

APONTAMENTOS SOBRE DA GEOCRONOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA ORIENTAL DO MARANHÃO: UMA EXPERIÊNCIA DE CAMPO.

Francisco Afonso Cavalcanti Júnior¹
Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo²
Archimedes Perez Filho³

INTRODUÇÃO

A experiência de campo é vital em pesquisas geomorfológicas, pois proporciona uma compreensão direta dos processos e fenômenos naturais que moldam a paisagem. Trabalhos de campo como o realizado no litoral oriental do Maranhão oferecem uma oportunidade única de observar in loco as variáveis ambientais e suas interações, algo que é essencial para validar modelos teóricos e hipóteses previamente estabelecidas (SUERTEGARAY, 2018).

O trabalho de campo foi um marco nessa pesquisa, proporcionando dados cruciais para a análise das transformações ambientais na parte oriental da planície costeira do Maranhão. A preparação desse trabalho incluiu uma revisão bibliográfica abrangente sobre os aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos da área, que, juntamente com análises preliminares de imagens de satélite, direcionou a escolha dos pontos de amostragem e as estratégias de coleta de dados campo (CLIFFORD et al., 2016; MONTELLO; SUTTON, 2012).

O objetivo deste trabalho é trazer apontamentos sobre geocronologia da planície costeira do litoral oriental do Maranhão, através da prática de campo, criando uma ligação entre as técnicas, as observações e a literatura especializada.

As planícies costeiras, devido à sua posição geográfica e a interação constante com fatores climáticos e antrópicos, são cenários ricos para a investigação das transformações ambientais ao longo de períodos geológicos. No litoral oriental do Maranhão, essas planícies representam um registro valioso das mudanças ambientais ocorridas durante o Holoceno, período marcado por variações climáticas significativas

¹ Pós-doutorando no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – SP, afonsojr@unicamp.br;

² Doutorando do curso de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – SP, p192755@dac.unicamp.br;

³ Professor supervisor e orientador: doutor, Instituto de Geociências/UNICAMP – SP, archi@unicamp.br.

que influenciaram a sedimentação e a geomorfologia local. Estudos destacam a relevância dessas áreas para a compreensão dos impactos das pulsações climáticas, que são ciclos de variação climática em períodos curtos, e da ocupação humana ao longo do tempo (PEREIRA et al., 2016; SOUZA; SANTOS, 2015).

Essas pulsações climáticas, associadas ao uso intensivo do solo, moldaram não apenas a geomorfologia das planícies, mas também os padrões de sedimentação, resultando em uma paisagem complexa e diversificada, que requer um estudo multidisciplinar para ser compreendida plenamente. Técnicas avançadas de datação, como a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), têm se mostrado eficazes para reconstruir cronologias de eventos deposicionais, permitindo uma análise temporal detalhada dessas mudanças (BUYNEVICH; FITZGERALD, 2003; DOMINGUEZ; BITTENCOURT; MARTIN, 1981; RUBIRA; PEREZ FILHO, 2019; SUGUIO, 2003).

