

CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DETALHADA E RISCOS ASSOCIADOS NA PALEOFALÉSIA DA PRAIA RASA, RJ

Detailed geomorphological characterization and associated risk in the Rasa paleo-cliff, RJ

Caracterización geomorfológica detallada y riesgos asociados en el paleocantil de Praia Rasa, RJ



Thiago Gonçalves Pereira 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
E-mail: thiagopereira.uerj@gmail.com

Thamiris Reis Braga 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
E-mail: thamirisreis23@gmail.com

RESUMO

A paleofalésia da Praia Rasa, situada no limite municipal entre Cabo Frio e Armação dos Búzios (RJ), representa a ocorrência meridional de falésias desenvolvidas em depósitos do Grupo Barreiras no litoral brasileiro, conferindo uma feição de elevada relevância geomorfológica e ambiental no litoral do estado do Rio de Janeiro. Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi integrar uma revisão crítica da literatura e o mapeamento de detalhe por aerofotogrametria, visando caracterizar a morfologia da escarpa, identificar indícios de instabilidade e avaliar o uso e cobertura do solo. A partir dos produtos tridimensionais, foram extraídos perfis topográficos e declividades, além de gerar demais produtos cartográficos, que subsidiaram a classificação supervisionada do uso e cobertura do solo. Os resultados indicam um cenário de pressão antrópica, no qual o adensamento urbano junto à crista, os cortes viários nas vertentes e a fragmentação da cobertura vegetal se associam a feições morfológicas como alinhamento retilíneo da escarpa, depósitos de tálus e dissecação por sulcos, evidenciando recuo ativo em materiais pouco consolidados. À luz do arcabouço legal, a feição atende aos critérios de Área de Preservação Permanente, demandando faixas de recuo, drenagem pluvial adequada, manutenção e restauração da vegetação e monitoramento periódico. O estudo buscou oferecer uma base técnico-científica aplicável ao planejamento e à gestão do risco para a localidade.

Palavras-chave: Falésia; ARP; Grupo Barreiras, Área de Preservação Permanente.

ABSTRACT

The paleoclipf of Praia Rasa, located at the municipal boundary between Cabo Frio and Armação dos Búzios (Rio de Janeiro state), represents the southernmost occurrence of cliffs developed in Barreiras Group deposits along the Brazilian coast, constituting a feature of significant geomorphological and environmental importance on the coastline of Rio de Janeiro state. In this context, the objective of this study was to integrate a critical literature review with detailed aerial photogrammetric mapping, aiming to characterize the morphology of the escarpment, identify signs of instability, and assess land use and land cover. From the three-dimensional products, topographic profiles and slopes were extracted, and additional cartographic products were generated, which supported a supervised classification of land use and land cover. The results indicate a scenario of anthropogenic pressure in which increased urban density near the crest, road cuts on the slopes, and fragmentation of vegetation cover are associated with morphological features such as a straight-line alignment of the escarpment, talus deposits, and incision by gullies, evidencing active retreat in weakly consolidated materials. According to the legal framework, the feature meets the criteria for a Permanent Preservation Area, requiring setback zones, adequate stormwater drainage, vegetation maintenance and restoration, and periodic monitoring. The study aimed to provide a technical-scientific basis applicable to local land use planning and risk management.

Keywords: Wildfires; Geotechnologies; AHP; Semi-arid.

RESUMEN

El paleocantil de Praia Rasa, situado en el límite entre Cabo Frio y Armação dos Búzios (estado de Río de Janeiro, Brasil), representa la ocurrencia meridional conocida de acantilados costeros desarrollados sobre depósitos Barreiras a lo largo de la costa brasileña constituyendo una forma del relieve de elevada relevancia geomorfológica y ambiental en la costa del estado de Río de Janeiro. En este contexto, el objetivo del estudio fue integrar una revisión crítica de la literatura con un mapeo detallado mediante aerofotogrametría, con el fin de caracterizar la morfología de la escarpa, identificar indicios de inestabilidad y evaluar el uso y la cobertura del suelo. A partir de los productos tridimensionales se extrajeron perfiles topográficos y pendientes, además de generar ortomosaicos y cartografía temática, que sirvieron de base para la clasificación supervisada del uso y la cobertura del suelo. Los resultados indican un escenario de creciente presión antrópica, en el que la expansión urbana próxima a la cresta, los cortes viales en las vertientes y la fragmentación de la cobertura vegetal se asocian con rasgos morfológicos como el alineamiento rectilíneo de la escarpa, depósitos de talud y disección por surcos, evidenciando un retroceso activo en materiales poco consolidados. A la luz del marco legal vigente, la feición cumple los criterios de Área de Preservación Permanente, requiriendo franjas de protección, drenaje pluvial adecuado, mantenimiento y restauración de la vegetación y monitoreo periódico. El estudio ofrece una base técnico-científica para apoyar la planificación ambiental y la gestión del riesgo a escala local y en otras áreas con ocurrencia de falésias sometidas a ocupación humana.

Palabras clave: acantilado costero; RPAS; Grupo Barreiras; Área de Preservación Permanente (APP).

1 INTRODUÇÃO

As falésias são feições geomorfológicas de grande relevância geoambiental, caracterizadas por rampas abruptas ou escarpas quase verticais esculpidas na franja costeira (Suguio, 1988; 1992; Vilas Boas *et al.*, 2001; Terefenko *et al.*, 2024). Sua gênese e evolução estão intimamente ligadas à dinâmica erosiva das ondas e correntes marítimas,



aos processos subaéreos (precipitação, escoamento superficial) e, em alguns locais, a fatores tectônicos que influenciam o soerguimento ou subsidência de blocos (Bird, 2008; Maia *et al.*, 2022). No contexto do quaternário, as variações do nível do mar condicionaram fases de erosão seguida de estabilização de maneira cíclica, de modo que muitas falésias se encontram ativas na linha de costa atual, enquanto outras correspondem a falésias fossilizadas ou paleofalésias, indicativas de antigas linhas de costa abandonadas pela regressão marinha no holoceno tardio (Moura-Fé, 2014; Maia *et al.*, 2022).

No Brasil, as falésias ocorrem desde a costa do Ceará até o litoral norte do estado do Rio de Janeiro. De maneira mais predominante e contígua, no litoral Nordeste, temos a chamada “Costa dos Tabuleiros” por Muehe (2001), que se estende do Rio Grande do Norte à Bahia, com escarpas ativas que podem atingir dezenas de metros de altura (por ex. as falésias de Pipa, RN e Barra de Tabatinga, PB), e são amplamente reconhecidas pelo valor cênico e turístico. Em contraste, no litoral Sudeste as ocorrências são mais restritas, com poucas feições escarpadas e ativas. Costumam estar associadas aos sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras ou unidades correlatas, que afloram de forma descontínua do sul do Espírito Santo até o norte do Rio de Janeiro (Alheiros *et al.*, 1988; Moraes, 2001; Mello, 2019; Ferreira, 2020).

O Grupo Barreiras consiste em depósitos siliciclásticos pouco consolidados, de idade Mioceno-Plioceno, acumulados em ambientes continentais a transicionais durante grandes variações eustáticas no Neógeno (Arai, 2006; Nunes *et al.*, 2011 Nunes *et al.*, 2019; Rossetti, 2009). Trata-se de uma unidade litoestratigráfica distribuída praticamente de forma contínua ao longo de aproximadamente 4.000 km do litoral brasileiro, desde o estado do Amapá até o estado do Rio de Janeiro (Amador, 1982; Bezerra *et al.*, 2006). Esses depósitos formam extensos tabuleiros costeiros (superfícies altas e aplainadas entre 20 e 50 m de altitude), cujas bordas geralmente terminam em escarpas abruptas de até aprox. 25° de inclinação (Santos Junior *et al.*, 2015), apresentando grande heterogeneidade interna de fácies e estruturas, resultante de múltiplos ciclos deposicionais flúvio-deltaicos e marinhos durante o Neógeno (Nunes *et al.*, 2011; Garcia, 2015).

