

Relação entre os processos modernos e registros em subsuperfície das cristas de praia: exemplos no delta do Rio Paraíba do Sul (RJ)

Machado, B.A. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE) ; Rocha, T.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE) ; Fernandez, G.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE)

RESUMO

As cristas de praia são feições geomorfológicas formadas através da incorporação sucessiva de sedimentos marinhos na berma através da ação das ondas. No Rio de Janeiro, o delta do rio Paraíba do Sul apresenta uma extensa planície, na qual, as cristas de praia encontram-se preservadas e marcam fases contínuas de progradação da linha de costa durante o Holoceno. Entretanto, apesar dessa progradação contínua, nota-se a ocorrência de fases erosivas que são marcadas na planície através de truncamentos erosivos. Portanto, o objetivo deste trabalho é investigar os registros em subsuperfície de processos responsáveis pela construção e/ou erosão das cristas de praia, correlacionando com os processos modernos atuantes na linha de costa. A discussão dos processos evolutivos da planície foi realizada a partir de dados de GPR, onde foram descritas as radarfáceis e os padrões de empilhamento sedimentar. Já os processos geomorfológicos atuais foram interpretados através do perfil de praia.

PALAVRAS CHAVES

Evolução da planície costeira; GPR; Radarfáceis; Perfis de praia; Holoceno

ABSTRACT

The beach ridges are geomorphological features formed through the successive incorporation of marine sediments on the shore through the action of waves. In Rio de Janeiro, the delta of the Paraíba do Sul River presents an extensive plain where the beach ridges are preserved and mark continuous phases of shoreline progradation during the Holocene. However, despite this continuous progradation, there are erosive phases that are marked on the plain through erosive truncations. Therefore, the objective of this work is to investigate the subsurface records of processes responsible for the construction and/or erosion of the beach ridges, correlating with the modern processes acting on the shoreline. The discussion of the evolutionary processes of the plain was based on GPR data, in which the radar facies and sediment stacking patterns were described. The current geomorphological processes were interpreted through the beach profile.

INTRODUÇÃO

As cristas de praia são feições geomorfológicas formadas através da incorporação sucessiva de sedimentos marinhos na berma através da ação das ondas (Tamura, 2012; Otvos, 2000 e 2020). Comumente encontradas em barreiras progradantes, as cristas de praia são consideradas feições reliquiárias, pois, marcam antigas linhas de costa na planície (Scheffers et al., 2012). Portanto, sua investigação morfológica permite reconstruções de episódios evolutivos na planície, tais como: variações do nível do mar, padrões no aporte sedimentar, clima de ondas e ventos, grandes episódios erosivos e outros (Sawakuchi et al., 2008; Scheffers et al., 2012; Dougherty, 2014; Milana et al., 2017, Oliver et al., 2017; Dougherty et al., 2018; Tamura, 2019). Em relação a sua distribuição geográfica, as cristas de praia são encontradas em diversas partes do mundo, desde ambientes úmidos a glaciais (Scheffers et al., 2012). Entretanto, é nos ambientes deltaicos que essas feições são amplamente desenvolvidas e podem ultrapassar dezenas de quilômetros. No caso do litoral do Brasil, o delta do rio Doce, delta do rio Jequitinhonha, delta do rio Paraíba do Sul e o delta do rio São Francisco, são exemplos de extensas planícies associadas a cristas de praia (Dias, 1981; Dominguez et al., 1981; Bastos, 1997; Rocha et al., 2019; Dominguez e Guimarães, 2021). Tal fato, potencializa esses ambientes às investigações paleogeográficas e, conseqüentemente, à cenários evolutivos da planície, sobretudo durante o período do Quaternário. Especificamente, no caso do litoral do rio de Janeiro, o delta do rio Paraíba do Sul (DRPS), as cristas de praia encontram-se preservadas e foram

formadas em um contexto de diminuição relativa do nível do mar nos últimos 5.500 anos (Angulo et al., 2006 e Rocha et al., 2019). Esse comportamento do Nível Médio do Mar (NMM) refletiu na construção de uma sucessão de cristas de praia atreladas a fases contínuas de progradação da linha de costa durante o Holoceno. Predominantemente com orientações Nor/Nordeste (NE) e Sul/Sudoeste (SO), esses sistemas de cristas de praia, são separadas por truncamentos erosivos que supostamente marcariam diferentes estágios e condições paleoambientais de formação da planície deltaica (Dias, 1981; Bastos, 1997; Rocha et al., 2019; Silveira et al., 2019). Entretanto, apesar do DRPS representar uma feição que predomina a progradação da linha de costa, ao longo da história recente ao sul da foz, nota-se um processo de erosão costeira (Machado, 2020; Machado et al., no prelo; Vasconcelos et al., 2021). Observando o interior da planície, os truncamentos erosivos indicam que este fenômeno tem ocorrido de forma recorrente durante o holoceno (Silveira et al., 2019; Rocha et al., 2019). Dito isso, este trabalho tem como o objetivo principal investigar registros em subsuperfície de processos responsáveis pela construção e/ou erosão das cristas de praia, correlacionando com os processos modernos atuantes na linha de costa. O uso dos métodos geofísicos, como o GPR ganhou destaque nas geociências, sobretudo após a década de 1990 (Rocha, 2013). Especificamente na investigação da evolução Quaternária, esse método tem sido utilizado na investigação de eventos extremos, como tsunamis e eventos de ressacas (Monecke et al., 2015; Dougherty, 2014), na reconstrução e evolução de dunas costeiras (Girardi e Davis, 2010), em reconstruções paleoambientais (Scheffers et al., 2012) e outras aplicações. Em relação as planícies costeiras, a partir da investigação da arquitetura deposicional com o uso do GPR é possível inferir um padrão do comportamento e evolução desses ambientes, principalmente quando atrelados com dados geocronológicos (Hein et al., 2012; Rocha et al., 2013; Dougherty et al., 2022). Entretanto, apesar dos inúmeros trabalhos abordando o uso do GPR nos ambientes costeiros, poucos comparam esses dados aos processos atuais, através de uma interpretação multiescalar da planície.

