baixo grau de diagênese, característico das rochas friáveis, tal como observado nessa área. Em alguns setores, devido a pouca coesão da rocha, o equipamento não marcou nenhuma dureza. Em vista disso, considera-se que estas rochas só podem sustentar escarpamentos íngremes possivelmente sob condições específicas de alta erodibilidade de sua base. Em contraste, os valores de rebote dos blocos de rocha que compõem o enrocamento apresentam maior variabilidade, com os índices de rebote entre 34 e 71 (Figura 03).

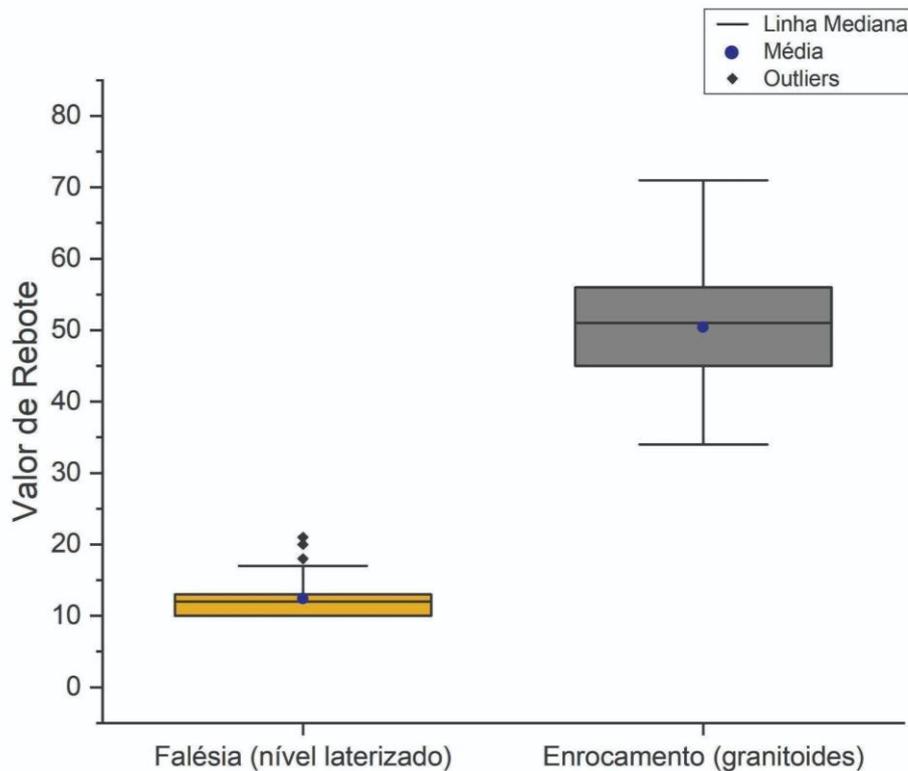


Figura 03. Boxplot dos valores de rebote medidos no nível laterizado na falésia de Cabo Branco – João Pessoa – PB e nas rochas que compõem o enrocamento.

Os baixos valores obtidos na falésia, indicam, além de uma diagênese incipiente, uma laterização parcial, o que contribui para o desmembramento da escarpa a partir do fraturamento que leva ao seu colapso gravitacional. Na parte superior da falésia, em virtude da inconsolidação dos sedimentos, não foi possível realizar mensurações. Isso é comum em escarpamentos muito íngremes com rochas expostas, onde o peso da própria escarpa conduz ao seu desmembramento e colapso. No caso em análise, esse tipo de processo resultou de dois condicionantes principais. O primeiro está associado ao grau de diagênese da rocha, e o segundo, à velocidade de retração da falésia. Mesmo escarpas modeladas em rochas com menor grau de diagênese, como é o caso das fácies aflorantes das rochas da Formação Barreiras e sedimentos pós-barreiras na falésia do Cabo Branco, a escarpa pode se manter íngreme sobre condições de alta erodibilidade de sua base (Figura 04).

