



GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DAS CONDIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DO MORRO DO CARECA ANTES DO ATERRO HIDRÁULICO DA PRAIA DE PONTA NEGRA

Humberto Cordeiro da Silva Nelo ¹
Werllen Franklin dos Santos Silva ²
Harleyson Hendrix Santos Bezerra ³
Rodrigo de Freitas Amorim ⁴
Silvio Braz de Souza ⁵
Eduardo Queiroz de Lima ⁶

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise geomorfológica do campo de dunas onde se insere o Geomorfossítio do Morro do Careca, em Natal (RN), caracterizando sua condição morfométrica antes do início da obra de aterro hidráulico da Praia de Ponta Negra (2024). A metodologia baseou-se em dados coletados com uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) equipada com sensores LIDAR (DJI Zenmuse L1) e RGB (DJI Zenmuse P1). A partir de técnicas de geoprocessamento, foram identificados elementos como *blowouts* e corredores de deflação eólica, e extraídos parâmetros morfométricos da estrutura. O processamento da nuvem de pontos LIDAR revelou que o topo do Morro do Careca possuía cota altimétrica de 72,46 metros e uma abertura de 66 metros na sua face de topo (Nordeste). Na base da duna, observou-se um afunilamento da faixa de areia exposta para 28,2 metros, além de uma falésia erosiva com 2,24 metros de altura. O perfil topográfico evidenciou uma morfologia de duna *bypass*, modelada pela direção predominante dos ventos de Sudeste, que transportam sedimentos da face de barlavento (Sudeste), de perfil suave, para a face de sotavento (Noroeste), mais íngreme. A análise classifica o Morro do Careca como um geopatrimônio dinâmico e suscetível à morfodinâmica costeira. A ocupação urbana no entorno, que avança até 22,7 metros de sua base, aponta para a necessidade de avaliação dos impactos paisagísticos e no balanço sedimentar. O contexto sugere que a colaboração entre a academia e os órgãos ambientais é necessária para aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica local e subsidiar o desenvolvimento de ações de preservação para o geomorfossítio.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, humbertocord@gmail.com;

² Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, werllenfranklin@gmail.com;

³ Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, harleysonhask@gmail.com;

⁴ Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - RN, rodrigo.freitas@ufrn.br;

⁵ Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - RN, silvio.braz@ufrn.br;

⁶ Técnico de laboratório em Geoprocessamento da UFRN, eduqlima@yahoo.com.br.



INTRODUÇÃO

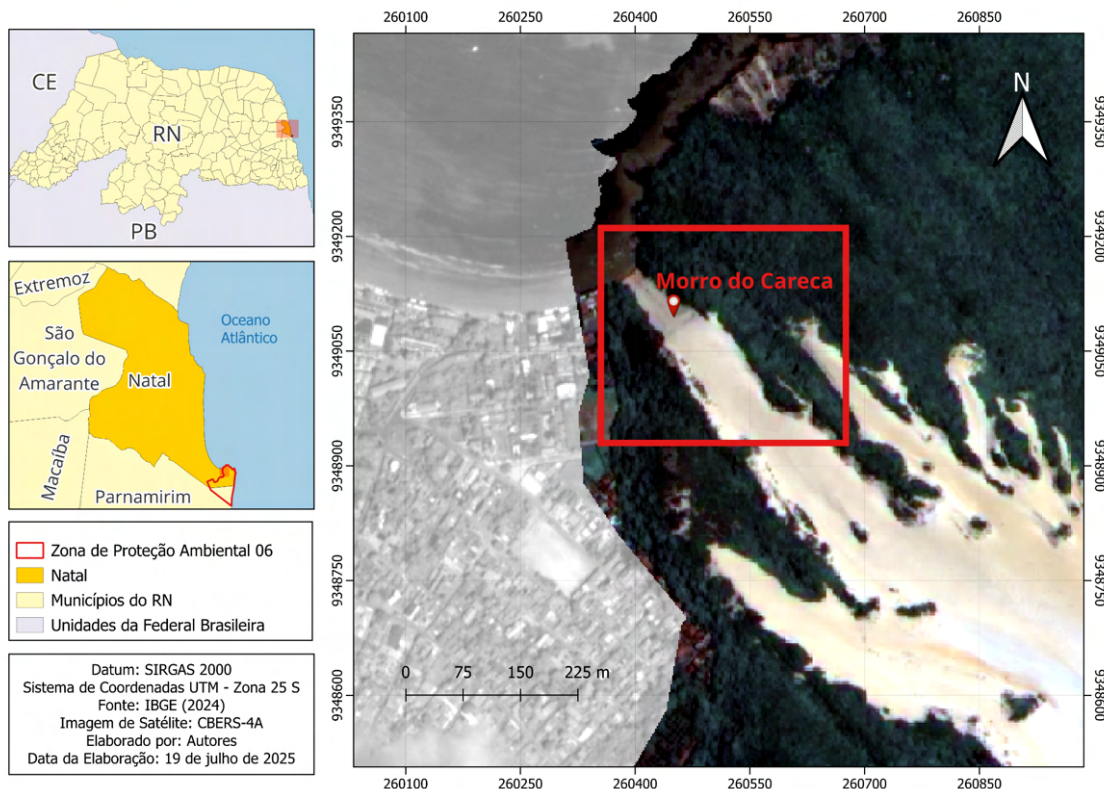
Os pontos turísticos costeiros desempenham um papel crucial na economia e cultura de muitas regiões litorâneas ao redor do mundo, oferecendo uma conexão direta com a natureza e atraindo turistas em busca de praias paradisíacas, paisagens únicas e experiências memoráveis (Carvalho, 2018). No Nordeste brasileiro, um dos principais atrativos é o Morro do Careca. A duna, que possui vegetação de Mata Atlântica e Restinga, está situada na Praia de Ponta Negra e é banhada pelo Oceano Atlântico. Destaca-se pela beleza cênica, que a torna um dos cartões-postais da cidade e do Rio Grande do Norte (RN), atraindo milhares de visitantes anualmente (FORTES; BEZERRA, 2018).