MATERIAL E MÉTODOS

Visado atingir o objetivo principal deste trabalho optou-se por realizar as seguintes etapas metodológicas: (1) mapeamento das continuidades e descontinuidades das cristas de praia na planície (figura 1); (2) Aquisição de dados de geofísica rasa para analisar o padrão de empilhamento das cristas de praia (figura 1A) e (3) Análise da morfologia do perfil praiado para indicar os processos modernos (figura 1B e 2C). A escolha de métodos adequados é fundamental, pois possibilita atrelar os eventos geológicos e geomorfológicos a diferentes abrangências espaciais e temporais (Oliver et al., 2017; Dougherty et al., 2022). Os dados geocronológicos apresentados na figura 1A são referentes aos trabalhos de Rocha et al. 2019 e Fernandez et al., no prelo e aparecem para ilustrar o marcador temporal do evento geomorfológico descrito, entretanto novos dados geocronológicos serão abordados em trabalhos futuros. Figura 1: Mapa de localização do atual delta do rio Paraíba do Sul (RJ). A: Linha A de GPR próximo a foz. e B: Fotografia representando a praia atual.

2.1 Mapeamento dos truncamentos erosivos:

Objetivando representar os truncamentos erosivos ao longo da planície, realizou-se uma vetorização das descontinuidades geométricas das cristas de praia (figura 1), seguindo os padrões identificados na imagem de satélite e correlação do que foi proposto nos trabalhos de Bastos, (1997), Rocha et al., (2019) e Silveira et al., (2019). A espacialização dos truncamentos erosivos na planície reforça as inúmeras reorientações da linha de costa ao longo da evolução da planície (figura 1). Como material, utilizou-se uma imagem WorldView de 2017, georreferenciada pelo INEA, com resolução espacial de 2m. Por fim, a vetorização foi realizada através do programa ArcGis 10.5 e em seguida as edições gráficas foram realizadas no programa Inkscape.

2.2 Aquisição de dados Geofísicos: Sistema GPR (Grounding Penetrating Radar):

Com o objetivo de analisar a arquitetura deposicional interna das cristas de praia, realizou-se um perfil de GPR, cortando as estruturas transversalmente (figura 1), no modo common-offset com uma antena de frequência de 400MHz acoplada. Esse modo consiste na utilização de uma única antena de transmissão e recepção (Neal, 2004). Após a coleta em campo, aplicou-se filtros para: a remoção de ruídos e onda aérea, aplicação de ganho e atenuação do sinal e conversão de tempo em profundidade. Todos os procedimentos foram realizados com o auxílio do programa Radan 6.6. No mais, o perfil de GPR foi selecionado, de acordo, com a sua posição geográfica na planície, ou seja, atravessando um truncamento erosivo. Representando uma fase erosiva, essa descontinuidade na planície deixa resquícios na paisagem e sobretudo no padrão de empilhamento dos sedimentos Em

seguida, as linhas pós processadas foram interpretadas e vetorizadas no software InkScape. A interpretação dos refletores seguiu os mesmos princípios da estratigrafia sísmica, no qual, realiza-se descrições das radarfáceis e das superfícies de radar (Neal, 2004). Por fim, a descrição foi feita considerando a morfologia, o mergulho, a continuidade, a terminação e o contato com os refletores adjacentes.