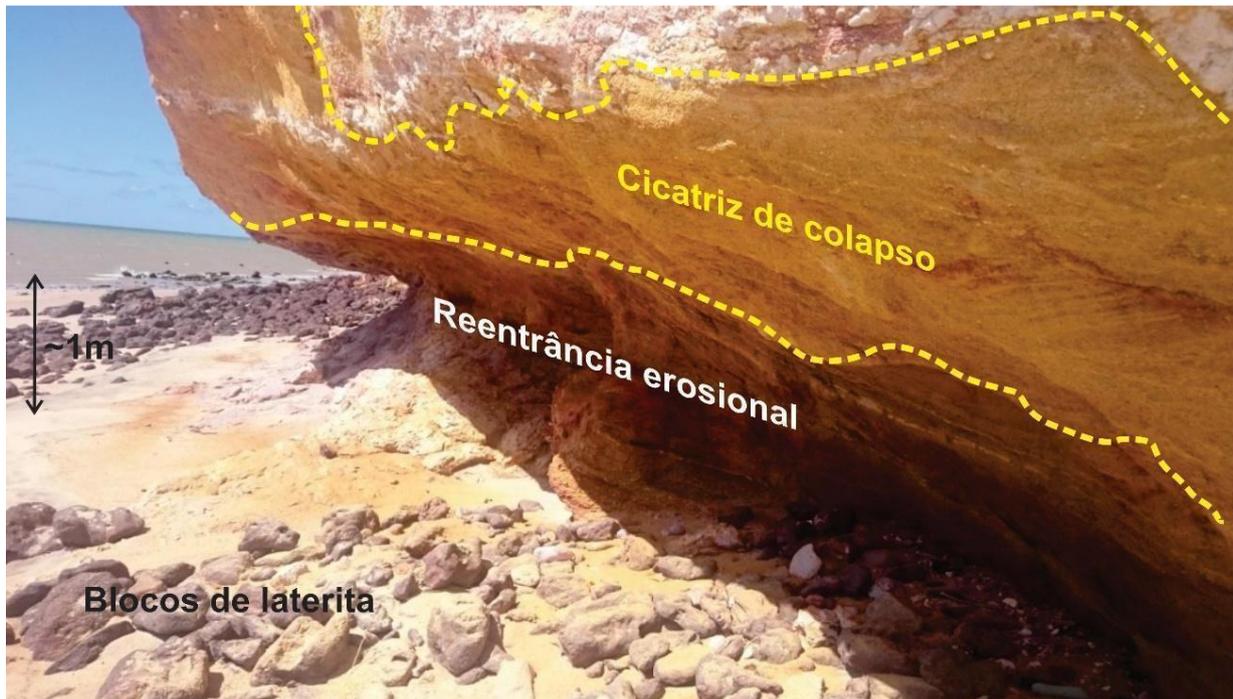


Figura 04. Reentrância erosional na base da falésia de Cabo Branco – João Pessoa – PB. Interpretação elaborada sobre fotografia de Nóbrega Júnior, 2016.

O grau de diagênese das rochas da Formação Barreiras na área, revela um padrão de comportamento frágil para movimentos esporádicos, assim como os que levam ao colapso gravitacional. Esse comportamento requer a manutenção de um escarpamento íngreme, para que o peso da própria escarpa gera a tensão cisalhante no limite, levando ao fraturamento paralelo e posterior desmembramento e colapso. Estes, ocorrem de duas formas, podendo ser na forma de tombamento, quando o fraturamento vertical individualiza uma coluna, ou colapso direto, quando ocorre a partir do desprendimento de uma superfície (Maia et al., 2022). Ambos os processos, geram a formação de rampas de tálus. A queda de blocos, cascas ou tombamento gera impacto na base da falésia que em rochas com menor grau de diagênese, como é o caso, desfaz as rochas e sedimentos friáveis sobrando apenas os blocos com maior grau de laterização. Quando existem níveis estratigráficos com lateritas mais coesas, a produção de blocos cria um anteparo natural na base da falésia, como é o caso da praia de Pipa no RN. Já na falésia de Cabo Branco, antes da instalação do anteparo, a totalidade dos depósitos de tálus eram removidos pela ação direta das marés. Isso deriva do fato da praia ser estreita no setor, sem a existência de uma faixa de berma.