A complexidade sobre idades e processos evolutivos levou vários autores a preferirem a denominação “Grupo” Barreiras em vez de “Formação”, refletindo o arranjo de subunidades sedimentares correlatas dentro do pacote (Alheiros, 1988; Silva e Machado, 2014; Silva *et al.*, 2020). No Sudeste brasileiro, poucas investigações detalharam as características locais do Grupo Barreiras; entre elas destacam-se os trabalhos de Moraes (2001; 2006), sobre fácies Barreiras no norte fluminense, e Mello (2019), sobre a



compartimentação dos tabuleiros barreirenses no sul capixaba. Em estudos geomorfológicos, com emprego de métodos de mapeamento em detalhe como os de Pereira *et al.* (2024), são mais raros ainda, evidenciando uma lacuna de pesquisa sobre o tema.

Apesar de sua importância científica e paisagística, falésias e paleofalésias sofrem pressões antrópicas intensas com loteamentos imobiliários, expansão urbana, turismo de massa, o que eleva sua vulnerabilidade e os riscos geotécnicos associados ao uso inadequado do solo (Brito, 2005; Silva *et al.*, 2020). Construções no topo ou na base dessas encostas podem agravar processos erosivos, aumentar a carga sobre os taludes e comprometer a estabilidade das escarpas. No caso brasileiro, muitas falésias costeiras de materiais pouco consolidados já apresentam história de colapsos ou deslizamentos. Um exemplo trágico ocorreu em 2020 na Praia de Pipa (RN), quando o desmoronamento de parte de uma falésia ativa e fragilizada pela erosão marinha na base causou a morte de três pessoas (Moreira, 2020). Episódio esse que ressaltou a urgência de avaliar e gerir adequadamente o risco geomorfológico em áreas de falésias ocupadas.

A paleofalésia da Praia Rasa, foco deste estudo, representa um caso emblemático. Localizada no limite municipal entre Cabo Frio e Armação dos Búzios (RJ), é um conjunto de escarpas costeiras relictas correspondente ao limite meridional da ocorrência de falésias composta pelo Barreiras ao longo do litoral brasileiro. Diante do exposto, esse trabalho tem como proposta integrar uma revisão atualizada sobre falésias em depósitos do Barreiras, mapear a morfologia da paleofalésia da Praia Rasa, diagnosticar indícios de instabilidade e recuo, avaliar uso e cobertura do solo e discutir a necessidade de seu enquadramento como APP e manejo do risco, em uma área de intensa pressão territorial, marcada por forte especulação imobiliária, disputas fundiárias e ocupações irregulares associadas à expansão urbana entre Cabo Frio e Armação dos Búzios. Trata-se de um setor com crescente circulação de pessoas, abertura de vias e implantação de empreendimentos nas proximidades da borda da escarpa, o que amplia a exposição de populações e infraestruturas a processos de instabilidade geomorfológica. A ausência de estudos sistemáticos em escala de detalhe e de instrumentos técnicos voltados ao ordenamento do uso do solo contribui para a naturalização do risco e para a recorrência de conflitos socioambientais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

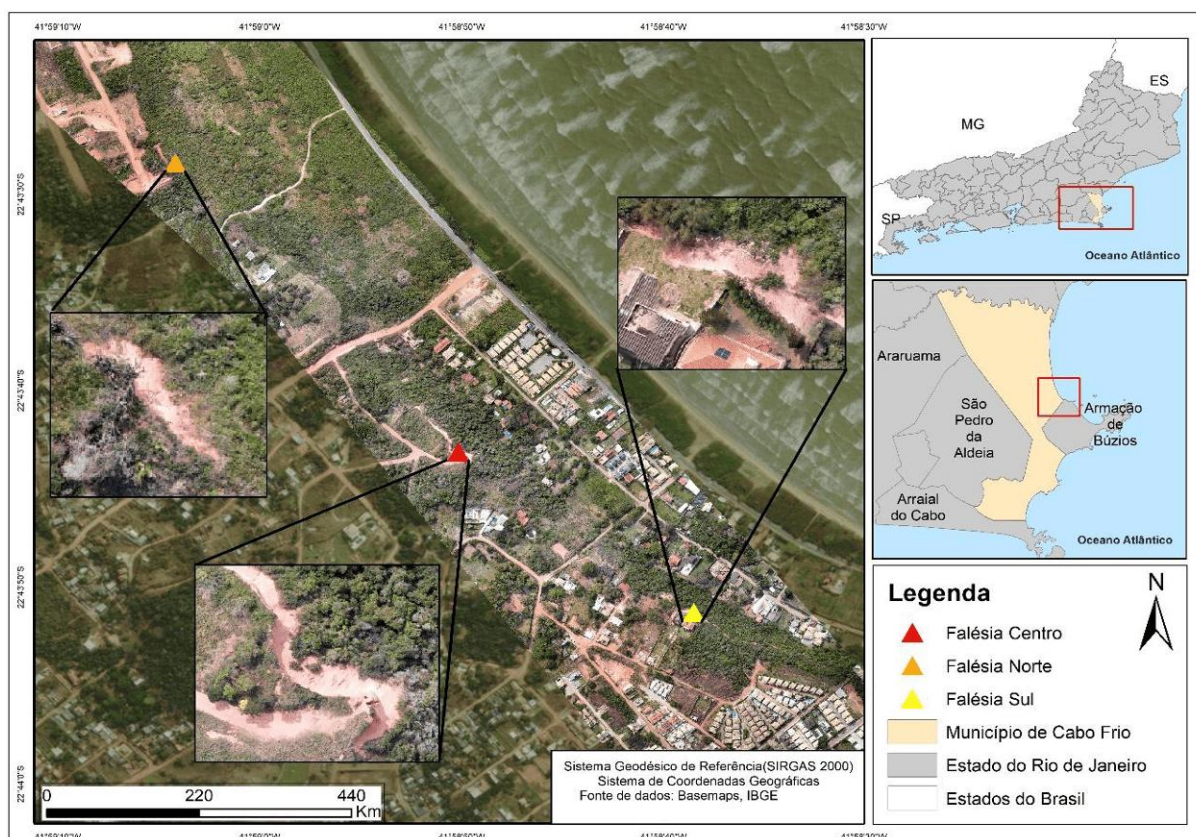


A estratégia metodológica adotada combinou três etapas principais: levantamento bibliográfico; aquisição de imagens aéreas por aeronave remotamente pilotada (ARP) e processamento fotogramétrico com modelagem 3D da área de estudo; e análise integrada dos dados geomorfológicos e de uso do solo.

2.1 Área de Estudo

A área em foco situa-se na localidade chamada Praia Rasa, ao norte do município de Armação dos Búzios e sul do distrito de Tamoios (Cabo Frio), no litoral leste do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo com recortes de imagens ortorretificadas nos trechos escarpados.



Fonte: Basemapas, IBGE. Elaborado pelos autores.

Ao longo do trecho em análise, identificam-se três setores com escarpas erosivas principais, denominadas aqui Falésia Sul, Falésia Centro e Falésia Norte, que

correspondem à trechos da paleofalésia mapeadas neste estudo. Cada setor apresenta um promontório ou crista mais elevada seguido de forte declive em direção à planície costeira, conformando os segmentos da escarpa relictas.

2.2. Levantamento Bibliográfico e Análise Preliminar

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre falésias costeiras e o Grupo Barreiras de modo que se conseguisse ter um panorama representativo para a costa brasileira. Esse levantamento visou consolidar os conceitos e critérios para identificação de falésias relictuais e ativas, compreensão de sua morfodinâmica e relação com a compartimentação do relevo regional, publicados em livros, dissertações, teses e artigos acadêmicos (e.g. Suguio, 1992; Moura-Fé, 2014; Mello, 2019; Maia *et al.*, 2022 entre outros) para estabelecer critérios diagnósticos e hipóteses de trabalho que orientassem a identificação e a comparação de falésias/paleofalésias, sua relação com o Barreiras e a interpretação dos dados de campo.