2.3 Representação dos processos modernos: Perfil de praia O Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal Fluminense conta com uma rede de monitoramento de perfis de praia no delta do rio Paraíba do Sul (RJ) desde 2005. Dito isso, o perfil 6 foi escolhido, pois representa o setor da praia que sofre com a erosão costeira, refletindo assim os diferentes processos geomorfológicos. Metodologicamente, os perfis topográficos foram realizados transversalmente à linha de costa com o auxílio de uma estação total e um prisma. O equipamento coleta coordenadas das distâncias horizontais e verticais do perfil praial. Em seguida, esses dados foram plotados no programa Excel e por ventura, obteve-se um gráfico representativo da morfologia da praia atual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Arquitetura deposicional – Passado: A partir da descrição de radarfáceis proposta por Neal (2004), Rocha et al., (2013); Rocha et al., (2017); Montes et al., (2018) e Figueiredo et al., (2021), foram identificados 3 radarfáceis (figura 2A e B): Rf(1) Eólico, marcado no topo da linha, apresenta refletores subparalelos e descontínuos; Rf2(2) Praiais, incluindo berma e face de praia, representa a maior parte do pacote e é marcado por refletores inclinados em direção ao mar; Rf(3) antepraia superior, representando por refletores côncavo-convexo e descontínuo. Figura 2A: Notar a predominância de refletores em direção ao mar e a presença de superfícies erosivas. B: Conjunto de radarfáceis e seus padrões morfológicos. C: Perfil 6 da praia, observar os indicadores morfológicos de erosão costeira. Esse padrão de estruturas/refletores mergulhando em direção ao mar (figura 2), reflete um empilhamento progradação que ocorre em cenários de abaixamento do NMM e/ou em cenário de expressivo aporte sedimentar, mesmo em condições de estabilidade do NMM ou lento aumento do NMM (Dillenburg et al., 2011; Scheffers et al., 2012; Otvos, 2012). Em termos geomorfológicos, esse padrão de empilhamento reflete a gênese das cristas de praia (Tamura, 2012 e Otvos, 2020) a partir da incorporação de sedimentos marinhos na berma. Também são observadas Superfícies Erosivas (SE) entre essas radarfáceis (figura 2) e essas SEs são marcadas por um refletor contínuo, com terminação em downlap, que corta refletores antecedentes do ambiente praial (pós-praia e zona de estirâncio), podendo alcançar a antepraia superior (Figuras 2A e 2B).

3.2 Perfil de praia – Presente: O Perfil 6 (P6), conforme pontuado por Machado (2018) e Rocha et al., (2018), está localizado na praia de Atafona e sofre com processos morfológicos associados a erosão costeira. Observa-se a presença de dunas frontais de aproximadamente 8m de altura, ausência de berma e uma face de praia inclinada. Especificamente em relação à altura das dunas frontais, o modelo de scarp and fill, sugerido por Carter et al., (1990) e Hesp e Walker (2013) explica tal padrão. Neste modelo a erosão causada pela ação das ondas na base da duna frontal, disponibiliza sedimentos que são transportados pela ação dos ventos de mar pra terra, alteando a duna frontal. Essas características morfológicas são encontradas em praias que apresentam padrões de erosão costeira, segundo Muehe (2006). De acordo com Rocha et al.(2018), esse processo pode levar a gênese de uma beach foreduneridge ao invés de uma crista de praia (beach ridge), isto é, a gênese morfológica de crista e cava que caracteriza esta feição pode ser mais em função do retrabalhamento eólico do que essencialmente da ação das ondas. Ainda em relação ao comportamento morfológico do P6, nota-se uma migração contínua das dunas frontais em direção ao continente, fato já pontuado por Rocha et al., (2018). Essa migração acompanha ainda a formação e destruição de cortes eólicos, principalmente entre os anos de 2015 e 2016 (figura 2C). De acordo com Rocha et al.(2018), esse processo pode levar a gênese de uma beach foredune ridge.

3.3 Processos que determinam a evolução das cristas de praia no delta do rio Paraíba do Sul (RJ): No flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul (RJ), os sistemas de cristas de praia, são intercalados por truncamentos erosivos, o que indica um processo evolutivo da planície costeira marcado pela progradação do prisma deposicional, mas que eventualmente é interrompido por fases de erosão costeira (Rocha et al., 2019). O dado da arquitetura deposicional corrobora tal fato, tendo em vista a ocorrência de Superfícies Erosivas truncando os refletores de progradação contínua do pacote (figura 2A e B). Paralelamente a isto, o perfil topográfico da praia evidencia os eventos erosivos atuais (figura 2C), a partir da sua morfologia. Considerado um análogo moderno, a investigação da dinâmica atual da praia e da linha