Com a base da escarpa protegida pelo anteparo erosional, o processo de ravinamento, já iniciado, se concentra na parte superior, onde observa-se a existência de depósitos inconsolidados. Esses depósitos são comuns em várias falésias do nordeste brasileiro (Redonda-CE, Beberibe, CE, Pipa-RN, Barra de Tabatinga - RN). Na base, os depósitos de tálus, protegidos pelo anteparo passam a ser colonizados por vegetação arbórea (Figura 05 - A2).



Figura 05. Comparativo (2021-2025) da vegetação nos depósitos de tálus no sopé da falésia de Cabo Branco - PB.

O recuo da camada mais friável, no topo da falésia, levou a destruição pontual e cancelamento de tráfego em parte da avenida Cabo Branco. Nos períodos chuvosos, o processo de aprofundamento das ravinas, será realizado nas partes mais friáveis da Formação Barreiras, sendo que nos pontos de maior laterização, originar-se-á interflúvios na forma de cristas erosionais.

Com a retrogradação lateral da escarpa, esta mantém seu gradiente topográfico elevado. Em casos de praias estreitas e ausência de faixa de berma, na maré alta, o impacto direto das ondas na base da falésia cria as condições necessárias para a manutenção da escarpa íngreme. Isso se deve a dois fatores, e ambos conduzem ao colapso gravitacional da escarpa. O primeiro resulta da formação de reentrâncias erosionais na base da falésia, como resultado da ação direta das ondas, e o segundo, pela remoção constante da rampa de tálus, que se forma como resultado do colapso gravitacional da escarpa. Essa erosão da base da escarpa remove constantemente o anteparo natural representado pelos depósitos de tálus. Isso faz com que a escarpa fique completamente exposta e, assim, submeta-se aos efeitos do desmembramento, levando a processos do tipo deslocamento, queda de blocos e tombamento.

Nesse contexto de retração constante e remoção de depósitos de tálus, as condições para a erosão por colapso são mantidas, o que ocorre em velocidade superior ao ravinamento e formação de voçorocas (Figura 06 B)). Isso porque o nível de laterização, embora incipiente, é suficiente para a manutenção da escarpa. Contudo, é preciso destacar que tal constatação requer uma velocidade de retração elevada, para que o ravinamento não tenha tempo de formar feições erosionais do tipo voçorocas, como constatado em falésias mais estáveis.