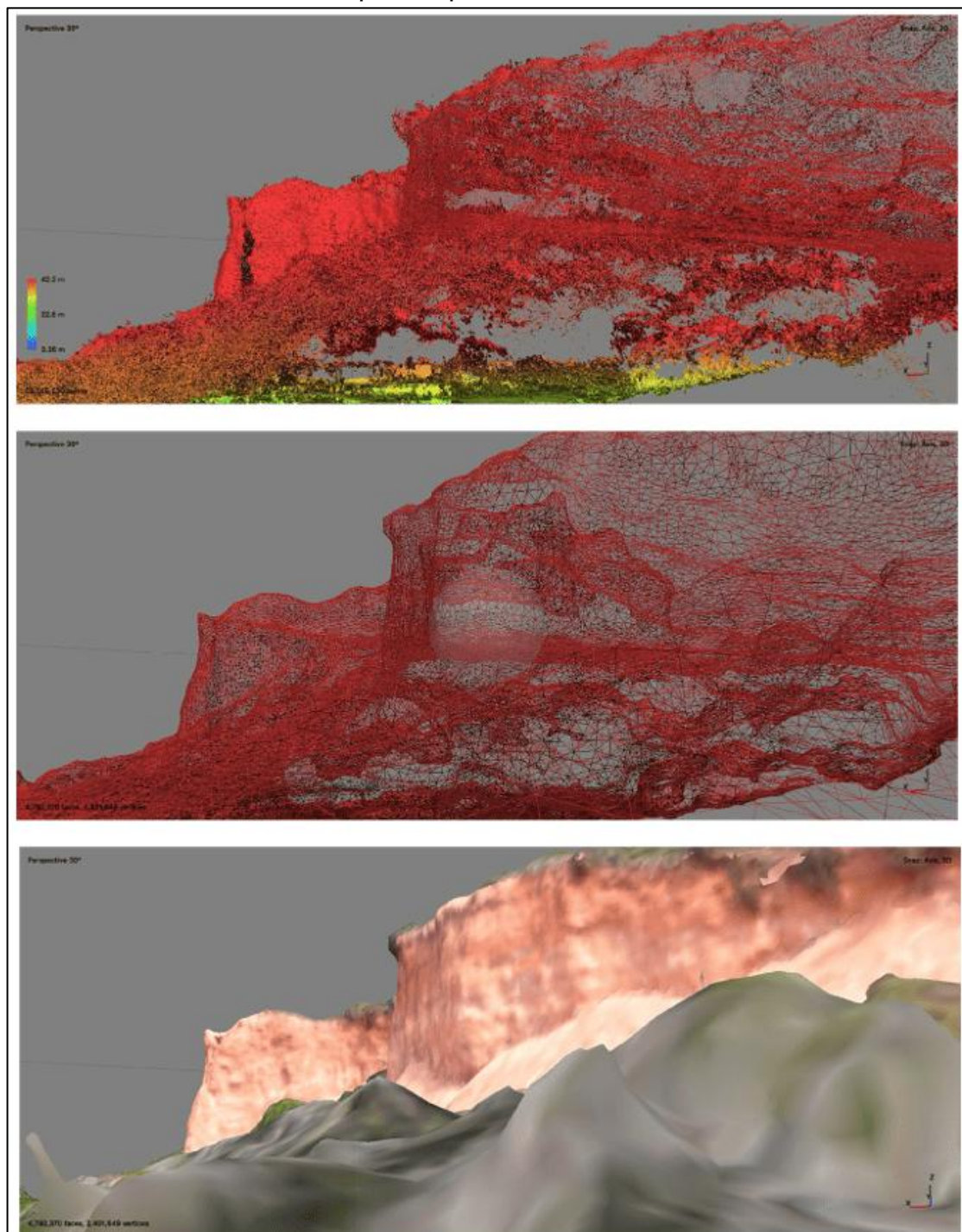
2.3. Levantamento Aerofotogramétrico

Para mapear a paleofalésia e sua morfologia, foi executado um levantamento aerofotogramétrico de alta resolução com ARP. O planejamento iniciou-se com análise de imagens de satélite (Google Earth Pro) e modelo de terreno SRTM, a fim de delimitar a área de interesse, abrangendo a escarpa e os terrenos adjacentes e estimar a altitude de voo. Em seguida, elaborou-se um plano de voo automatizado no aplicativo *Map Pilot Pro*, definindo um *grid* de cobertura que garantisse ampla superposição de imagens. Os parâmetros de aquisição foram: altura de voo em 120 m, sobreposição frontal/lateral de 80% e 70%, resultando em um *Ground Sample Distance* (GSD) médio de 3,3 cm/pixel. A área total foi de 0,6 km².

A ARP empregada foi um modelo DJI Air 2S. Por razões de segurança, não foram implantados marcos de controle em solo (GCPs) na área, decidiu-se evitar a circulação prolongada da equipe em áreas conflituosas ou de difícil acesso. Na ausência de pontos de controle em solo, adotou-se a acurácia planimétrica relativa do GNSS do drone (3 a 5 m) e pontos altimétricos de referência identificados no Google Earth Pro que integra dados SRTM, LiDAR e algoritmos de processamento avançados. Esses controles reduziram os erros altimétricos iniciais e foram suficientes para os objetivos do levantamento.



Figura 02 – Diferentes fases do processamento aerofotogramétrico, com visada oblíqua da escarpa da falésia na área de levantamento, simulando uma visão de um observador *in situ*. Na ordem descendente: Nuvem Densa de Pontos, Malha Triangular e Modelo Texturizado, etapas do processamento do modelo 3D



Fonte: Elaborado pelos autores.

As imagens aéreas foram processadas pelo software *Agisoft Metashape 2.1.2*, empregando técnicas de fotogrametria digital de *Structure from Motion – SfM* para reconstrução

tridimensional (Guisado-Pintado *et al.*, 2019). As etapas de processamento incluíram: alinhamento das fotos, geração de nuvem de pontos densa, malha poligonal e ortomosaico georreferenciado. Alguns dos produtos gerados foram: Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de aprox. 13 cm, malha triangular texturizada (aprox. 4,7 milhões de faces) representando as escarpas em 3D (Figura 02), e ortofotomosaico de alta definição (pixel = 3,3 cm). Realizou-se edição pontual da nuvem densa para eliminar ruídos (pontos espúrios), aplicando filtros de reconstrução e reprojeção do software. Desses produtos, foram extraídos os perfis topográficos, declividades e ortoimagem gerar o mapa de uso e cobertura do solo em ambiente SIG (ArcGIS 10.8).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Panorama geológico-geomorfológico

A revisão de literatura abrangeu uma série de trabalhos que abordam como tema central o Grupo/Formação Barreiras e falésias associadas, cobrindo diversas regiões do litoral brasileiro. Em termos gerais, constatou-se consenso de que os sedimentos Barreiras são um padrão essencialmente deposicional no Neógeno, com idades variando do Mioceno inferior ao Plioceno superior (23 a 2,5 milhões de anos). Praticamente todos os autores descrevem litologias arenosas a areno-argilosas, mal consolidadas, frequentemente apresentando mosqueados avermelhados ou amarelados em virtude de intemperismo e oxidação ferruginosa. Em algumas localidades, há menção a horizontes conglomeráticos na base e crostas lateríticas no topo, indicando pulsos deposicionais distintos e posterior cimentação (como em Furrier *et al.*, 2006).

A origem dos sedimentos do Barreiras é interpretada de forma variada em que muitos trabalhos sugerem aporte predominantemente continental flúvio-deltáico, enquanto outros evidenciam influências marinhas costeiras durante ingressões (Arai, 2006; Nunes *et al.*, 2011). Essa dualidade reflete os grandes movimentos eustáticos do Neógeno que controlaram o regime de deposição. Assim, o Grupo Barreiras é entendido como um depósito polifásico: resultante da progradação de frentes deltaicas e fluviais intercaladas com eventos transgressivos, o que explica sua extensão ao longo de milhares de quilômetros e a variação de fácies localmente.

Um ponto notável identificado no levantamento foi a diferença terminológica



empregada. No Nordeste, onde afloramentos Barreiras formam falésias ativas expressivas, é comum o uso de “Formação Barreiras” (e.g., Bezerra *et al.*, 2006; Mansur *et al.*, 2012; Moura-Fé, 2014; Morais, 2020, Maia *et al.*, 2022) para designar unidades sedimentares locais contínuas, às vezes incorporando o nome de subunidades. Já em contextos regionais amplos ou quando se enfatiza a heterogeneidade dos depósitos, diversos autores optam por “Grupo Barreiras” (e.g.; Rodrigues *et al.*, 2020), reforçando tratar-se de um conjunto de camadas sedimentares correlatas, em vez de uma formação única homogênea. Do ponto de vista geomorfológico, os estudos revisados destacam com consenso os tabuleiros costeiros como as principais feições e as formações de falésias costeiras associadas às bordas desses tabuleiros que expõe o pacote sedimentar do Barreiras.