A duna, segundo Guerra (1997), é definida como uma acumulação de areia formada pela ação do vento, que transporta e deposita os grãos, majoritariamente de quartzo. Tais feições eólicas caracterizam-se pela contínua mobilidade dos sedimentos, o que resulta em uma morfometria variável. Contudo, a intensificação de processos de erosão costeira no local, associada a fatores como as mudanças climáticas, a urbanização do entorno e as atividades turísticas, motivou análises técnicas que resultaram na implementação de uma obra de engenharia costeira para alimentação artificial da praia (engorda).

Segundo Santos *et al.* (2024), de acordo com esses estudos, a morfologia do morro vem sofrendo modificações significativas: entre 2006 e 2023, observou-se uma perda de 2,7 metros na altitude da duna e um recuo de 318,5 m² na linha da base da escarpa, exposições que tornam a feição ainda mais suscetível aos agentes erosivos e aceleram a degradação do local. A intensificação da erosão e o desequilíbrio sedimentar observados no Morro do Careca refletem desafios mais amplos relacionados ao manejo e à conservação da zona costeira brasileira.

O Morro do Careca, localizado na praia de Ponta Negra — bairro homônimo na zona administrativa sul da cidade de Natal, Rio Grande do Norte —, está situado na zona de sombra característica de uma baía em enseada de promontório (Silvester; HSU, 1997). Ele apresenta faces a montante (Sudeste) e a jusante (Noroeste), estando inserido no contexto da ZPA-06 (Zona de Proteção Ambiental) (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, Morro do Careca, em Natal (RN).



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Este trabalho tem como objetivo efetuar uma análise geomorfológica de um campo de dunas, onde está inserido o Geomorfossítio do Morro do Careca, cartão postal da cidade de Natal (RN), adotando dados anteriores ao início da obra de aterro hidráulico da Praia de Ponta Negra (2024).