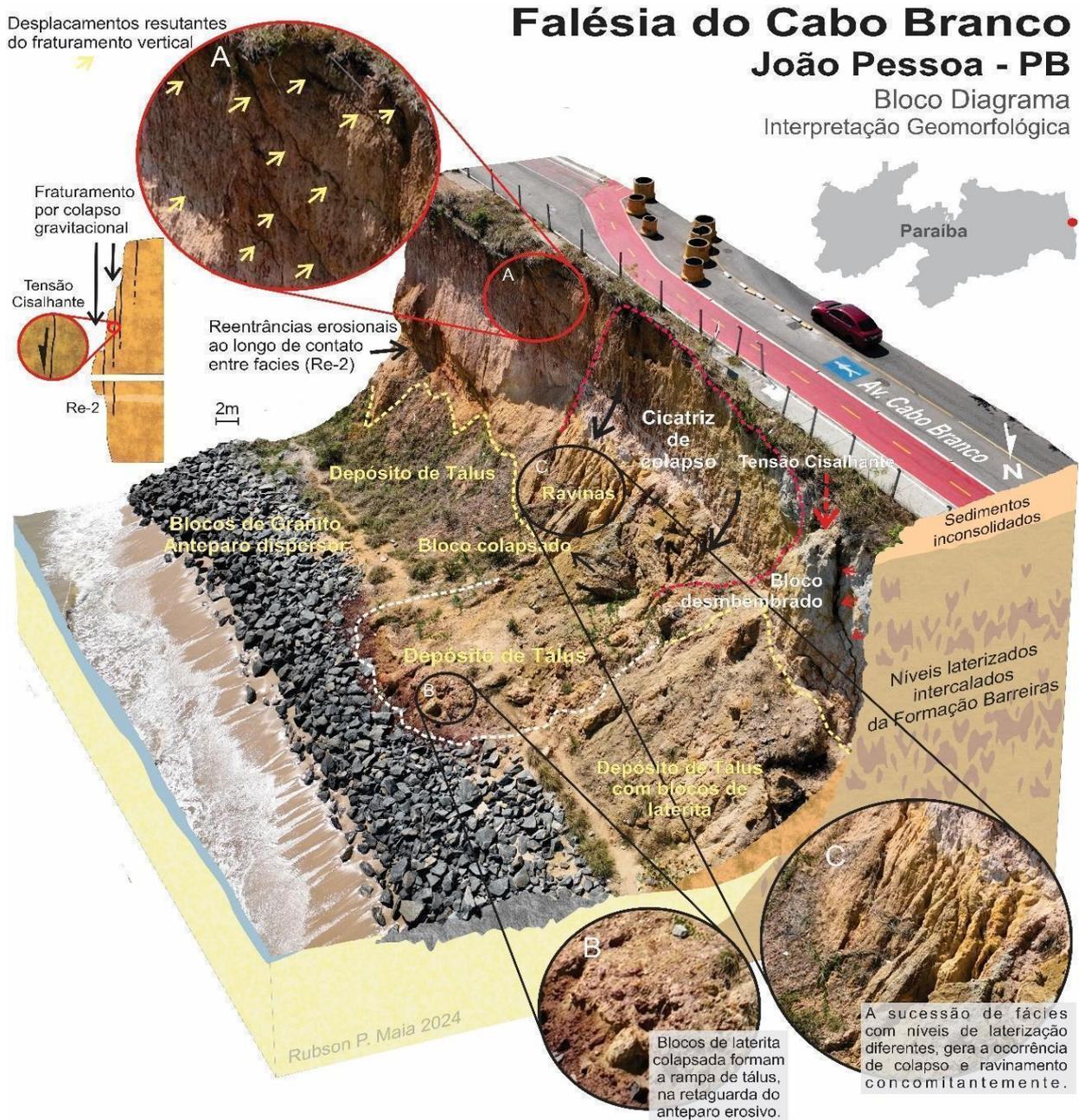


Figura 06. Bloco Diagrama Geomorfológico da Falésia de Cabo Branco em João Pessoa – Paraíba. O desenho ao lado da área ampliada A (Círculo vermelho), representa um corte transversal da escarpa ao longo das fraturas verticais de deslocamento. Em B (Círculo preto) tem-se o recorte de blocos de laterita colapsadas formando a rampa de talus. Na representação C (Círculos preto) observa-se a sucessão de fácies com diferentes níveis de laterização. Re-2 representa reentrância erosional 2, gerada por zonas de contato entre camadas. A linha tracejada vermelha representa as marcas da cicatriz de colapso mais recente. Tracejado amarelo representa o contato entre depósitos de talus e a escarpa íngreme, e tracejado branco, representa os depósitos de talus recentes, resultantes do último colapso. Modelo digital realizado através de técnicas de aerofotogrametria.

Considerando a proteção gerada pela instalação de um anteparo erosivo do tipo enrocamento (2020) na base da falésia, o modelado do relevo e o perfil da escarpa poderão ser alterados, de íngreme para côncavo ravinado, conforme demonstrado no modelo da figura 07. Uma vez que os depósitos de talus sejam preservados, o colapso gravitacional da escarpa continuará nos primeiros anos. Contudo, à medida que o topo da falésia for recuando e a base não, o ângulo de inclinação da escarpa não favorecerá processo de movimentação por colapso gravitacional. Uma vez que a escarpa for assumindo um perfil mais côncavo, com topo mais recuado que a base e gradiente de inclinação em torno de 50%, a tensão cisalhante que leva a formação de fraturas verticais, diminui uma vez que a

nova base, mais larga, suporta mais o efeito da tensão resultante do peso da própria escarpa. Desse modo, a escarpa se torna cada vez mais estável do ponto de vista da ocorrência de erosão por colapso. O novo perfil de angulação irá favorecer o escoamento superficial e o ravinamento da escarpa. A existência dessas feições poderão ser marcadores da mudança gradual de processo, e marcam a efetividade da instalação de anteparos erosivos, sobretudo quando se analisa a longos prazos (superiores a 30 anos).