de costa podem trazer indícios dos processos evolutivos de uma planície costeira (Dougherty, 2014 e Oliver et al., 2017). Portanto, a partir da correlação entre os processos pretéritos, marcados no padrão de empilhamento sedimentar, e os processos atuais, discute-se como os processos geomorfológicos interferem na evolução das cristas de praia (figura 3). Dito isso, a partir da progradação contínua da praia, no estágio 1 (figura 3A), a formação das cristas de praia não apresenta indícios de processos erosivos e sua progradação ocorre de maneira subsequente através da incorporação dos sedimentos marinhos que são transportados até à berma por processos de espraiamento das ondas, conforme o modelo de Tamura (2012) e Otvos (2020). Já no segundo estágio, a praia começa a sofrer com processos erosivos e elementos morfológicos ficam marcados na paisagem, como as escarpas erosivas e o aumento expressivo das dunas frontais (figura 3B). No terceiro estágio, a praia pode se recuperar a partir da incorporação dos sedimentos transportados pelas ondas e até mesmo pelos sedimentos que compõe a duna frontal. Neste último caso, esse processo pode ocorrer quando a duna frontal, que aumenta em termos altimétricos a partir do processo de scarp and fill, perde sustentação e colapsa, geralmente a partir da geração de cortes eólicos. Esse processo foi observado no P6, na mencionada área de estudo (figura 3C e 2C). Esses sedimentos podem ainda ser transportados pela ação eólica, formando as cristas de dunas frontais (Hesp et al., 2005). Figura 3: Modelo de evolução das cristas de praia do flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul associado a padrões geomorfológicos. No perfil topográfico (figura 2C), por exemplo, a variação altimétrica entre o ambiente praiado e o eólico é de aproximadamente 4m até 2016. Já em 2018, observa-se uma redução da altura dessa duna para aproximadamente 2m. Valor semelhante foi encontrado no interior da planície, através da linha de GPR, onde os refletores eólicos aparecem por aproximadamente 1,5m de espessura, possivelmente associado ao estágio 3 de evolução. Já as SEs que estão relacionadas aos truncamentos erosivos na paisagem, Bastos (1997) atribui a formação desses padrões a partir de mudanças de orientação do curso do rio. Já Martin et al., (1983), associa essas descontinuidades a oscilações de alta frequência do nível mar. Entretanto, tal hipótese foi refutada por Rocha et al., (2019), no qual, a partir de datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) (figura 1A) a autora interpretou que as cristas de praia permaneceram preservadas durante essa “oscilação”. Dificilmente essas feições permaneceriam preservadas nas condições sugeridas por Martin et al., (1983). Dominguez e Guimarães (2022) também refuraram essa hipótese no delta do rio São Francisco com o mesmo argumento. Dougherty (2014) e Oliver et al., (2017) indicaram para as planícies na Nova Zelândia e Austrália, respectivamente, reorientações da paleopraias a partir da incidência de sucessivos eventos de tempestade. Esse não parece o caso do delta do rio Paraíba do Sul (RJ), tendo em vista o caráter contínuo do processo erosivo na praia de Atafona, exemplificado através dos indicadores morfológicos no P6 (figura 1B e 2C) e nos monitoramentos de linha de costa (Machado, 2020; Rocha et al., 2018; Vasconcelos et al., 2021). Por outro lado, Sawakuchi et al., (2008) e Guedes et al., (2011) em trabalhos na planície da Ilha Comprida indicam uma outra temática para essas reorientações das cristas de praia. Segundo os autores, uma mudança na frequência e direção das ondas, poderia ocasionar o fenômeno. Já Milana et al., (2017) correlaciona as fases de erosão e progradação das paleopraias a mudanças paleoambientais relacionadas a períodos mais úmidos e mais secos. Entretanto, essas hipóteses e as reconstruções paleogeográficas ainda precisam ser melhor investigadas no delta, sobretudo através da correlação entre dados geomorfológicos, geofísicos e geocronológicos.