3.2. Caracterização físico-ambiental regional e local

Adotando uma perspectiva integrada da paisagem, deve-se considerar os aspectos geológicos, pedológicos, biogeográficos, climáticos e socioculturais, que juntos condicionam as feições observadas. Geologicamente, a região insere-se no domínio do Complexo Búzios, unidade metamórfica de idade meso-neoproterozoica composta predominantemente por paragneisses (Heilbron *et al.*, 1982; Fonseca *et al.*, 1998). No cabo de Búzios afloram gnaisses costeiros com altitudes entre 30 e 80 m, enquanto a oeste encontra-se a baixada quaternária de Cabo Frio. Os sedimentos do Grupo Barreiras cobrem discordantemente partes do embasamento cristalino, formando tabuleiros e colinas suaves, compondo um arcabouço litológico local e bastante diversificado: rochas cristalinas pré-cambrianas (gnaisses granitoides e migmatitos) na península e substrato, recobertas parcialmente pelos arenitos argilosos neogênicos do Barreiras (CPRM, 2016). Essa geologia mista influencia a paisagem com morros arredondados em litologias resistentes contrastam com escarpas e ravinas desenvolvidas em depósitos sedimentares menos consolidados.

Nas proximidades imediatas da paleofalésia, afloram paragneisses e xistos Proterozoicos fortemente intemperizados (CPRM, 2016), sobre os quais se apoiam pacotes sedimentares areno-conglomeráticos atribuídos ao Barreiras (Morais, 2001). Essa heterogeneidade litológica cria contrastes de resistência e permeabilidade em que as rochas metamórficas formam colinas e costões mais resistentes, enquanto os sedimentos do Paleógeno/Neógeno, menos consolidados, esculpem relevo de escarpas e ravinas.

Segundo Morais (2001) e Morais *et al.* (2006), a origem (ou reativação) dessa



paleofalésia remonta a cerca de 5,1 mil anos AP, quando o nível médio do mar atingiu aproximadamente +3 m em relação ao atual, durante o máximo transgressivo holocênico. A posterior regressão marinha expôs definitivamente a escarpa, que hoje se encontra em torno de 300 m para o interior, separada da linha de costa moderna por uma estreita planície costeira. A presença desse relevo condicionou o surgimento de um ecossistema igualmente singular em sua base: o “mangue de pedra”, uma denominação popular e empregada por Moraes (2001) e Mansur *et al.* (2012) para designar um manguezal estabelecido sobre lajedos rochosos, longe de desembocadura fluvial. Esse manguezal é alimentado por descargas difusas de água doce do aquífero Barreiras presente na falésia adjacente (Mansur *et al.*, 2012). Trata-se de um ambiente de elevada importância ecológica e científica, embora atualmente bastante degradado e reduzido devido a ações antrópicas (desmatamento e aterramento irregulares, entre outros).

Do ponto de vista pedológico, a área abrange distintos compartimentos de solos correlacionados ao relevo. Sobre a planície costeira quaternária, predominam Neossolos quartzarênicos (areias quartzosas ácidas e pobres em nutrientes) com vegetação esparsa de restinga, além de Gleissolos háplicos em setores brejosos sujeitos a alagamento temporário (Dantas *et al.*, 2009). No sopé da falésia e em encostas abruptas, desenvolvem-se solos rasos e jovens, como Neossolos regolíticos eutróficos e Cambissolos, enquanto o topo dos tabuleiros da região é composto por Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo (Fontana *et al.*, 2022). Em conjunto, a diversidade de solos reflete a interação entre relevo, materiais de origem e clima, condicionando tanto a vegetação quanto os processos erosivos locais.

A cobertura vegetal natural da região foi originalmente classificada como Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Veloso *et al.*, 1991), também referida como Mata Litorânea Semicaducifólia (Farág, 1999). É uma formação florestal de transição, com dossel em torno de 8 a 12 m de altura e algumas árvores emergentes alcançando entre 15 e 18 m, apresentando perda parcial de folhas na estação seca. Atualmente, devido à fragmentação e ocupação, essa vegetação nativa subsiste de forma esparsa e secundária sobre a falésia e encostas adjacentes. Estudos regionais apontam que, nos topos dos tabuleiros costeiros, a vegetação original foi em grande parte substituída por pastagens ou capoeiras ralas devido ao solo pobre, enquanto nas encostas remanescentes há refúgios de flora nativa sob condições edafoclimáticas específicas (Dantas *et al.*, 2009).

A região possui um enclave semiárido (tipo BSh de Köppen), atípico para sua latitude, resultante da ressurgência de Cabo Frio (Coe e Carvalho, 2013). A pluviosidade

média é baixa (~800 mm/ano), com um longo período seco, enquanto a evaporação potencial (>1200 mm/ano) gera um déficit hídrico expressivo, mantendo a paisagem em semiaridez (Coe *et al.*, 2007). Os ventos alísios de NE, persistentes e carregados de aerossóis marinhos (salsugem), promovem a salinização superficial dos solos e influenciam a fisionomia da vegetação, que apresenta porte atrofiado e folhas coriáceas. Esse regime também intensifica a erosão eólica nas áreas expostas. Assim, o clima seco e ventoso impõe dificuldade no crescimento da cobertura vegetal, onde a erosão pode avançar mais rapidamente que a recuperação de áreas desmatadas.

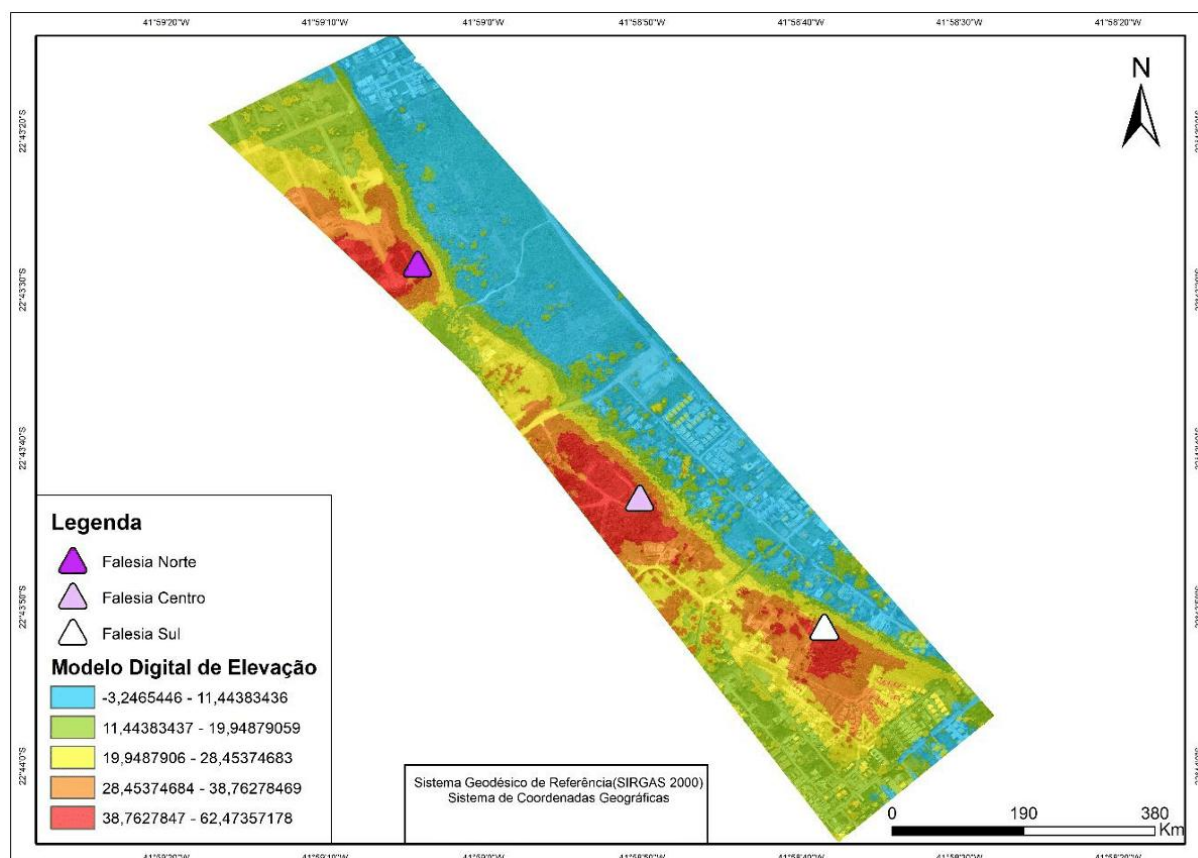
Por fim, sob o ponto de vista sociocultural, a área da Rasa abriga comunidades tradicionais remanescentes, incluindo quilombolas e pescadores artesanais, que historicamente utilizam os recursos da planície costeira e da falésia. Nas últimas décadas, contudo, segundo Pereira (2013), essas comunidades vêm sofrendo forte pressão da expansão urbana de Búzios, um dos principais destinos turísticos do estado do Rio de Janeiro. Empreendimentos imobiliários e ocupações irregulares avançam sobre terras tradicionais da Rasa, gerando conflitos fundiários e denúncias de desterritorialização das populações locais, conforme relatado em JFRJ (2024) e Vaz (2021). Além do impacto sociocultural, a ocupação da borda da falésia por residências e estradas aumenta o risco de acidentes geológicos, dada a instabilidade inerente de taludes íngremes e pouco consolidados. De fato, imagens de satélite e vistorias apontam desmatamento na faixa de ocorrência da falésia e construções muito próximas à sua borda (Folha dos Lagos, 2018).