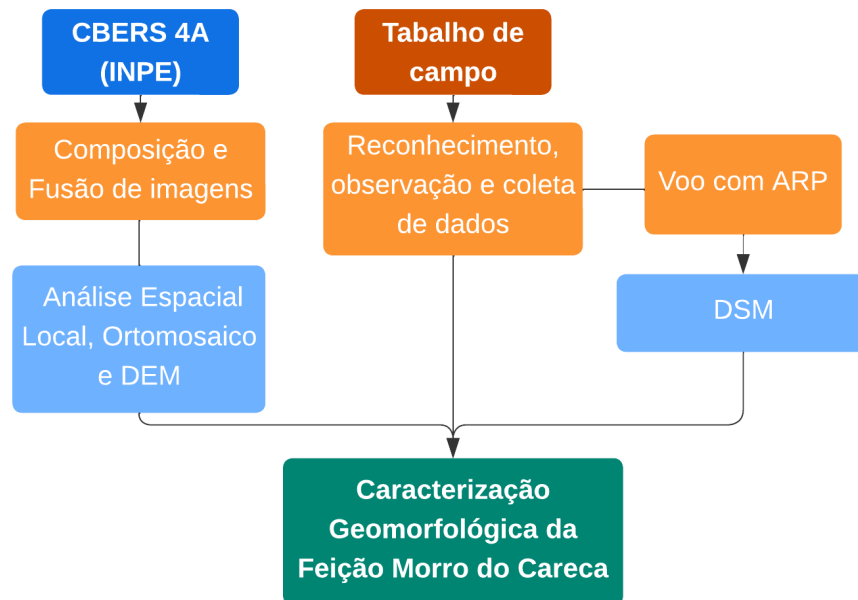
METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia proposta para a análise geomorfológica do Morro do Careca envolveu uma abordagem integrada que combinou pesquisa bibliográfica e coleta de dados em campo, para possibilitar a análise dos dados obtidos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Dessa forma, um fluxograma esquemático da pesquisa pode ser visualizado na figura 2.

A metodologia para a caracterização geomorfológica da feição Morro do Careca integrou dados de diferentes escalas, combinando sensoriamento remoto orbital, levantamentos com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e observações diretas em campo.

A análise foi estruturada em três frentes complementares que, ao final, foram sintetizadas para a elaboração do diagnóstico da área de estudo.

Figura 2: Fluxograma da elaboração da pesquisa.



Fonte: Autoria própria, 2024.

A primeira frente de trabalho consistiu na análise espacial local a partir de imagens do satélite sino-brasileiro CBERS-4A. Utilizaram-se as bandas multiespectrais e a pancromática, com 10 e 2 metros de resolução espacial, respectivamente. Foi aplicado um processo de fusão de imagens (*pan-sharpening*) para combinar os dois produtos, aprimorando a resolução espacial do conjunto de dados. A partir deste processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), gerou-se um ortomosaico e um Modelo Digital de Elevação (MDE). Este modelo altimétrico foi utilizado para a elaboração do mapa hipsométrico da Zona de Proteção Ambiental 6 (ZPA-06), que abrange a área de estudo.

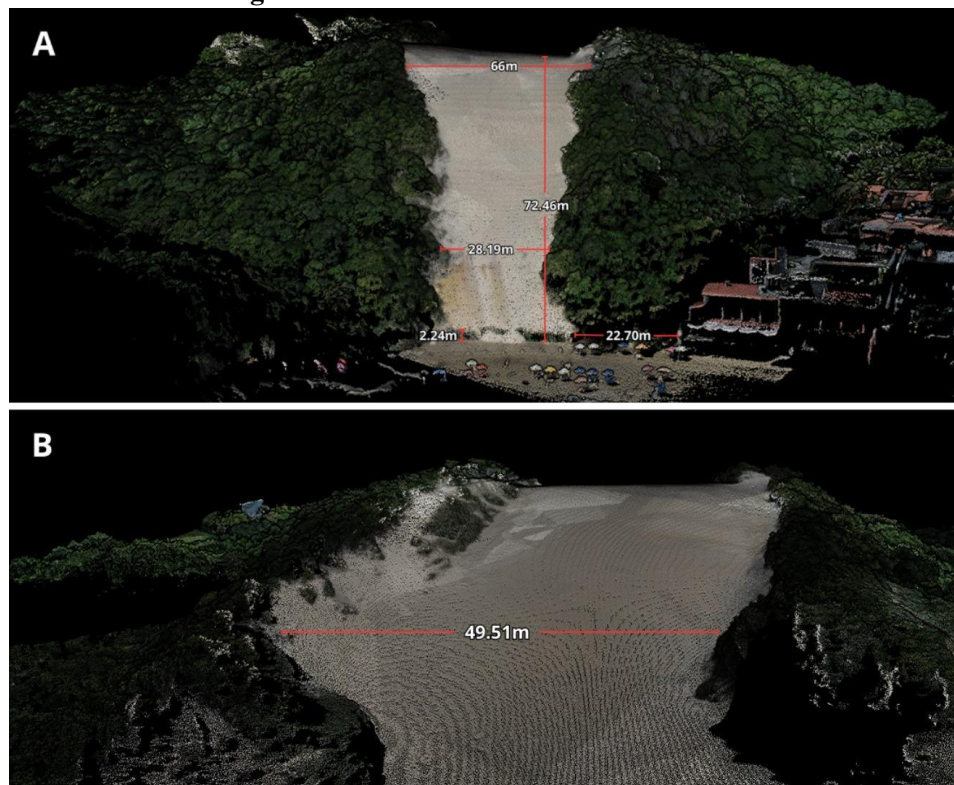
A segunda frente concentrou-se na obtenção de dados de alta resolução. Para a elaboração de um Modelo Digital de Superfície (MDS), foi gerada uma nuvem de pontos tridimensional da área por meio de um levantamento com sensor LIDAR (DJI Zenmuse L1), embarcado em um ARP modelo DJI Matrice 300 RTK. Em paralelo, foram realizadas incursões de campo para o reconhecimento da área, observação *in situ* das feições e coleta de dados para validação.