Materiais e Métodos - Mapa de localização

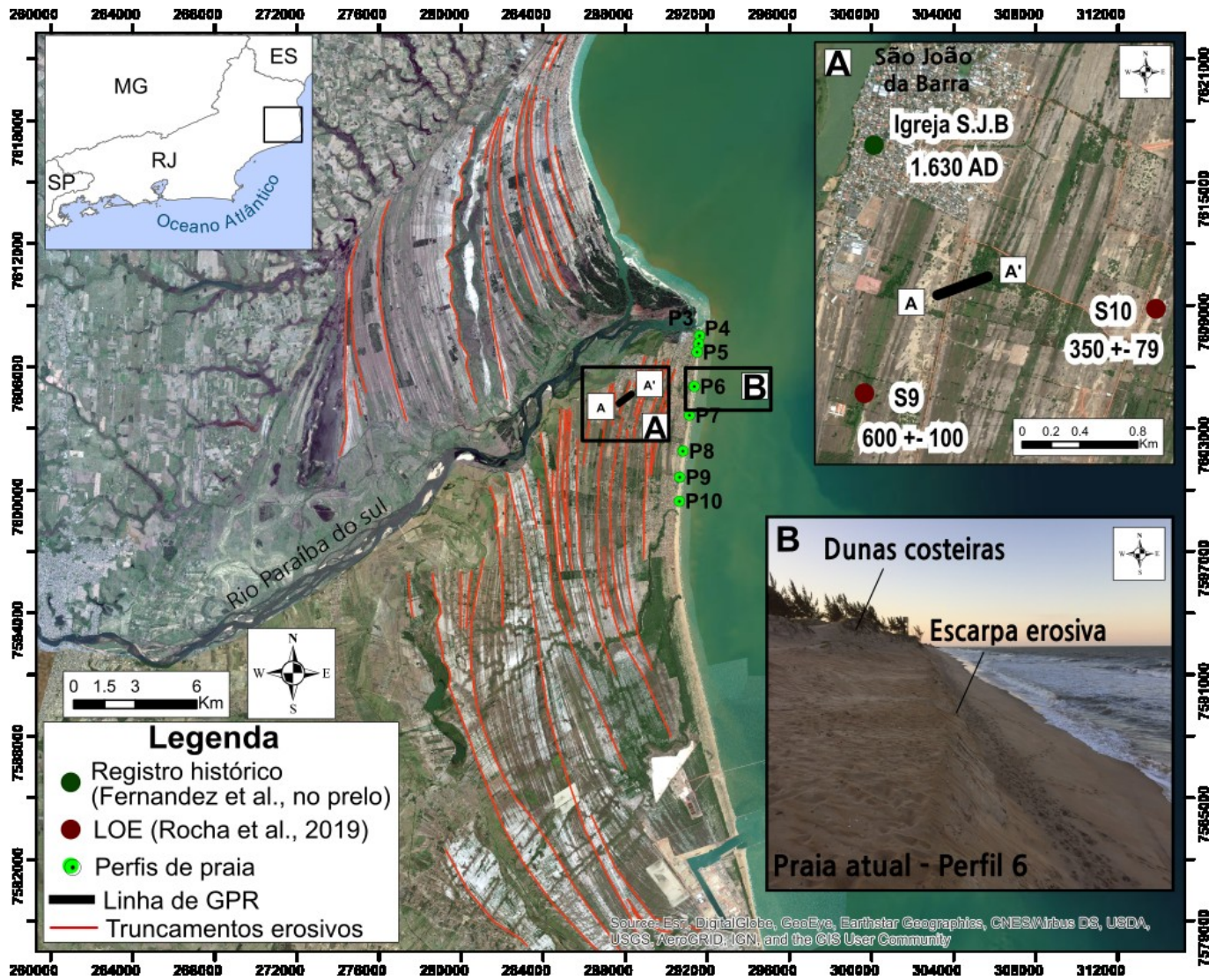


Figura 1: Mapa de localização do atual delta do rio Paraíba do Sul (RJ). A: Linha A de GPR próximo a foz. e B: Fotografia representando a praia atual.

Resultados e discussões - Linha de GPR

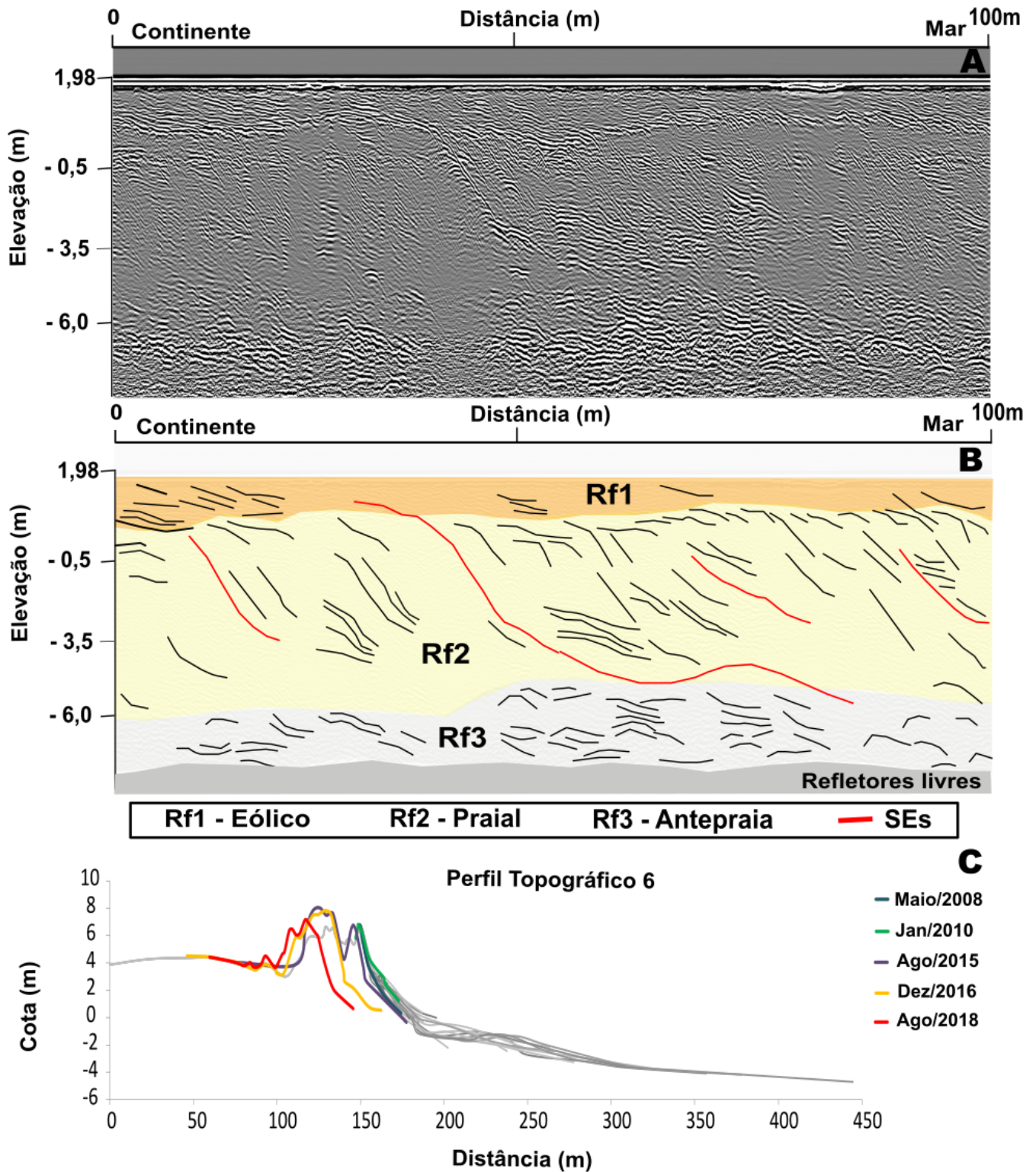


Figura 2A e B: Conjunto de radarfáceis e seus padrões morfológicos. C: Perfil 6 da praia, observar os indicadores morfológicos de erosão costeira