3.3. Análise geomorfológica das falésias da Rasa

A análise concentrou-se em caracterizar a morfometria da escarpa (alturas, declividades, perfis transversais) e identificar indícios de processos erosivos ou instabilidades em curso. Para facilitar a descrição, consideraram-se três segmentos principais: falésia Sul, Central e Norte – correspondentes às elevações destacadas ao longo do alinhamento escarpado (Figura 03). Os perfis topográficos extraídos do MDE para cada segmento estão ilustrados na Figura 06, que também situa suas posições ao longo da crista da falésia.

Figura 03 – Mapa construído a partir do Modelo Digital de Elevação da área





Fonte: (SIRGAS, 2000). Elaborado pelos autores.

De maneira geral, os resultados mostram que a paleofalésia forma um alinhamento aproximadamente retilíneo de direção SE–NW, com extensão total de cerca de 1 km. As cotas de topo variam entre 35 m e 55 m acima do nível do mar, enquanto a planície adjacente ao pé da escarpa situa-se entre 2 e 5 m de altitude. O Perfil Sul (extremidade sudeste da falésia) revela uma elevação máxima de 39 m em relação à base local. Nesse trecho, a escarpa apresenta declividade extremamente acentuada com trechos praticamente verticais, atingindo 90° em curtas seções. A inclinação média entre a base e o topo, calculada integrando segmentos menos íngremes, situa-se entre 40° e 52° (duas estimativas obtidas para sub-trechos do perfil) (Figura 06).

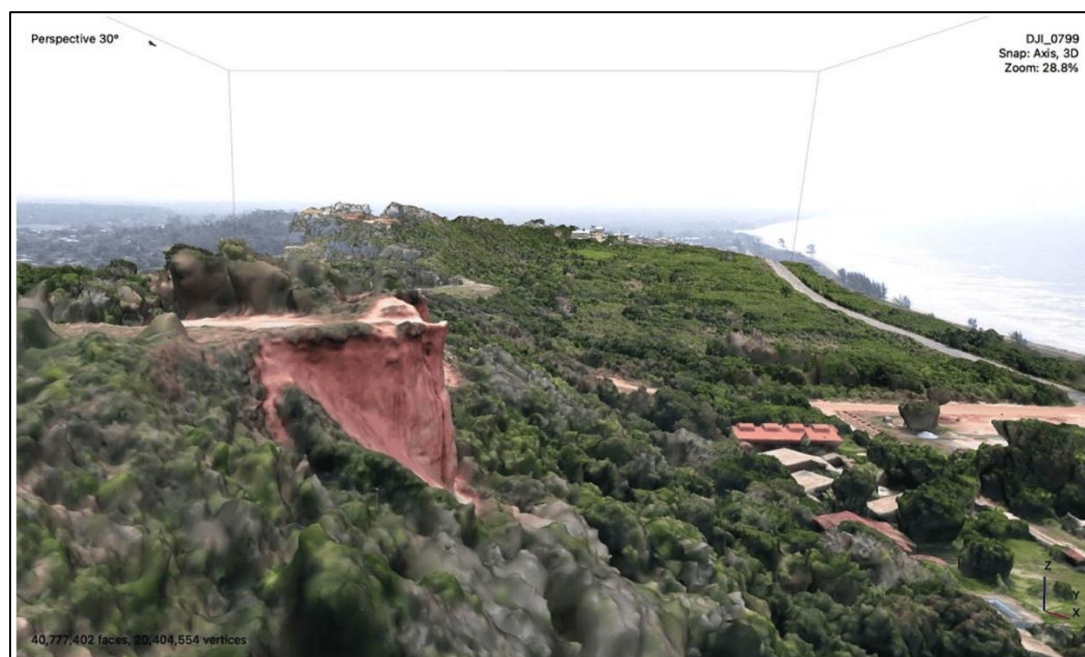
Em campo, observou-se que a face exposta exhibe camadas de material argiloso e níveis cascalhosos intercalados, com evidências de colapsos recentes com blocos e detritos acumulados formam um depósito de tálus na base. Esse talude de detritos indica que processos gravitacionais (desprendimentos de placas, escorregamentos superficiais) estão ativos no recuo da falésia. Vale destacar que no setor sul há ocupação urbana muito próxima à borda – uma residência situa-se a poucos metros do precipício, em área de solo argiloso, que também pode ser observada no perfil transversal a falésia. Essa proximidade

configura uma situação de risco geotécnico em que o avanço de fissuras ou um colapso repentino da face poderia atingir a edificação.

O Perfil Central corresponde ao ponto mais elevado da paleofalésia, atingindo cerca de 55 m de altura relativa. Conforme a Figura 06, esse segmento exhibe uma face abrupta e imponente: nos 16 m superiores, a declividade beira os 84° , configurando praticamente uma parede vertical. Abaixo dela, a encosta ainda é bastante inclinada, resultando numa inclinação média de 42° do topo à base. Trata-se da seção mais escarpada e contínua entre os três setores.

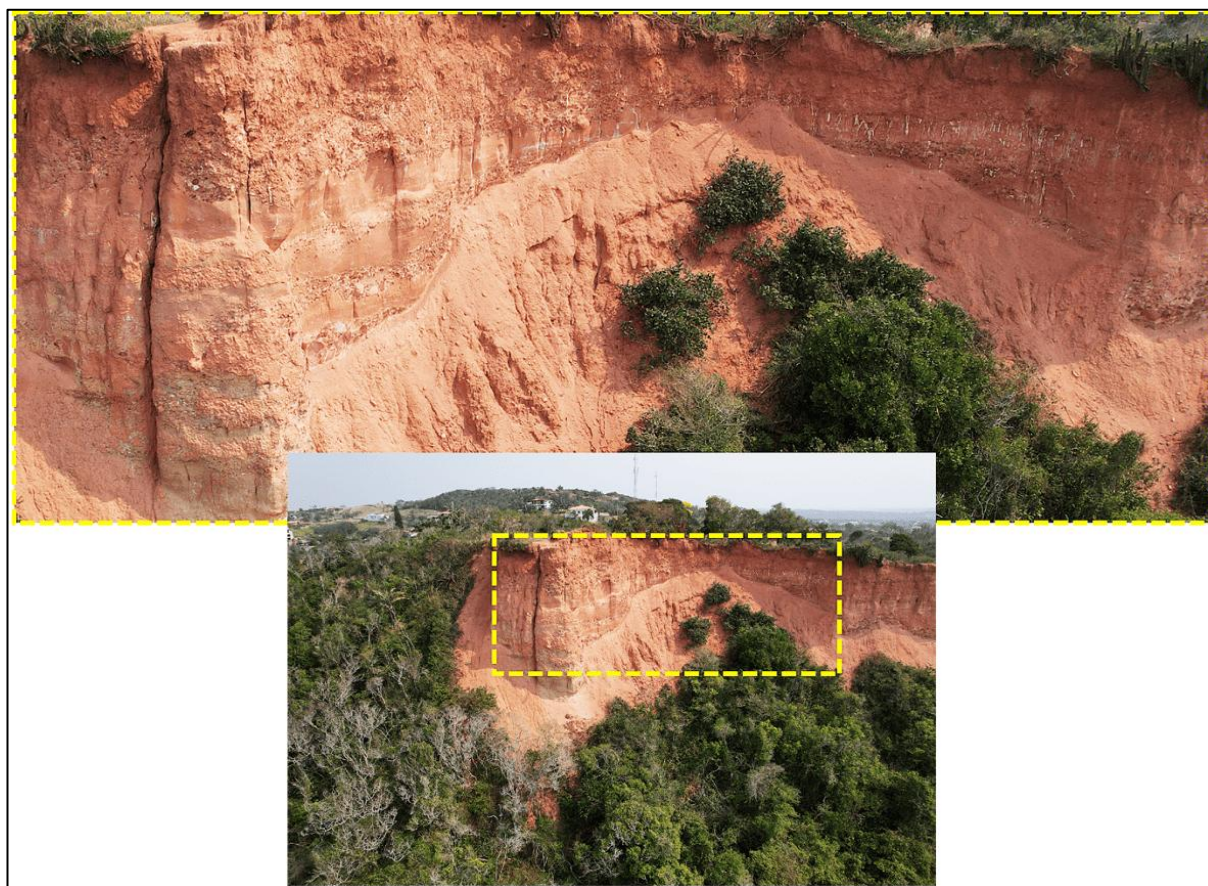
A fotointerpretação e imagens oblíquas de drone (Figuras 04 e 05) evidenciam diferentes litofácies expostas: camadas sub-horizontais de conglomerados polimíticos e arenitos argilosos, com tonalidades variando de creme a avermelhado, típicas do Grupo Barreiras na região (Morais, 2001). Esse perfil central não possui ocupações próximas à bora da escarpa, o que contrasta com os segmentos sul e norte onde há construções próximas. Ainda assim, a instabilidade natural é perceptível, onde material sedimentar se acumula em um ângulo de repouso sobre vegetação, bem na base da escarpa desnuda, sugerindo deslizamentos de pequena escala.