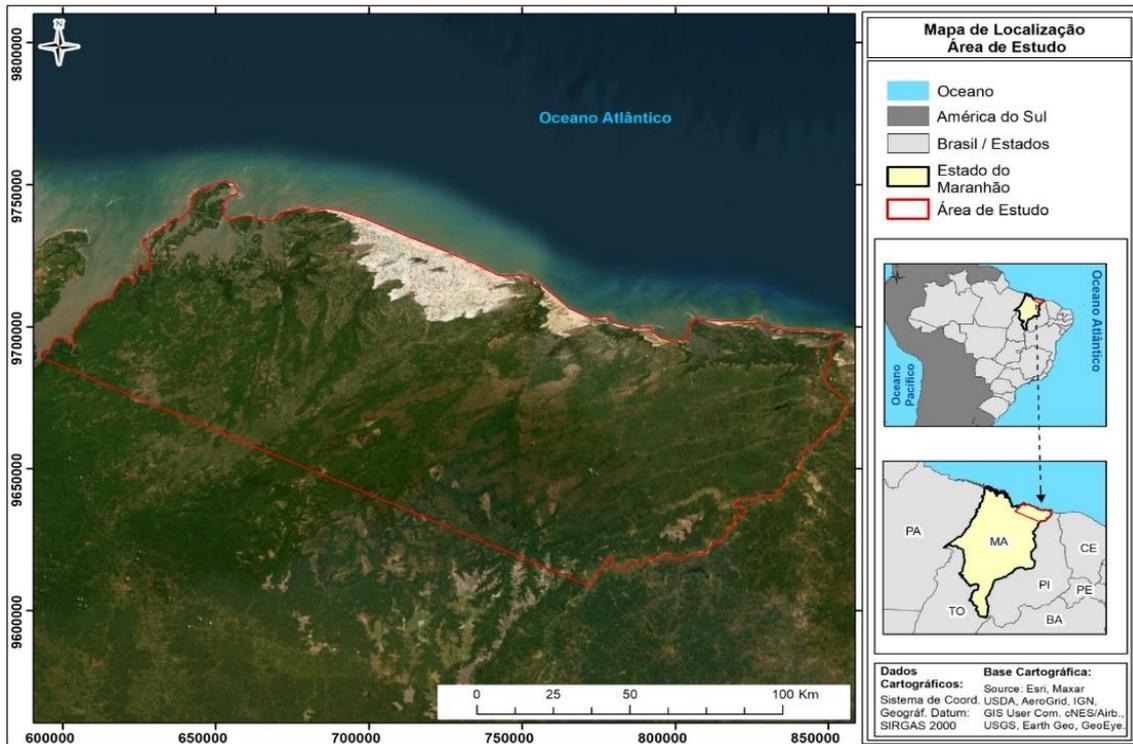
Além disso, o uso do Ground Penetrating Radar (GPR) complementa essas investigações ao fornecer uma visão não invasiva das estruturas subsuperficiais, essencial para a identificação de camadas sedimentares e outras feições enterradas (ANDERSON JR; EVANS; SNYDER, 2000; BUYNEVICH; FITZGERALD, 2003; MÄKINEN; RÄSÄNEN, 2003; NEAL, 2004; ROSSETTI; GÓES, 2001).

METODOLOGIA

Preparação e Planejamento

Antes do início das atividades em campo, foi realizada uma revisão bibliográfica detalhada para consolidar o conhecimento sobre a geologia, geomorfologia e pedologia da área de estudo (Figura 1), utilizando referências chave que exploram as particularidades das planícies costeiras e seus processos formadores (GIANNINI et al., 2008; GONÇALVES et al., 2003; PÉREZ MACHADO; VIEIRA SOUZA, 2019; SOUZA; SANTOS, 2015; ZULAR et al., 2018).

Figura 1: Mapa de localização do Litoral Oriental do Maranhão.



Fonte: Autoria própria.

Essa revisão teórica foi complementada pela análise de imagens de satélite do Google Earth Pro, que auxiliou na identificação preliminar de áreas com potencial de interesse científico (LEAL, 2023). Foram selecionados seis pontos de coleta que representassem a diversidade geomorfológica da área, permitindo uma análise mais abrangente das condições sedimentares e da história deposicional.

Deslocamento e Logística

A logística do trabalho de campo foi um desafio, dada a grande extensão da área de estudo e as condições variáveis das estradas do litoral maranhense. O uso de um veículo Fiat Toro, com tração adequada para terrenos difíceis, foi essencial para garantir a mobilidade e a segurança do transporte dos equipamentos e das amostras coletadas. O planejamento das rotas e a adaptação às condições climáticas foram críticos para o sucesso da expedição, que exigiu flexibilidade e a capacidade de ajuste rápido às condições locais (MARCOS, 2006).