Resultados e discussões - Evolução das cristas de praia

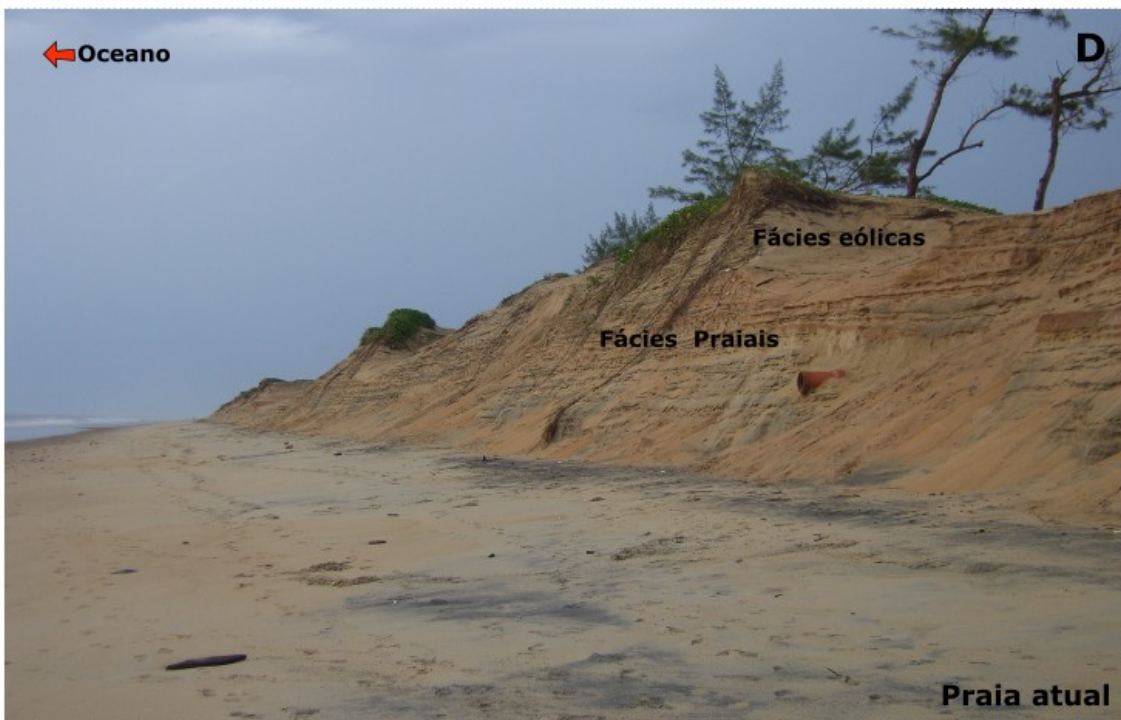
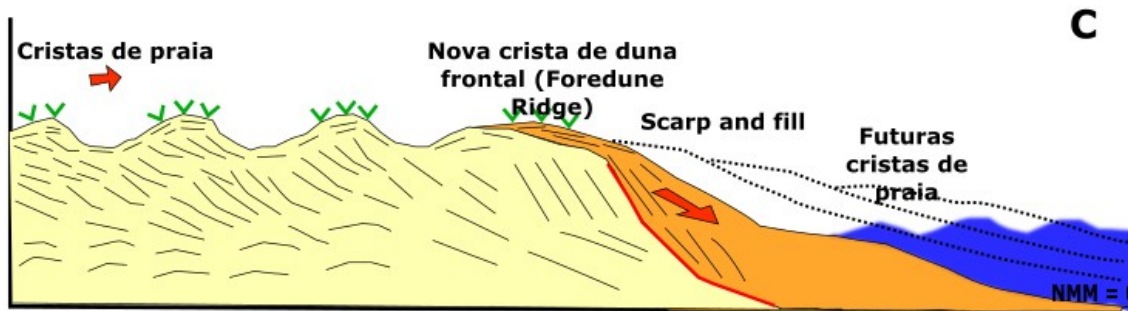
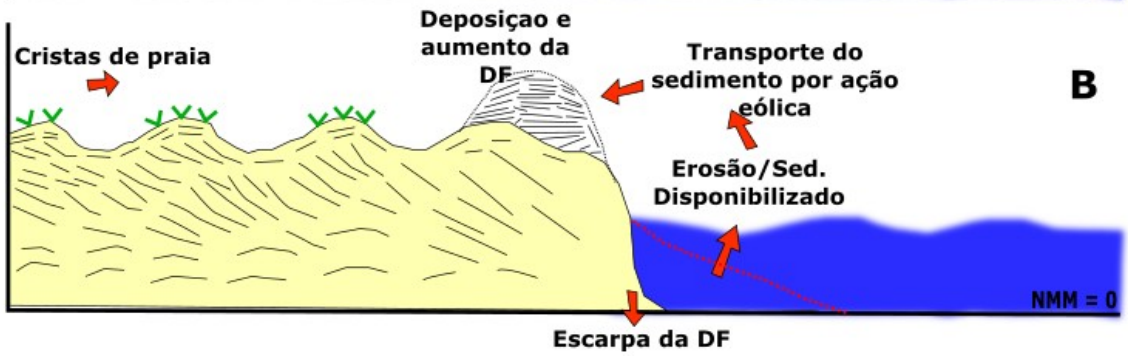
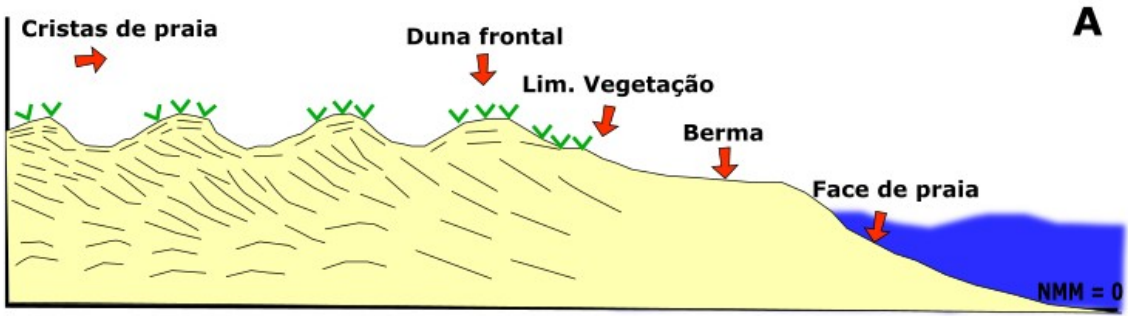