Figura 04 – Fusão entre o Modelo Texturizado e Imagem aérea oblíqua, mostrando a escarpa da Falesia Central



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 05 – Imagem frontal da paleofalésia central, mostrando diferentes litofácies

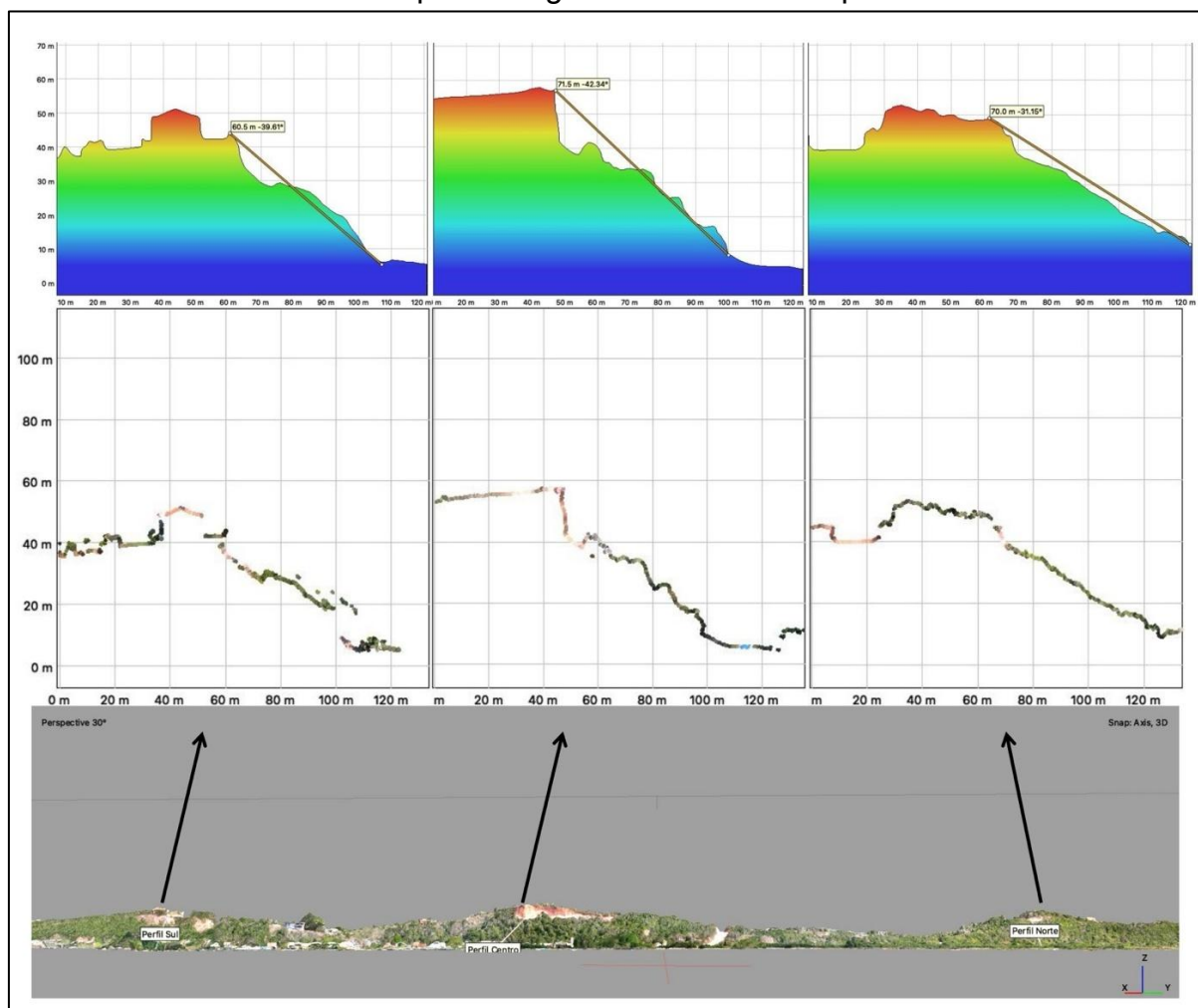


Fonte: Elaborado pelos autores.

O Perfil Norte (extremidade noroeste da paleofalésia) apresenta características um pouco distintas. A altura da escarpa atinge 41 m, portanto intermediária entre os outros segmentos. A declividade média geral do topo à base é da ordem de 32° , menor que nos outros perfis devido à provável presença de uma rampa sedimentar na base, onde materiais desmoronados se acumularam gradativamente (Figura 06). No entanto, na porção superior do perfil norte há um trecho escarpado com 20 m de altura e inclinação de 52° , indicando um escarpamento ainda significativo. A diferença aqui é que a base da falésia norte se conecta suavemente à planície por meio de colúvios e sopés mais amplos, o que permite inclusive maior cobertura vegetal encosta acima. Isso sugere que este setor pode estar relativamente mais estabilizado, possivelmente por ser ligeiramente côncavo, retendo material, e menos exposto à escoamento superficial e movimentos gravitacionais.

Figura 06 – Perfis topográficos sul, centro e norte, respectivamente, elaborados a partir do modelo digital de elevação e da nuvem de pontos texturizada. Na base da figura a

visão frontal pelo modelo 3D texturizado, com setas indicando onde se encontram os perfis longo da crista de escarpa



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados integrados dos três perfis reforçam que a paleofalésia da Praia Rasa mantém atributos geomorfológicos típicos dessa feição, conforme demais áreas do litoral brasileiro: escarpas com declividades elevadas, presença de depósitos de colapso ao pé e traçado linear contínua de sua borda ou crista. A distribuição dos depósitos de tálus indica que, embora seja uma falésia “fóssil” (isto é, não mais tocada diretamente pela ação das ondas), a escarpa permanece em evolução com recuo por gravidade ou erosão pluvial. Em materiais pouco consolidados como os do Grupo Barreiras, é comum que falésias fósseis continuem recuando por muitos séculos após isoladas do contato marinho (Brito, 2005).