Coleta de Amostras

A coleta de amostras foi realizada de maneira sistemática, seguindo rigorosos protocolos de escavação e documentação. Em cada um dos seis pontos selecionados, foram abertas trincheiras ou aproveitados cortes naturais para expor os perfis

sedimentares. A descrição detalhada de cada perfil, considerando aspectos como cor, textura e estrutura dos sedimentos, foi realizada no local e documentada para posterior análise em laboratório (IBGE, 2015). Essa etapa foi crucial para identificar as camadas de deposição e inferir sobre os processos ambientais que contribuíram para a formação da paisagem.

Coleta de Amostras para Datação por LOE

As amostras para datação por LOE foram coletadas com extremo cuidado para evitar a exposição à luz, que poderia comprometer a precisão da datação. As amostras foram extraídas em profundidades específicas, variando entre 80 cm e 160 cm, conforme as características dos perfis sedimentares, e foram imediatamente embaladas em tubos opacos (BUYNEVICH; FITZGERALD, 2003; MÄKINEN; RÄSÄNEN, 2003; RUBIRA; PEREZ FILHO, 2019; SILVA, 2012; SUGUIO, 2003). Esse procedimento garantiu a integridade das amostras até sua chegada ao laboratório.

Investigação Subsuperficial com GPR

A investigação subsuperficial foi conduzida com o uso do GPR Proceq GS8000, um equipamento avançado capaz de detectar camadas sedimentares e descontinuidades até profundidades de 3 metros (SCREENING EAGLE, 2024). O GPR foi utilizado para mapear a estrutura interna dos sedimentos, identificando descontinuidades, camadas enterradas e possíveis áreas de interesse para futuras escavações (ANDERSON JR; EVANS; SNYDER, 2000; BUYNEVICH; FITZGERALD, 2003; MÄKINEN; RÄSÄNEN, 2003; NEAL, 2004; ROSSETTI; GÓES, 2001).

Armazenamento e Transporte das Amostras

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixas térmicas para preservar suas condições físicas e químicas durante o transporte até o Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da UNICAMP. Este cuidado com o transporte foi fundamental para garantir a qualidade das análises subsequentes.

Desafios e Adaptações em Campo

O trabalho de campo foi marcado por desafios, como as condições climáticas adversas e a necessidade de longos deslocamentos entre os pontos de coleta. A experiência destacou a importância de uma abordagem flexível, onde o cronograma das atividades pode ser adaptado conforme as condições em campo, garantindo que os objetivos da pesquisa sejam alcançados apesar dos imprevistos (CLAVAL, 2013; MARCOS, 2006)..

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações durante o primeiro trabalho de campo na região do litoral oriental do Maranhão revelaram uma organização litológica e sedimentar complexa, que reflete a diversidade de processos deposicionais ocorridos ao longo do tempo geológico. A integração das observações de campo com os dados geofísicos forneceu uma visão abrangente das transformações ambientais que moldaram as planícies costeiras da região.

Nos perfis sedimentares estudados, foram identificadas variações significativas tanto em termos de litologia quanto de estruturação, indicando diferentes ambientes deposicionais. Em Tutóia, a presença de estratificação cruzada nos sedimentos, visível no ponto 1, sugere a ação de processos eólicos em um ambiente de deposição dominado por ventos fortes, o que é indicativo de períodos de maior aridez durante o Holoceno. Essa interpretação é corroborada por estudos anteriores que identificam estratificações cruzadas como típicas de ambientes sujeitos a intensa atividade eólica.

Por outro lado, no ponto 7 em Água Doce, as transições abruptas entre camadas arenosas, observadas até a profundidade de 4,40 metros, indicam mudanças rápidas nas condições deposicionais. Essas transições podem estar associadas a eventos climáticos extremos, como tempestades ou variações rápidas no nível do mar, que são conhecidos por afetar de maneira significativa a deposição sedimentar em áreas costeiras. A diversidade litológica observada nesses perfis sugere que a região passou por diferentes fases de deposição, influenciadas tanto por processos fluviais quanto marinhos.