Por fim, os produtos gerados em cada frente (MDE, MDS, ortomosaicos e dados de campo) foram integrados e analisados em ambiente SIG. Como ferramenta complementar de análise da macroforma da feição, foi extraído um perfil topográfico transversal à duna, da Praia de Ponta Negra à Praia de Alagamar, utilizando dados altimétricos da plataforma Google Earth Pro. A articulação de todas essas informações permitiu a elaboração da caracterização geomorfológica da feição Morro do Careca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distância de aproximadamente 22,7 metros entre a base do morro e a área urbana evidencia a intensificação das pressões urbanas sobre as dinâmicas naturais dessa duna. Em relação às características do Morro do Careca, a altura da formação, que se estende da base até o topo, é de 72,46 metros, com uma abertura no topo de 66 metros. Observa-se também um afunilamento da feição visível, com 28,2 metros na base, e uma falésia formada na base do morro que atinge 2,24 metros (Figura 3-A). A sotavento do morro, em sua área mais alta, apresenta uma abertura de solo exposto de 49,5 metros, evidenciando o impacto das forças eólicas e a vulnerabilidade do solo (Figura 3-B).

Figura 3: Visão Frontal do Morro do Careca

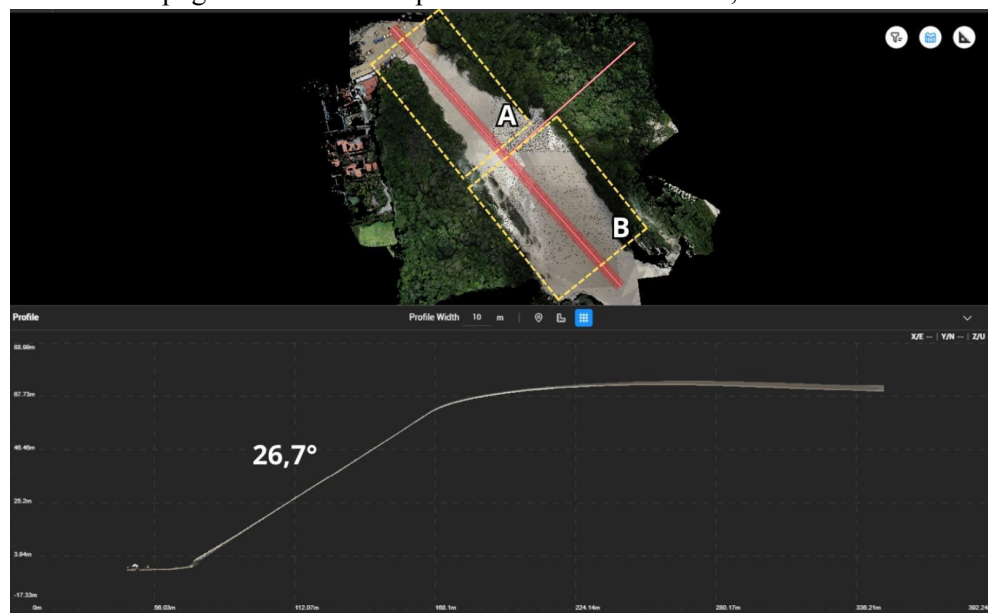


Fonte: DJI Terra 2024, destacado pelos autores.