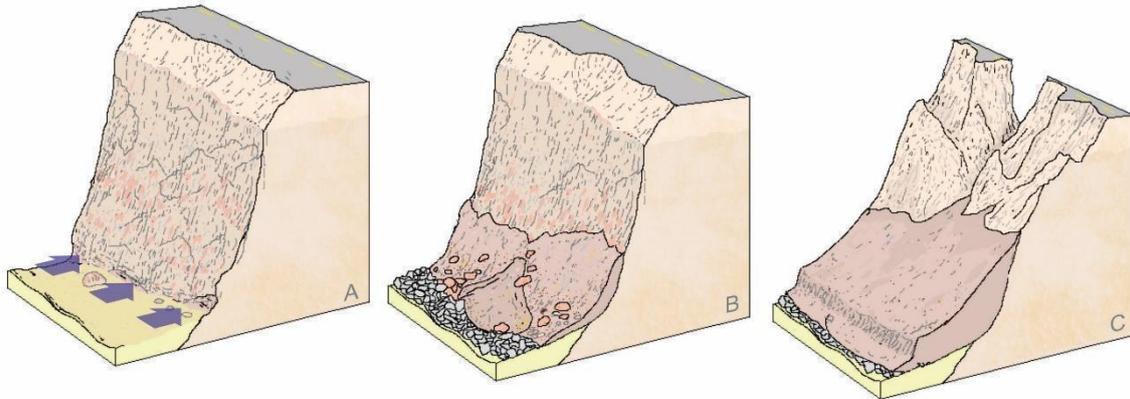


Figura 07. Bloco diagrama conceitual – Modelo de evolução geomorfológica preditivo para a Falésia do Cabo Branco – João Pessoa – Paraíba. A - O impacto das ondas diretamente na base da falésia, remove os depósitos de tálus e cria o principal mecanismo geomorfológico de controle da angularidade da escarpa. - A instalação do anteparo erosivo, na base da falésia, passa a proteger não propriamente a falésia da erosão, mas os depósitos de tálus em sua base. Embora sua efetividade no controle da erosão não seja perceptível de imediato, sua instalação a longo prazo reduzirá o ritmo de retrogradação da escarpa. C - O anteparo erosional possibilitará a manutenção dos depósitos de tálus na base da falésia. Isso irá gerar a alteração do modo de retração da escarpa, que passará a evoluir de forma mais lenta e gradual, através do ravinamento, com formação de sulcos labirínticos.

Diante o exposto, recomenda-se como medida de segurança, o estabelecimento de medidas de orientação aos frequentadores, que não se aproximem da falésia. A instabilidade atual da falésia, gera uma situação de risco elevado, pois as cicatrizes erosionais e os depósitos resultantes chegam a cobrir parcialmente o anteparo erosivo (Detalhe ampliado B na Figura 06) mostrando o alcance da queda de blocos.

4. Conclusões

Falésias ativas tendem a apresentar variação no tamanho dos blocos colapsados e do volume do material que produz em virtude das características do empilhamento estratigráfico, dos conjuntos de juntas na escarpa, da largura e topografia da faixa de praia e da energia de solapamento da base. A falésia de Cabo Branco em João Pessoa – PB está submetida a processos erosivos predominantemente do tipo colapso gravitacional de blocos e tombamento. O anteparo composto por bloco de granito em sua base, embora não apresente efeitos práticos em curto prazo, na diminuição da erosão da falésia, tem potencial de, a longo prazo, reduzir o ritmo de erosão. Isso em virtude de que a redução do stress causado pela abrasão direta das ondas na base da falésia, submete a escarpa a um ritmo erosivo mais voltado à erosão pluvial. Desse modo, a mudança de processo de desmembramento para ravinamento, será o marco geomorfológico da efetividade do anteparo para redução do ritmo erosional. Isso tende a propiciar um perfil da escarpa mais côncavo e estável. Contudo é importante destacar que a redução da instabilidade e mudança de perfil não significa que a falésia cesse seu processo erosivo. Mesmo falésias mortas, e portanto inativas, apresentam carstificação e erosão, embora em ritmo desacelerado quando comparado com falésias ativas, sobretudo em faixas de praia estreitas, como é o caso de Cabo Branco na Paraíba.