Outro aspecto relevante foi a identificação de camadas orgânicas escuras no ponto 2, em Santo Amaro, que refletem condições deposicionais em ambientes anóxicos. Essas camadas, ricas em matéria orgânica, pode indicar deposições em áreas de baixa energia, onde a água estagnada promove a preservação da matéria orgânica. Esse tipo de ambiente é comum em depressões ou áreas alagadas, onde a circulação de oxigênio é limitada, resultando na acumulação de matéria orgânica preservada.

Os dados de GPR complementaram as observações diretas feitas em campo, revelando descontinuidades e camadas enterradas que não foram identificadas visualmente durante as escavações. Essas descontinuidades são fundamentais para entender a dinâmica sedimentar e a cronologia dos eventos deposicionais na região. A combinação de técnicas de escavação e geofísicas, como o GPR, contribuiu significativamente para a compreensão da estrutura interna dos sedimentos, oferecendo uma visão mais completa da história deposicional da área estudada.

A discussão dos resultados obtidos aponta para uma complexa sequência de processos naturais e intervenções antrópicas que moldaram as planícies costeiras do Maranhão. A diversidade litológica e as estruturas sedimentares observadas são consistentes com a ideia de que a região foi influenciada por uma combinação de processos eólicos, fluviais e marinhos ao longo do Holoceno. Além disso, as camadas orgânicas escuras e as transições abruptas entre camadas arenosas indicam que as condições ambientais mudaram significativamente ao longo do tempo, resultando em uma paisagem diversificada e dinâmica.

Essa abordagem multidisciplinar, que combinou observações diretas, coleta de amostras para datação e investigação geofísica, permitiu uma análise detalhada das transformações ambientais nas planícies costeiras do Maranhão. Os resultados obtidos fornecem uma base sólida para futuras investigações, não apenas na região estudada, mas também em outras áreas costeiras com características geomorfológicas semelhantes. A capacidade de integrar diferentes técnicas de investigação e adaptar a pesquisa às condições encontradas em campo foi crucial para o sucesso deste estudo, que contribuiu significativamente para a literatura sobre geomorfologia costeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeiras informações obtidas no trabalho de campo realizado no litoral oriental do Maranhão representou um avanço significativo na compreensão das transformações ambientais nas planícies costeiras da região. A integração de técnicas avançadas de datação e investigação subsuperficial, aliada a uma metodologia de campo rigorosa, permitirão a coleta de dados de alta qualidade que serão essenciais para as análises subsequentes, mas os dados gerados ainda estão em análise.

Este estudo não oferece respostas conclusivas, mas sim apontamentos iniciais que podem contribuir para a compreensão da dinâmica sedimentar e geocronológica, servindo como base para futuras investigações mais detalhadas na região e em áreas costeiras semelhantes. Os desafios enfrentados reforçam a importância de uma preparação metódica e da capacidade de adaptação em pesquisas de campo, que são cruciais para o sucesso em estudos complexos como este.

Palavras-chave: Planícies costeiras holocênicas, Luminescência Opticamente Estimulada, Ground Penetrating Radar, Trabalho de campo, Maranhão.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob o processo nº 2022/15889-2.

REFERÊNCIAS

ANDERSON JR, W. P.; EVANS, D. G.; SNYDER, S. W. The effects of Holocene barrier-island evolution on water-table elevations, Hatteras Island, North Carolina, USA. **Hydrogeology journal**, v. 8, p. 390–404, 2000.

BUYNEVICH, I. V; FITZGERALD, D. M. High-resolution subsurface (GPR) imaging and sedimentology of coastal ponds, Maine, U.S.A.: Implications for Holocene back-barrier evolution. **Journal of Sedimentary Research**, v. 73, n. 4, p. 559–571, 2003.