Figura 3: Modelo de evolução das cristas de praia do flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul associado a padrões geomorfológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre a arquitetura deposicional das “paleopraias” e a morfodinâmica moderna da praia forneceu registros dos processos que podem explicar a gênese das cristas de praia e a evolução da planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Os processos de erosão e progradação são identificados na atual linha de costa, enquanto os registros destes processos também foram identificados no interior da respectiva planície. Fato corroborado a partir da investigação em superfície das diferentes orientações das paleopraias e em subsuperfície cujo os refletores praias em direção ao mar, intercalados por SEs indicam uma construção da planície associados a fases erosivas. Por fim, a análise dos padrões modernos da praia indicam um momento de erosão costeira e portanto, sua dinâmica pode ser um exemplo de uma fase pretérita na planície. De fato, são inúmeras as hipóteses atreladas a ocorrência dessas fases de erosão e progradação na construção da planície deltaica. Entretanto, a correlação dessas fases a mudanças paleoambientais, sobretudo durante o holoceno ainda parece um desafio. Dito isso, a investigação das cristas de praia do delta do rio Paraíba do Sul apresenta um grande potencial paleogeográfico, tal como as reconstruções paleoambientais dos ambientes costeiros a partir da utilização de métodos de geofísica e geocronologia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de Pós-Graduação em Geografia da UFF pelo apoio com o edital PROEX/POSGEO-UFF. A estudante agradece também a CAPES pela bolsa de doutorado e ao LAGEF por fornecer toda a estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. A critical review of mid- to late-Holocene sea level fluctuations on the Figueiredo M. S. et al. p.447-464, 2018 eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25 p. 486 - 506, 2006
- BASTOS, A. C. Análise morfodinâmica e caracterização dos processos erosivos ao longo do litoral norte fluminense, entre Cabiúnas e Atafona. 1997. 133 p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha), Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- BRILL, D.; JANKAEW, K.; BRÜCKNER, H. Holocene evolution of Phra Thong's beach-ridge plain (Thailand)—chronology, processes and driving factors. *Geomorphology*, v. 245, p. 117-134, 2015.
- DIAS, G.T.M. 1981. O Complexo Deltáico do Rio Paraíba do Sul. In: Simpósio do Quaternário no Brasil. Publicação Especial. No.2 p.58-88
- DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; CARON, F.; CANCELLI, R.; SANTOS-FISCHER, C. B.; LOPES, R. P.; RITTER, M. N. Sedimentary records of Marine Isotopic Stage 3 (MIS 3) in southern Brazil. *Geo-Marine Letters*. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00574-2>.
- DOMINGUEZ, J. M. L., & Guimarães, J. K. (2021). Effects of Holocene climate changes and anthropogenic river regulation in the development of a wave-dominated delta: The São Francisco River (Eastern Brazil). *Marine Geology*, 435, 106456.
- DOUGHERTY, Amy J. Extracting a record of Holocene storm erosion and deposition preserved in the morphostratigraphy of a prograded coastal barrier. *Continental Shelf Research*, v. 86, p. 116-131, 2014.
- DOUGHERTY, Amy J. et al. Optimizing the utility of combined GPR, OSL, and Lidar (GOaL) to extract paleoenvironmental records and decipher shoreline evolution. *Climate of the Past*, v. 15, n. 1, p. 389-404, 2019.
- DOUGHERTY, Amy J. Comment on “Relative sea-level records preserved in Holocene beach-ridge strandplains—An example from tropical northeastern Australia” by Brooke, BP, Huang, Z., Nicholas, WA, Oliver, TSN, Tamura, T., Woodroffe, CD, Nichol, SL. *Marine Geology*, v. 443, p. 106700, 2022.