Contribuições dos Autores: R.P. Maia: Concepção, Metodologia, Validação, Análise formal, Curadoria dos dados, Redação – versão inicial, Redação – revisão e edição, Visualização, Supervisão, Administração do projeto, Aquisição de financiamento. A.S.V. Souza: Metodologia, Validação, Análise formal, Recursos, Redação – versão inicial, Redação – revisão e edição. A.B.F. Andrade: Validação, Análise formal, Redação – versão inicial, Redação – revisão e edição, Visualização. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Este estudo contou com o financiamento do Projeto Preamar (Programa Estratégico de Estruturas Artificiais Marinhas da Paraíba), que viabilizou a execução do trabalho de campo.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Programa Estratégico de Estruturas Artificiais Marinhas da Paraíba (Preamar) pelo apoio concedido ao trabalho de campo.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. AMARAL, R. F. (2009) Mecanismos de Movimentos de Massas em Falésias: Estudo de um Caso no Nordeste do Brasil. **Revista Geotecnia**, Sociedade Portuguesa de Geotecnia, aceito para publicação.
2. ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP Série Científica**, v. 6, n. p.1-6, 2006. DOI: 10.5327/S1519-874X2006000300002
3. ARRÓSPIDE, C. et al. Coastal cliff evolution: modelling the long-term interplay between marine erosion, initial topography, and uplift in an arid environment. **Geomorphology**, 2023.
4. ASTM, 2001. **ASTM. Standard test method for determination of rock hardness by rebound hammer method**. West Conshohocken: ASTM International.
5. AYDIN, A., 2009. **ISRM Suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version**. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 46, 627–634. DOI:10.1016/j.ijrmms.2008.01.020
6. AYDIN, A.; BASU, A., 2005. **The Schmidt hammer in rock material characterization**. Eng. Geol. 81, 1–14. doi:10.1016/j.enggeo.2005.06.006
7. BARBOSA, J. A.; FILHO, M. L. **Os Domínios da Bacia da Paraíba**. Salvador, 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, 2005.
8. BARRETO, A. M. F.; BEZERRA, F. H. R.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; PAIVA, R.; MUNITA, C. S. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level changes and tectonic implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Holanda, v. 179, p. 57-69, 2002.
9. BASU, A., AYDIN, A. **A method for normalization of Schmidt hammer rebound values**. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 41, 1211–1214, 2004. DOI:10.1016/j.ijrmms.2004.05.001
10. BERGILLOS, R. J. et al. A combined approach to cliff characterization: cliff stability index, **Mar. Geol.**, 2022.
11. BIRD, E. 2016. **Coastal cliffs: Morphology and Management**. Switzerland: Springer BIRD, E. Coastal geomorphology: an introduction / Eric Bird. — Second. ed. p. 67 – 106. Australia: Wiley, 2008.
12. BEZERRA, F. H. R.; LIMA FILHO, F. P.; AMARAL, R. F.; CALDAS, L. H. O.; COSTA NETO, L. X. Holocene Coastal Tectonics in NE Brazil. In: Geol. Soc., London, Special Publication. (Org.). Coastal Tectonics. Stewart, I. and Vita-Finzi, C. (eds.). 146 ed. Londres: **Geological Society**, v. 146, p. 279-293, 1998.
13. BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. **How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil**. Geology, v. 28, n. 7, p. 591-594, 2000.
14. BEZERRA, F. H. R.; FONSECA, V. P.; LIMA FILHO, F. P. Seismites: origen, criteria for identification and examples from the Quaternary record of northeastern Brazil. **Pesquisas em Geociências (UFRGS)**, Porto Alegre, v. 28, n.2, p. 205-212, 2001.
15. BEZERRA, F. H.; CASTRO, D. L.; MAIA, R. P.; SOUSA, M. O.; MOURA-LIMA, E. N.; ROSSETTI, D. F.; NOGUEIRA, F. C. Postrift stress field inversion in the Potiguar Basin, Brazil—Implications for petroleum systems and evolution of the equatorial margin of South America. **Marine and Petroleum Geology**, v. 111, p. 88-104, 2020.
16. BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 47, p. 365–393, 1975.
17. BLANCO-CHAO R., PEDOJA K. in Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis, The rock coast of South and Central America, **Geological Society**, London, Memoirs, eds Kennedy D. M., Stephenson W. J., Naylor L. A, 2014. DOI: 10.1144/M40.10, 40, pp 155–191.
18. CARPENTER, N. E.; DICKSON, M. E.; WALKDEN, M. J. A.; NICHOLLS, R. J.; POWRIE, W. Effects of varied lithology on soft-cliff recession rates. **Marine Geology**, v. 354, p. 40-52, 2014. DOI: 10.1016/j.margeo.2014.04.009
19. CHAVES, M. S. et al. **Morfodinâmica Praial da Ponta do Cabo Branco, João Pessoa/PB, Brasil**. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2007.
20. CRISPIM et al. Intervenções para a contenção da erosão na Barreira do Cabo Branco, João Pessoa, PB: Consequências e propostas. **Revista brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Paraíba, v. 11, n. 27, 2024. DOI: 10.21438/rbgas(2024)112715
21. DAVIDSON-ARNOTT, Robin. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University, 2010. 442 p.