Neste caso, a elevação topográfica e o intervalo relativamente curto desde o episódio transgressivo (aprox. 5 mil anos, conforme Mansur *et al.*, 2012) explicam por que a morfologia de falésia ainda está bem preservada. A observação de camadas sedimentares inclinadas e contatos erosivos expostos sugere, inclusive, que estudos sedimentológicos

detalhados poderiam extrair destes perfis informações sobre os paleoambientes do Mioceno-Plioceno na região. Entretanto, no escopo deste trabalho, o foco recai sobre as implicações prático-ambientais: confirmada a natureza de falésia costeira dessa escarpa, reforça-se seu enquadramento legal como APP e a necessidade de manejo preventivo de riscos. A continuidade do recuo erosivo, evidenciada pelas feições supracitadas, significa que áreas no topo da falésia podem vir a colapsar futuramente, principalmente sob gatilhos como chuvas intensas ou vibrações de obras, caso não haja intervenções de estabilização ou uso do solo adequado.

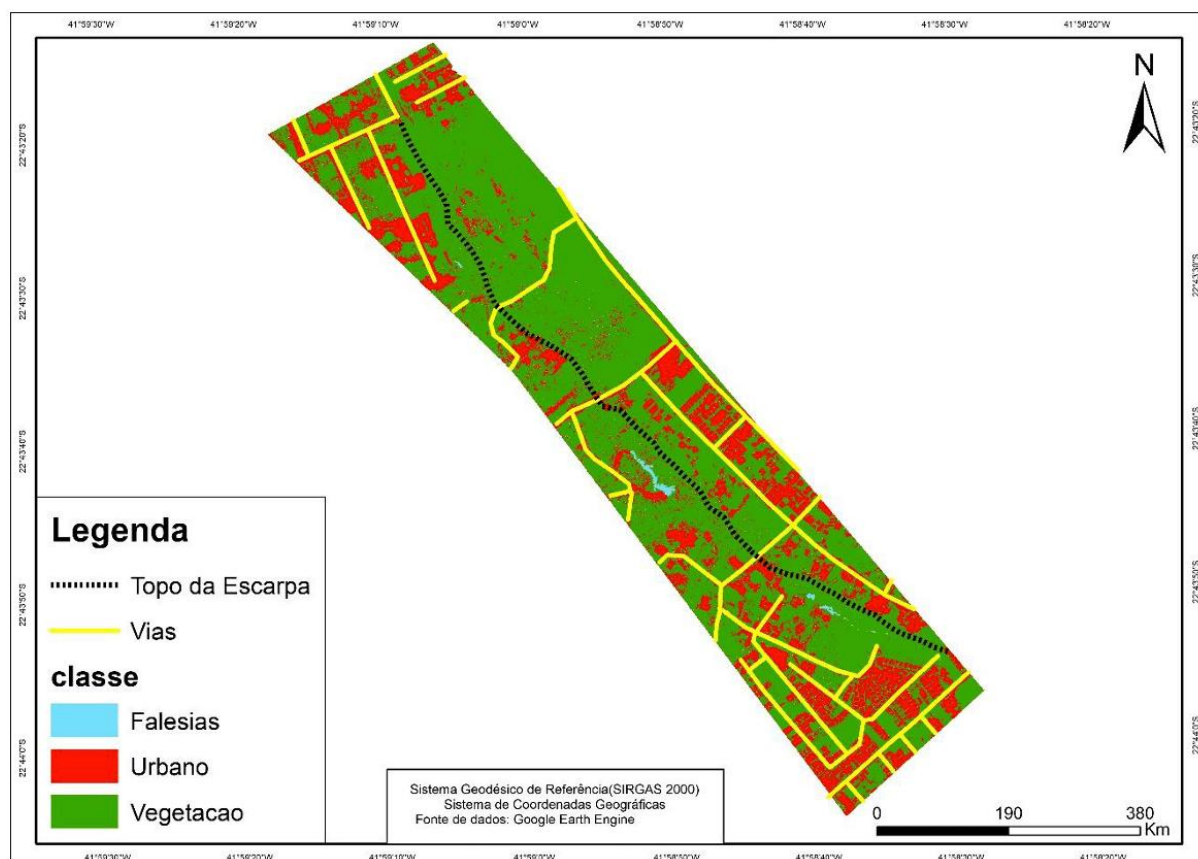
O mapa de uso e cobertura (Figura 07) sintetiza a pressão antrópica sobre a paleofalésia e seu entorno. A classificação supervisionada por Random Forest alcançou alta acurácia ($Kappa \approx 0,83$) e distinguiu três classes principais: áreas urbanizadas/construídas, vegetação (nativa ou em regeneração), e superfície de falésia exposta. Quantitativamente, a vegetação ocupa cerca de 70,4% da área mapeada ($\approx 0,417 \text{ km}^2$), concentrada nas encostas e em trechos não edificadas da planície. As áreas urbanizadas abrangem 29,3% ($\approx 0,173 \text{ km}^2$), predominando no topo da escarpa e ao longo de vias marginais. A classe falésia exposta representa 0,4% ($\approx 0,0022 \text{ km}^2$), restringindo-se à estreita faixa linear de solo descoberto e afloramentos ao longo da escarpa. Em termos funcionais, a predominância de cobertura vegetal sugere papel estabilizador relevante sobre os taludes, enquanto a expressiva participação do uso urbano indica potencial risco de usos na borda do relevo.

A interpretação espacial do mapa revela aproximações críticas de ocupações à crista da falésia, especialmente no setor centro-sul, onde loteamentos chegam a 5 - 10 m do limite de ruptura. Identificam-se ainda cortes de estradas e trilhas na vertente e sinais de desmatamento recente, coerentes com registros de notícias locais de 2018 (Folha dos Lagos, 2018). Essas intervenções reduzem a coesão do solo, intensificam o escoamento concentrado e podem atuar como gatilhos de instabilidade, sobretudo quando combinadas com carga adicional de edificações e retirada de cobertura vegetal.

Evidências como essas confirmam esse padrão de degradação induzida por ocupação no topo, com impermeabilização, infiltração concentrada e vibrações favorecendo trincas, ravinas e movimentos de massa (Silva *et al.*, 2020; Câmara e Silva, 2021), configurando um quadro de risco que exige ordenamento e medidas preventivas compatíveis com a fragilidade da feição.

Figura 07 – Mapa de uso e cobertura do solo no perímetro estudado





Fonte: SIRGAS (2000). Elaborado pelos autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo caracterizou a paleofalésia da Praia Rasa como escarpa costeira relictas entalhada em sedimentos do Grupo Barreiras, formada sob nível marinho holocênico mais elevado. Trata-se de ocorrência singular no Sudeste brasileiro e, ao que tudo indica, o limite meridional das falésias associadas ao Barreiras no litoral do país. A morfologia preservada, a exposição de litofácies típicas e os indícios de recuo por processos subaéreos confirmam sua natureza de falésia, ainda que hoje afastada dos processos costeiros atuantes. Depósitos de talus, ravinas e trechos de solo exposto evidenciam instabilidade ativa e sustentam a interpretação geomorfológica e funcional da feição.

Do ponto de vista territorial, o enquadramento como Área de Preservação Permanente, conforme Resolução CONAMA 303/2002 e Código Florestal, é inequívoco. Isso demanda controle rigoroso do uso do solo, com especial atenção à borda superior da escarpa, onde foram registrados avanços de parcelamentos, supressão de vegetação e obras próximas ao talude.

Quanto à gestão do risco, podem ser apontadas prioridades preventivas, como:

estabelecer faixas de recuo e servidões de proteção no topo, implantar drenagem pluvial que evite concentração de fluxos sobre a escarpa, manter cobertura vegetal contínua e promover restauração com espécies nativas em trechos degradados. Para trechos críticos, o monitoramento geomorfológico periódico da estabilidade, por topografia ou aerofotogrametria, podem ser opções de trabalhos futuros e, quando necessário, medidas de adaptação ou relocação assistida de moradias expostas ao risco.

A conservação da falésia também resguarda serviços ecossistêmicos e valores socioculturais locais. O mangue de pedra e as descargas aquíferas na base dependem da integridade geomorfológica da escarpa, enquanto comunidades tradicionais quilombolas e de pesca artesanal devem participar das decisões de manejo.

Em síntese, este trabalho procurou oferecer uma base técnico-científica preliminar para a proteção integral da paleofalésia da Rasa e para a mitigação de riscos associados, contribuindo com diretrizes práticas ao planejamento ambiental, e servindo de referência metodológica para trechos costeiros análogos no Sudeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS M.M.; LIMA FILHO M.F.; MONTEIRO F. A. J.; OLIVEIRA FILHO J. S. 1988. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: **Anais...** Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, PA, Brasil 2: 753-760.