Perfil de elevação e dinâmica eólica

A análise do perfil de elevação do Morro do Careca revelou uma inclinação de $26,7^\circ$ na face frontal exposta, característica associada à ação dos ventos alísios de sudeste e à dinâmica sedimentar costeira. Complementando esses dados, um transecto topográfico foi traçado entre a Praia de Ponta Negra (Ponto A) e a Praia de Alagamar (Ponto B), permitindo identificar uma variação morfométrica acentuada entre as faces noroeste e sudeste do morro (Figura 4). A face noroeste, voltada para o oceano, apresenta declives mais abruptos e maior exposição à erosão marinha, enquanto a face sudeste exibe um perfil suavizado, influenciado pelo transporte eólico de sedimentos em direção ao continente. Essa assimetria reflete a interação entre processos naturais (ventos, marés) e a orientação geomorfológica da duna.

Figura 4: Perfil Topográfico da Parte Superior do Morro do Careca, Partir da Nuvem de Pontos.



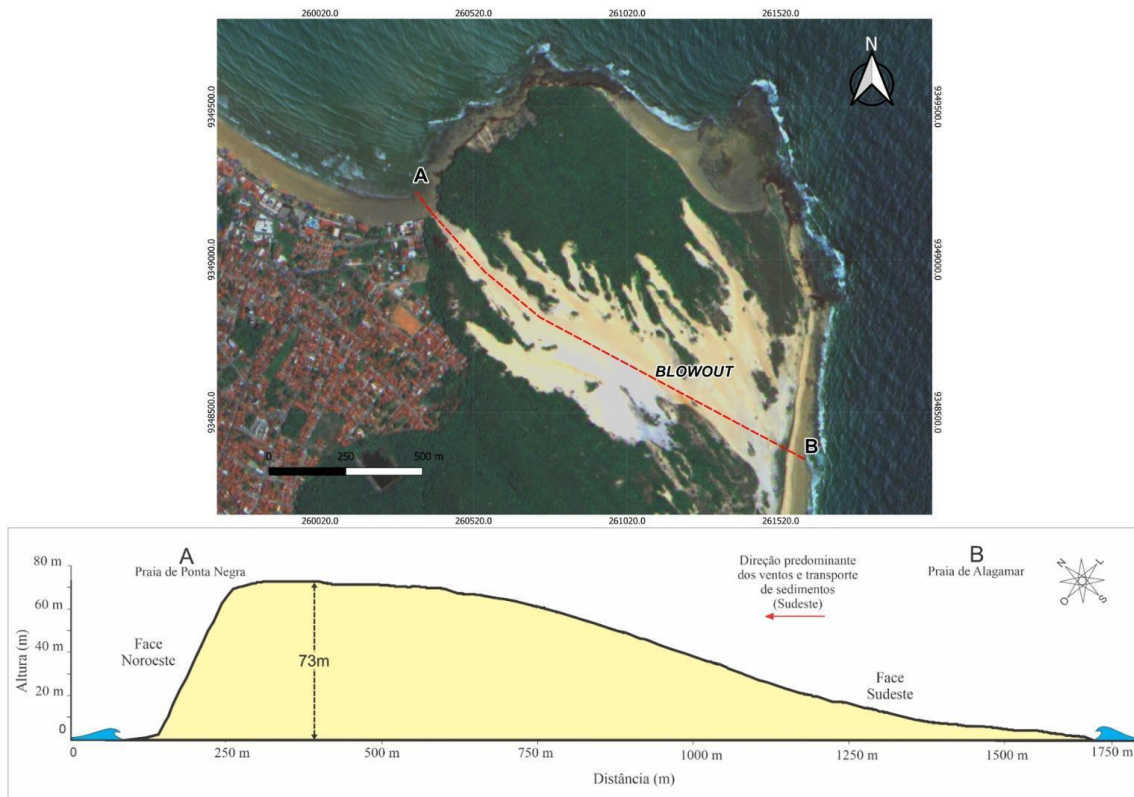
Fonte: DJI Terra 2024, destacado pelos autores.