22. DUGUET, T. et al. **Coastal chalk cliff retreat rates during the Holocene, inferred from submarine platform morphology and cosmogenic exposure along the Normandy coast** (NW France), *Mar. Geo.*, 2021.
23. FURLAN, A. A. **Falésias na Formação Barreiras: análise regional e proposta tipológica**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas) - São Paulo, Universidade de São Paulo - USP, 2014.
24. FURRIER, Max et al. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP. Sér. Cient.**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, 2006.
25. GANDINI, R.; ROSSETTI, D.F.; NETTO, R.G.; BEZERRA, F.H.R.; GÓES, A. M. Neotectonic evolution of the Brazilian northeastern continental margin based on sedimentary facies and ichnology. **Quaternary Research**, v. 82, n. 2, p. 462–472, 2014. DOI: 10.1016/j.yqres.2014.07.003
26. GANDINI, R.; ROSSETTI, D. F.; NETTO, R.G.; GÓES, A. M. A Miocene wave-dominated estuarine system in the Paraíba Basin, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 79, p. 264–280, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.08.007>
27. JORNAL DA PARAÍBA (Paraíba). Erosão na Barreira do Cabo Branco: o que podemos explicar sobre isso?. *Jornal da Paraíba, Paraíba*, p. 1-3, 18 fev. 2022. Disponível em: <https://jornaldaparaiba.com.br/meio-ambiente/erosao-na-barreira-do-cabo-branco-o-que-podemos-explicar-sobre-isso>. Acesso em: 18 fev. 2025.
28. LEE, E. M. Coastal cliff behaviour: observations on the relationship between beach levels and recession rates. **Geomorphology**, n. 101, p. 558-571, 2008. DOI: 10.1016/j.geomorph.2008.02.010
29. LIMA, C. C. U.; VILAS-BOAS, G. S.; BEZERRA, F. H. R. Faciologia e Análise Tectônica Preliminar da Formação Barreiras no Litoral Sul do Estado da Bahia. *Geologia USP Série Científica*, v. 6, n. 2, p. 71–80, 2006. DOI: 10.5327/S1519-874X2006000300009
30. MAIA, R. P.; AMORIM, R. F. ; MEIRELES, A. J. A. . Falésias: Origem, Evolução, Risco. 1. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. v. 1. 84p .
31. MAIA, R. P.; BARBOSA, A. B. S. ; LIMA, C. C. U. . Falésias: Processos Erosivos e Caracterização Geomorfológica. Margarida Penteado - **Revista de Geomorfologia**, v. 1, p. 1-24, 2024.2.
32. LIMA, C. C. U.; MAIA, RUBSON P. . Fatores Condicionantes e Processos Que Promovem O Recuo Das Falésias No Litoral Sul Do Estado Da Bahia, Brasil. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v. 4, p. 1-20, 2023.
33. MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Inversão tectônica do relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 1, p. 61-74, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.419
34. MAIA, R. P.; BARBOSA, A. B. DA S.; LIMA, C. C. U. FALÉSIAS: PROCESSOS EROSIVOS E CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA. Margarida Penteado – **Revista de Geomorfologia**. v.1 n.1, junho de 2024, p.1-17.
35. MASSELINK, G.; HUGHES, M. G. **Introduction to Coastal Processes & Geomorphology**. London, Great Britain: Hodder Education, 2003.