AMADOR, E. S. Depósitos relacionados à unidade inferior do Grupo Barreiras no Estado do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31. **Anais...** Salvador: CBG, 1982. p. 530-541, 1982.

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

BEZERRA, F. H. R.; MELLO, C. L.; SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, 2006.

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. 2 ed. Malden: John Wiley & Sons, 2008.

BRITO, R. **Indicadores de qualidade do solo em ambientes de tabuleiros costeiros na região Norte Fluminense, RJ**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2005. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/11221>.

CÂMARA, I. F. SILVA, R. Mapeamento e evolução da ocupação irregular em falésias do litoral leste cearense, Nordeste do Brasil. **Revista Geociências**, v. 40, n. 4, p. 1033 – 1046, 2021.

COE, H. H. G.; CARVALHO, C. N. de; SOUZA, L. O. F.; SOARES, A. Peculiaridades ecológicas da região de Cabo Frio, RJ. **Revista Tamoios (Online)**, julho, p. 1-20, 2007.

COE, H. H. G.; CARVALHO, C. N. de. Cabo Frio - um enclave semiárido no litoral úmido do estado do Rio de Janeiro: respostas do clima atual e da vegetação pretérita. **Geosp - Espaço e Tempo**, v. 33, p. 136-151, 2013.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais**. HEILBRON, M. Eirado, L. G., Almeida, J. Orgs. Belo Horizonte: CPRM, 2016. 182 p.

DANTAS, H; LIMA, H; BOHRER, C. Mapeamento da vegetação e da paisagem do município de Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 1, p. 25–38, mar. 2009.

FARÁG P. R. C. **Estrutura do estrato arbóreo de mata litorânea semicaducifolia sobre solo arenoso no município de Búzios, RJ**. Rio de Janeiro, 87p., Dissertação (Mestrado em Botânica) Museu Nacional UFRJ, 1999.

FOLHA DOS LAGOS. **Desmatamento ameaça região da falésia em Maria Joaquina**. Folha dos Lagos, Cabo Frio, 13 jun. 2018. Disponível em: <https://www.folhadoslagoes.com/geral/desmatamento-ameaca-regiao-da-falesia-em-maria-joaquina/9100/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FONSECA, M. J. G. **Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo**. Rio de Janeiro: DNPM, 1998. 141p. Escala 1:400.000.

FONTANA, A. BRITO, R. J.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 291-297, 2022.

FURRIER, M., ARAÚJO, M. E. de; MENESES, L. F. de. Geomorfologia e tectônica da formação Barreiras no Estado da Paraíba. 2006. **Geologia USP. Série Científica**, 6(2), 61-70. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300008>

GARCIA, M. de F. S. **Mineralogia de solos e sedimentos do Grupo Barreiras do Litoral Norte da Bahia**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2015.

GUISADO-PINTADO, E.; JACKSON, D. W. T.; ROGERS, D. 3D mapping efficacy of a drone and terrestrial laser scanner over a temperate beach-dune zone. **Geomorphology**, v. 328, p. 157–172, 2019.

HEILBRON, M.; SIMÕES, L.S.A; ALVES, R.P.; CHRISPIM, S.J. Geologia do Cabo dos Búzios. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1982. Rio de Janeiro, v. 54, n.3, p. 553-562.



JUSTIÇA FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Quilombo da Rasa: Justiça Federal fecha acordo para resolver caso que se arrasta há 20 anos. **Justiça Federal - 2ª Região, 23 set. 2024**. Atualizado em 24 set. 2024. Disponível em: <https://www.trf2.jus.br/jfrj/noticia/2024/quilombo-da-rasa-justica-federal-fecha-acordo-para-resolver-caso-que-se-arrasta>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MAIA, R. P; AMORIM, R. F; MEIRELES, A. J. H. **Falésias**: origem, evolução, risco. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. (Coleção Estudos Geográficos). ISBN 978-85-7485-397-0.

MANSUR, K.; GUEDES, E.; ALVES, M. da G.; NASCIMENTO, V.; PRESSI, L. F.; COSTA JR., N.; PESSANHA, A.; NASCIMENTO, L. H.; VASCONCELOS, G. Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ): proposta. In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R.da (Org.). **Geoparques do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. Cap. 19, p. 687-745. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/17154/1/costoeselagunasdorj.pdf>.

MELLO, W. **Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do Espírito Santo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/6820>.

MORAIS, R. M. O. **Estudo Faciológico da Formação Barreiras na região entre Maricá e Barra de Itabapoana, Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

MORAIS R M.O.; MELLO, C. L.; COSTA, F. O.; SANTOS, P, F. Fácies Sedimentares e Ambientes Depositionais Associados aos Depósitos da Formação Barreiras no Estado do Rio de Janeiro. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, n.2, p.19-30, 2006.

MORAIS, A D. **Propriedades geotécnicas de sedimentos da formação barreiras e análise de estabilidade de falésias considerando a condição não saturada**: estudo de caso em Barra de Tabatinga/RN. 2020. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

MOREIRA, J. A. Brasil. Três mortos após desabamento de falésia na Praia de Pipa. **Diário de Notícias**, 17 nov. 2020. Disponível em: <https://www.dn.pt/arquivo/diario-de-noticias/brasil-tres-mortos-apos-desabamento-de-falesia-na-praia-de-pipa-13045394.html>. Acesso em: 23 ago. 2025.

MOURA-FÉ, M. Barreiras: Série, Grupo ou Formação? **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, n.06, p.1055-1061, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/233079/26996>.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. 2001. **Geomorfologia do Brasil**. Editora Bertrand Brasil, 2a edição, Rio de Janeiro. 273-349, 2001.

NUNES, F. C.; CARVALHO, C. C. N.; VILAS BOAS, G. S.; SILVA, E. F.; MAFRA, A. L.; ANDRADE, J. J.; VITAL, S. R. O Solos Vermelhos e Amarelos Coesos de Tabuleiros Costeiros: Gênese, Evolução e Influência da Neotectônica. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 294–314, 2019. DOI: 10.14393/RCG207241145.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. da S. **Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo**. Documentos 194. Cruz das Almas: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/937565/1/BPD194GrupoBarreiras.pdf>.

PEREIRA, E. S.; SANTOS, C. A. dos; VARGAS, R.; COUTINHO, I. P. de O.; MANSUR, K. L.; ARAÚJO, J. C. de; CAMBRA, M. F. E.; SANTOS, E. E. de S.; FERNANDEZ, G. B.; MICHELOTTI, P.; DIAS, F. F. Coastline variations on a section of a coast dominated by cliffs: Past, current and future changes in the municipality of São Francisco de Itabapoana, Brazil. **Evolving Earth**, v. 2, e100037, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.eve.2024.100037>.

ROSSETTI, D.; GÓES, A. Marine influence in the Barreiras Formation, State of Alagoas, northeastern, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (2009) 81(4): 741-755.

SANTOS JR, O. F.; COUTINHO, R. Q.; SEVERO, R. N. F. Propriedades geotécnicas dos sedimentos da formação barreiras no litoral do Rio Grande do Norte - Brasil. **Geotecnia**, n. 134, p. 87-108, jul. 2015. DOI: 10.24849/j.geot.2015.134.05.

SILVA, S. F., MACHADO, M. F. **Geodiversidade do estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM, 2014. 119 p.

SILVA, R. R.; PINHEIRO, L. S.; XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O. Mapeamento LIDAR nas falésias costeiras do litoral cearense (Nordeste Do Brasil). **Geociencias**, v.39, N. 2, p.463-479, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/58067>

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha** (com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol). T.A. Queiroz, 171 p, 1992.

TEREFENKO, P.; GIZA, A.; ŚLEDZIOWSKI, J.; PAPROTNY, D.; BUČAS, M.; KELPŠAITĖ-RIMKIENĖ, L. Classification of soft cliff dynamics using remote sensing and data mining techniques. **Science of the Total Environment**, v. 947, 174743, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.174743.

VAZ, A. **Diálogos e saberes: por uma educação das relações étnico-raciais na Comunidade Remanescente de Quilombo da Rasa em Armação dos Búzios/RJ**. Tese (Doutorado em Políticas Sociais) – Centro De Ciências do Homem, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2021. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/politicas-sociais/wp-content/uploads/sites/11/2022/10/ANA-CAROLINA-DE-SOUSA-VAZ.pdf>.



VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv22380.pdf>.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