A face Noroeste, onde se localiza o próprio Morro do Careca, apresenta uma elevação gradual, com a maior altimetria alcançando 73 metros, enquanto a Face Sudeste, em direção ao ponto B, apresenta um perfil mais suavizado. A direção predominante dos ventos, de Sudeste, é um fator determinante para a forma do perfil da duna, pois os ventos favorecem o transporte de sedimentos da face Sudeste para a sotavento da face Noroeste, área de maior depósito não vegetado. Essa dinâmica cria uma assimetria morfológica marcante, em que a face Sudeste, barlavento, exposta diretamente aos ventos, perde sedimentos continuamente,

enquanto a face Noroeste acumula camadas sucessivas, sustentando sua elevação característica.

Ambas as faces estão em contato direto com o oceano, o que as torna mais suscetíveis à erosão marítima. Entretanto, na face Noroeste, a exposição a ondas de maior energia durante eventos de maré alta contribui para o recuo da base da duna, enquanto na face Sudeste, a ação combinada das marés e da baixa cobertura vegetal facilita a remobilização lateral de sedimentos. Como podemos observar na figura 5, áreas que devido à menor cobertura vegetal e exposição direta aos ventos, apresentam maior suscetibilidade à formação de *blowouts* e corredores de deflação (Hesp, 1999). A análise comparativa das duas faces da mesma figura 9 evidencia que, embora a erosão seja um processo natural, sua intensidade varia conforme a orientação geográfica e a interação entre ventos, marés e morfologia local. Essa variação ressalta a importância de estratégias de manejo adaptadas às particularidades de cada setor, garantindo que intervenções não interfiram nos fluxos sedimentares essenciais para a manutenção do sistema dunar.

Figura 5: Perfil de elevação do Morro do Careca, da Praia de Ponta Negra até a Praia de Alagamar.

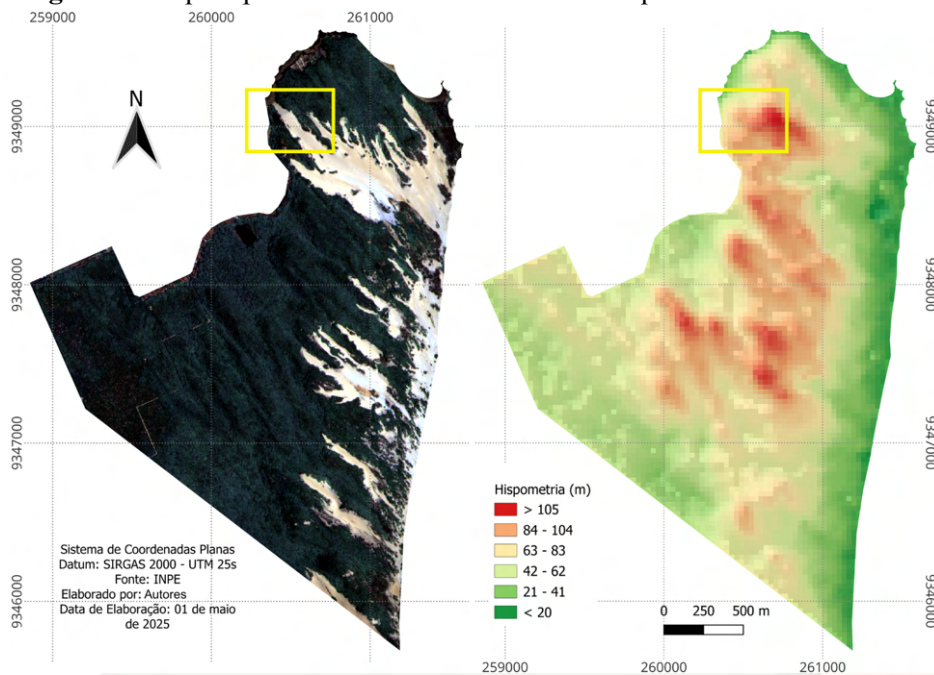


Fonte: Autoria Própria, 2024.

Além disso, a análise altimétrica do Morro do Careca, a partir do mapa hipsométrico (Figura 6), revela uma transição gradual de elevação. Neste sentido, o levantamento altimétrico categorizou a formação em seis cotas distintas, que variam do nível da base até o topo, sendo a estratificação entre 5 m (faixa praial) e 105 m (topo) um reflexo da dinâmica sedimentar histórica, onde ventos alísios transportam sedimentos da face litorânea para o interior, formando camadas sucessivas. A faixa de praia, localizada na base da formação, serve como interface entre os ambientes marinho e terrestre, atuando como zona crítica de recarga sedimentar, onde materiais inconsolidados são depositados pelas marés e redistribuídos eolicamente.