36. MARQUES, F. O., PALHANO, L. C., VASCONCELOS, D. L., NOGUEIRA, F. C. C., TAVARES, A. C., BEZERRA, F. H. et al. Tectonic inversion of intracontinental basins and the conundrum of plate-scale stress propagation: The case of the Jatobá Basin, NE Brazil. **Tectonics**, 43, e2024TC008298, 2024. DOI:10.1029/2024TC008298
37. MABESOONE, J. M., CAMPOS E SILVA, A.; BEURLEN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 2, n. 3, p. 173-188, 1972.
38. MOURA-LIMA, E.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; AQUINO, M. R.; VIEIRA, M. M.; LIMAFILHO, F. P.; FONSECA, V. P.; AMARAL, R. F. Sedimentação e deformação tectônica cenozóicas na porção central da Bacia Potiguar. **Geologia USP. Série Científica**, v. 10, p. 15-28, 2010.
39. NASCIMENTO et al. **Caderno de caracterização: estado da Paraíba. Brasília**. DF: Codevasf, 2022.
40. NÓBREGA JÚNIOR, Joabson Santos. **A Problemática do Processo Erosivo da Falésia do Cabo Branco - PB**. Monografia (curso de Graduação em Engenharia Civil). João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2016.
41. NOGUEIRA, F. C. C.; BEZERRA, F. H. R. ; CASTRO, D. L. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, p. 51-59, 2006.
42. PREMAILLON, M.; REGARD, V.; DEWEZ, T.J.B.; AUDA, Y. GlobR2C2. **Global Recession Rates of Coastal Cliffs**: global relational database to investigate coastal rocky cliff erosion rate variations. *Earth Surface Dynam.*, v. 6, p. 651–668, 2018.
43. ROGERS, H.E. et al. **Long-term shoreline retreat rates on Whidbey Island, Washington, USA**. *Quat. Res.*, 2012.
44. ROSSETTI, D. F.; DOMINGUEZ, J. M. L. Tabuleiros Costeiros [Coastal Tablelands]. In: BARBOSA, J. S. F. **Geologia da Bahia, Pesquisa e Atualização**. Série Publicações Especiais, 13, CBPM/UFBA, 2: p. 365-394, 2012.
45. ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. **Earth-Science Reviews**, v. 123, p. 87–112, 2013. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.04.005
46. ROSSETTI, D. F.; ROCCA, R. R.; TATUMI S. Evolução dos Sedimentos Pós-Barreiras na zona costeira da Bacia São Luís, Maranhão, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 8(1): 11-25, 2013.
47. SANTOS; J. S. DOS; SANTOS, G. D. DOS. Estudo Microclimático em Pontos Representativos da Malha Urbana da Cidade de João Pessoa-PB: Uma Avaliação do Campo Térmico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5 (2013) 1430-1448

48. SILVA, N. C. F. et al. **Caracterização do clima de ondas das praias do Cabo Branco e Seixas, João Pessoa (pb)**. Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118513>>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
49. SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, São Paulo, (18)2: 439-460, 1999.
50. YOUNG, A. P.; CARILLI, J. E. Global distribution of coastal cliffs. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, p. 1309-1316, 2019. DOI: 10.1002/esp.4574



obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.