CLAVAL, P. O papel do trabalho de campo na geografia, das epistemologias da curiosidade às do desejo. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 17, 2013.

CLIFFORD, N. et al. **Key methods in geography**. [s.l.] Sage, 2016.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. DA S. P.; MARTIN, L. [dominguez.pdf](#). **Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas nos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)**, v. 11(4), p. 227–237, dez. 1981.

GIANNINI, P. C. F. et al. **Dunas e Paleodunas Eólicas Costeiras Interiores**. [s.l.: s.n.].

GONÇALVES, R. A. et al. Classificação Das Feições Eólicas Dos Lençóis Maranhenses - Maranhão - Brasil. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 2, n. 3, p. 99–112, 2003.

IBGE, I. B. DE G. E E. C. DE R. N. E E. A. **Manual técnico de pedologia: Guia Prático de Campo**. Rio de Janeiro: IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2015. v. 1

LEAL, I. C. P. **Imagens aéreas na análise de risco de estabilidade de taludes costeiros: estudo exploratório através da ferramenta Google Earth**, 2023.

MÄKINEN, J.; RÄSÄNEN, M. Early Holocene regressive spit-platform and nearshore sedimentation on a glaciofluvial complex during the Yoldia Sea and the Ancylus Lake phases of the Baltic Basin, SW Finland. **Sedimentary Geology**, v. 158, n. 1–2, p. 25–56, 2003.

MARCOS, V. DE. Trabalho de campo em Geografia: Reflexões sobre uma experiência de pesquisa participante. **Boletim Paulista De Geografia**, v. 84, p. 105–136, 2006.

MONTELLO, D. R.; SUTTON, P. An introduction to scientific research methods in geography and environmental studies. 2012.

NEAL, A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. **Earth-Science Reviews**, v. 66, n. 3, p. 261–330, 2004.

PEREIRA, L. et al. Maranhão Beach Systems, Including the Human Impact on São Luís Beaches. In: [s.l.: s.n.]. v. 17p. 125–152.

PÉREZ MACHADO, R. P.; VIEIRA SOUZA, U. D. The potential of Cybercartography in Brazil: ‘A Cybercartographic Atlas for Lençóis Maranhenses National Park, state of Maranhão, Brazil’. **Modern Cartography Series**, v. 9, p. 349–366, 2019.

ROSSETTI, D. D. E. F.; GÓES, A. M. IMAGING UPPER TERTIARY TO OUATERNARY DEPOSITS FROM NOET-Eph. BRAZIL APPLYING (GROUND) PENETRATING PADAR. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 2, p. 195–202, 2001.

RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A. Geochronology of depositional events associated with surface coverings that support and cover of Pleistocene and Holocene marine terraces levels in the south coast of Santa Catarina (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 581–602, 2019.

SCREENING EAGLE. **Proceq GS8000 - Ground Penetrating Radar**. Disponível em: <<https://www.screeningeagle.com/en/products/proceq-gs8000>>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SILVA, V. DE A. **Geomorfologia antropogênica: mudanças no padrão de drenagem do canal principal e delta, no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha/BA**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2012.

SOUZA, J. H. DOS S.; SANTOS, N. F. B. DOS. The Lençóis Maranhenses: a paradise of dunes and ponds. In: **Landscapes and Landforms of Brazil**. [s.l.] Springer, 2015. p. 79–90.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia: uma releitura**. 2^a ed. Porto AI: Compasso Lugar -Cultura, 2018.

SUGUIO, K. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Geologia USP. Série Didática**, v. 2, p. 1–40, 2003.

ZULAR, A. et al. The effects of mid-Holocene fluvio-eolian interplay and coastal dynamics on the formation of dune-dammed lakes in NE Brazil. **Quaternary Science Reviews**, v. 196, p. 137–153, 2018.