- FIGUEIREDO, M.S et al. Late Holocene evolution of São Tomé cape (Rio de Janeiro, Brazil): Insights from geomorphological, geophysical and geochronological data. *Quaternary International*, v. 602, p. 15-29, 2021.
- GUEDES, C.C.F., Giannini, P.C.F., Sawakuchi, A.O., DeWitt, R., Nascimento Jr., D.R., Aguiar, V.A.P., Rossi, M.G. Determination of control on Holocene barrier progradation through application of OSL dating: the Ilha Comprida Barrier example, Southeastern Brazil. *Mar. Geol.* 285, 1e16, 2011.
- HESP P. A.; DILLENBURG S. R.; BARBOZA E. G.; TOMAZELLI L. J.; AYUP-ZOUAIN R.N.; ESTEVES L.S.; GRUBER N. S.; TOLDO-JR. E.; TABAJARA, L. L. C.; CLEROT, L.C.P. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77 (3): 493-508. 2005.
- HEIN, C.J.; FITZGERALD, D.M.; CLEARY, W.J.; ALBERNAZ, M.B.; MENEZES, J.T.; KLEIN, A.H.F. 2012. Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: Implications for complex coastal response to environmental change. *Sedimentology* (2012), p.1-34, doi: 10.1111/j.1365-3091.2012.01348.x
- MACHADO, B.A. O comportamento da linha de costa na interação praia-duna no flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul (RJ). 2020. 88 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Boletim IG-USP. Publicação Especial*, n.15. 1993. <https://doi.org/10.11606/issn.2317-8078.v0i15p01-186>
- MONCKE, K., Templeton, C.K., Finger, W., Houston, B., Luthi, S., McAdoo, B.G., Meilianda, E., Storms, J.E.A., Walstra, D.J., Amna, R., Hood, N., Karmanocky, F.J., Nurjanah, Rusydy, I., Sudrajat, S.U., 2015. Beach ridge patterns in West Aceh, Indonesia, and their response to large earthquakes along the northern Sunda trench. *Quat. Sci. Rev.* 113, 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.10.014>.
- MILANA, J.P; GUEDES, Carlos Conforti Ferreira; BUSO, Victoria Valdez. The coastal ridge sequence at Rio Grande do Sul: A new geoarchive for past climate events of the Atlantic coast of Southern Brazil since the mid Holocene. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.013>, v. 29, p. 1-13, 2016.
- MONTES A., Bujalesky, G.G., Paredes, J.M., 2018. Geomorphology and internal architecture of Holocene sandy-gravel beach ridge plain and barrier spits at Río Chico area, Tierra del Fuego, Argentina. *J. S. Am. Earth Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.03.012>
- NEAL, A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth Science Reviews* 66 pp. 261-330, 2004.
- OLIVER, T. S. N. et al. Integrating millennial and interdecadal shoreline changes: Morphosedimentary investigation of two prograded barriers in southeastern Australia. *Geomorphology*, v. 288, p. 129-147, 2017.
- OTVOS E.G. Beach ridges – definitions and significance. *Geomorphology*, 32: 83-108. 2000.
- OTVOS, E. G. Coastal barriers - fresh look at origins, nomenclature and classification issues. *Geomorphology*, n 355, p 2-22, 2020
- ROCHA, T.B.; VASCONCELOS, S.C; PEREIRA, T.G; FERNANFEZ, G.B. Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) nas cristas de praia do delta do rio Paraíba do Sul (RJ): Considerações sobre a evolução geomorfológica entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v 20, n 3, p. 563-580, 2019.
- SAWAKUCHI, A.O., Kalchgruber, R., Giannini, P.C.F., Nascimento Jr., D.R., Guedes, C.C.F., Umisedo, N.K., 2008. The development of blowouts and foredunes in the Ilha Comprida barrier (Southeastern Brazil): the influence of Late Holocene climate change
- SILVEIRA, L.F.; MEDEIROS, S.R.; LOPES, J.N.; SANTOS, B.R.C.; DA D.R.; SILVA, Caracterização Fotoestratigráfica e Petrofaciológica dos Cordões Arenosos Litorâneos do Delta do Rio Paraíba do Sul, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 42 - 1 / 2019 p. 536_553
- SCHEFFERS, A.; ENGEL, M.; SCHEFFERS, S.; SQUIRE, P.; KELLETAT, D. Beach ridge systems – archives for Holocene coastal events? *Progress in Physical Geography*, 36(1) 5-37. 2012.
- TAMURA, T. Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records. *Earth-Science Reviews*, n.114, p. 279-297, 2012.

TAMURA, T. et al. Recurrence of extreme coastal erosion in SE Australia beyond historical timescales inferred from beach ridge morphostratigraphy. *Geophysical Research Letters*, v. 46, n. 9, p. 4705-4714, 2019.

VASCONCELOS, S. C. DE et al. Gênese E Morfodinâmica Das Barreiras Arenosas No Flanco Norte Do Delta Do Rio Paraíba Do Sul (Rj). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 3, 2016.

VASCONCELOS, S. C., Ramos, I. A., da Silva Nunes, R., dos Santos, R. A., & de Figueiredo Jr, A. G. (2021). Dinâmica erosiva e progradacional das praias de Atafona e Grussaí (RJ), 1954-2019. *Revista da ANPEGE*, 17(33), 162-182.