À medida que se avança para o interior, observa-se um aumento progressivo da elevação de 105 metros de altura, que culmina no topo do morro e no centro da ZPA-06. Essa compartimentação altimétrica ressalta a fragilidade do sistema, particularmente nas cotas superiores, onde a redução da vegetação estabilizadora e a ação contínua dos ventos alísios de sudeste favorecem a dispersão eólica de sedimentos, comprometendo a coesão estrutural da duna. A interrupção natural do fluxo sedimentar, associada à sazonalidade dos ventos e à variação na disponibilidade de material proveniente da praia, pode explicar a tendência de redução de volume observada nas camadas superiores, conforme registrado nos estudos de Santos *et al.* (2024), de 2006 a 2023.

Figura 6: Mapa hipsométrico da ZPA-06 com destaque ao Morro do Careca.



Fonte: Autoria Própria, 2025.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo caracterizou a condição geomorfológica e morfométrica do Morro do Careca em um período que antecede a obra de aterro hidráulico na Praia de Ponta Negra. A metodologia, que integrou dados de sensoriamento remoto orbital e levantamentos com sensor LIDAR, permitiu a quantificação das dimensões da feição, como a cota altimétrica de 72,46 metros e a inclinação de $26,7^\circ$ em sua face frontal exposta. A análise do perfil topográfico evidenciou a morfologia de duna *bypass*, cuja assimetria é controlada pela direção predominante dos ventos do Sudeste. Este agente promove o transporte de sedimentos da face de barlavento (Sudeste), de perfil suavizado, para a face de sotavento (Noroeste), que se apresenta mais íngreme e sustenta a maior elevação da estrutura.

A análise demonstrou que, embora ambas as faces interajam com o oceano, os processos erosivos atuam de forma distinta, com a face Noroeste (Jusante) mais exposta à energia das ondas em marés altas. Áreas com menor cobertura vegetal mostraram-se suscetíveis à formação de feições erosivas eólicas, como *blowouts* e corredores de deflação. A principal contribuição deste trabalho é a consolidação de uma base de dados morfométricos abrangente e georreferenciada do Morro do Careca antes da intervenção de engenharia costeira. Este registro serve como um ponto de referência fundamental para futuras análises comparativas que visem avaliar as alterações na dinâmica sedimentar e na resposta morfológica da duna decorrentes da obra de engorda da praia. Dessa forma, os resultados apresentados podem subsidiar o monitoramento contínuo do geomorfossítio e o planejamento de estratégias de manejo que considerem sua dinâmica natural.

Palavras-chave: Geopatrimônio, morfologia dunar, *Lidar - Light Detection And Ranging*, Geomorfologia Costeira.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos professores Dr. Silvio Braz de Sousa e Dr. Rodrigo de Freitas Amorim, pela orientação e pelas contribuições para a condução desta pesquisa. Estende-se o agradecimento ao Programa de Educação Tutorial (PET) Geografia, cujas



atividades foram importantes para a qualificação acadêmica da equipe envolvida neste trabalho.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Andréa Bento. Economia do mar: conceito, valor e importância para o Brasil. 2018.

DJI. **DJI Terra**. Shenzhen, China: DJI, [2024]. Software de processamento de dados para mapeamento e modelagem 3D.

FORTES, Lore; BEZERRA, Tiago Souto. Simbolismo do Morro do Careca. 2018.

GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

HESP, P. A. The beach backshore and beyond. In: SHORT, A. D. (Ed.). **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Brisbane, Australia: John Wiley and Son, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens do Satélite CBERS-4A**. 2024. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: [inserir a data de acesso].

PREFEITURA DO NATAL. Prefeitura sanciona lei que regula uso e ocupação do solo em AEITPS de Natal. Website. Publicado em: 26/12/2024. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/news/post2/41575>. Acesso em: 28 dez. 2024.

SANTOS, Daniel Carlos Alves et al. Geotecnologias e o estudo da degradação do patrimônio natural costeiro: o caso do Morro do Careca, Natal-Rio Grande do Norte. **Revista Contexto Geográfico**, v. 9, n. 18, p. 326-336, 2024.

SILVESTER, R.; HSU, J. R. C. **Coastal Stabilization**. Singapore: World Scientific, 1997.

