



REVISTA
Casa da
GEOGRAFIA
de Sobral
ISSN 2316-8056



TERRAÇO MARINHO ENTRE BARREIRAS DE BAIXO E TIBAU: ASPECTOS GENÉTICOS E MORFOLÓGICOS

Barreiras de Baixo-Tibau marine terrace: genetic and morphological aspects

Terraza marina entre Barreiras de Baixo y Tibau: aspectos genéticos y morfológicos

Antonio Rodrigues Ximenes Neto¹

Filipe Maciel de Moura²

Eduardo Lacerda Barros³

Paulo Roberto Silva Pessoa⁴

Jáder Onofre de Morais⁵

RESUMO

Os terraços marinhos são importantes indicadores de progradação sedimentar em resposta a queda do nível de base/mar. A área de estudo no município de Icapuí é delimitada entre Barreiras de Baixo e Tibau, com o objetivo de analisar as unidades morfológicas associadas a um terraço marinho, além da proposta preliminar de um modelo genético holocênico. Utilizou-se de Ortofotos e Lidar adquiridas junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), a partir destes dados foram gerados perfis topográficos, tridimensionais e classificação de unidades geomorfológicas. O terraço marinho apresentou duas orientações principais: NW-SE e NNW-SSE. Sendo que o primeiro possui as maiores extensões, menores cotas topográficas, maior penetrabilidade da maré e grande presença das cristas de praia (*beach ridges*). O segundo setor é caracterizado pela grande presença de campos de dunas. Foi apontado 5 fases evolutivas para a gênese do terraço marinho, considerando as curvas de Bezerra *et al.*, (2003) e Caldas *et al.*, (2006). O Holoceno Superior é nitidamente caracterizado pela queda do nível do mar que pode ter favorecido a progradação das cristas de praia. Destaca-se que no setor mais extenso do terraço (~3,2km) são verificadas algumas ilhas barreiras isoladas, o que pode denotar uma pequena oscilação neste setor.

Palavras-chave: Cristas de Praia; Progradação Sedimentar; Variação do Nível do Mar.

ABSTRACT

Marine terraces are important deposits of sedimentary progradation in response to sea level fall. The study area is delimited between Barreiras de Baixo and Tibau. It presented the aim

¹Doutorando em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: antonio.lgco@gmail.com

²Doutorando em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: filipemaciel92@yahoo.com

³Prof. Dr. do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, e-mail: eduardo.lgco@gmail.com

⁴Prof. Dr. da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: paulorpessoa@gmail.com

⁵Prof. Emérito da Universidade Estadual do Ceará, e-mail: jader.morais@uece.br

of analyzing the morphological units associated to a marine terrace, in addition to the preliminary Holocene genetic model. Topographic, three-dimensional profiles and classification of geomorphological units were obtained from Ortofotos e Lidar, acquired in the SEMACE. The marine terrace showed two major orientations: NW-SE and NNW-SSE. The first has the greater width, smaller topographic level, greater influence of the tide and great presence of beach ridges. The second sector is characterized by the great presence of dune fields. Five evolutionary phases of the sea terrace were identified, considering the curves of Bezerra *et al.* (2003) and Caldas *et al.* (2006). The Upper Holocene is clearly characterized by sea level drop that may have favored the beach ridges progradation. It is noteworthy that in the larger sector of the terrace (~ 3.2km) there are some isolated barrier islands, which may indicate a small oscillation in this sector.

Key-words: Beach Ridges; Sedimentary Progradation; Sea-Level Changes.

RESUMEN

Las terrazas marinas son indicadores importantes de la progradación sedimentaria en respuesta a la caída en la base/nivel del mar. El área de estudio en el municipio de Icapuí está delimitada entre Barreiras de Baixo y Tibau y presenta el objetivo de analizar las unidades morfológicas asociadas a una terraza marina, además de la propuesta preliminar de un modelo genético del Holoceno. Se utilizó Ortofotos y Lidar adquiridos del Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), a partir de estos datos se generaron perfiles topográficos, tridimensionales y clasificación de unidades geomorfológicas. La terraza marina tiene dos orientaciones principales: NO-SE y NNO-SSE. El primero tiene las extensiones más grandes, las dimensiones topográficas más bajas, la mayor penetración de la marea y la gran presencia de crestas de playa. El segundo sector se caracteriza por la gran presencia de campos de dunas. Se identificaron cinco fases evolutivas para la génesis de la terraza marina, considerando las curvas de Bezerra *et al.* (2003) y Caldas *et al.* (2006). El Holoceno Superior se caracteriza claramente por la caída del nivel del mar que puede haber favorecido la progradación de las crestas de las playas. Es de destacar que en el sector más grande de la terraza (~ 3.2 km) hay algunas islas de barrera aisladas, lo que puede indicar una pequeña oscilación en este sector.

Palabras clave: Crestas de playa; Progradación sedimentaria; Variación del nivel del mar.

INTRODUÇÃO

Os terraços marinhos são superfícies planas ou suavemente inclinadas de origem marinha, com ou sem influência tectônica limitada por uma notável quebra no declive (BIRD, 2008; MARTINEZ-MARTOS *et al.*, 2016). Desta forma, podem emergir em costas soerguidas, onde estão geneticamente associados a um antigo nível marinho alto interglacial (PIRAZZOLI, 2005).

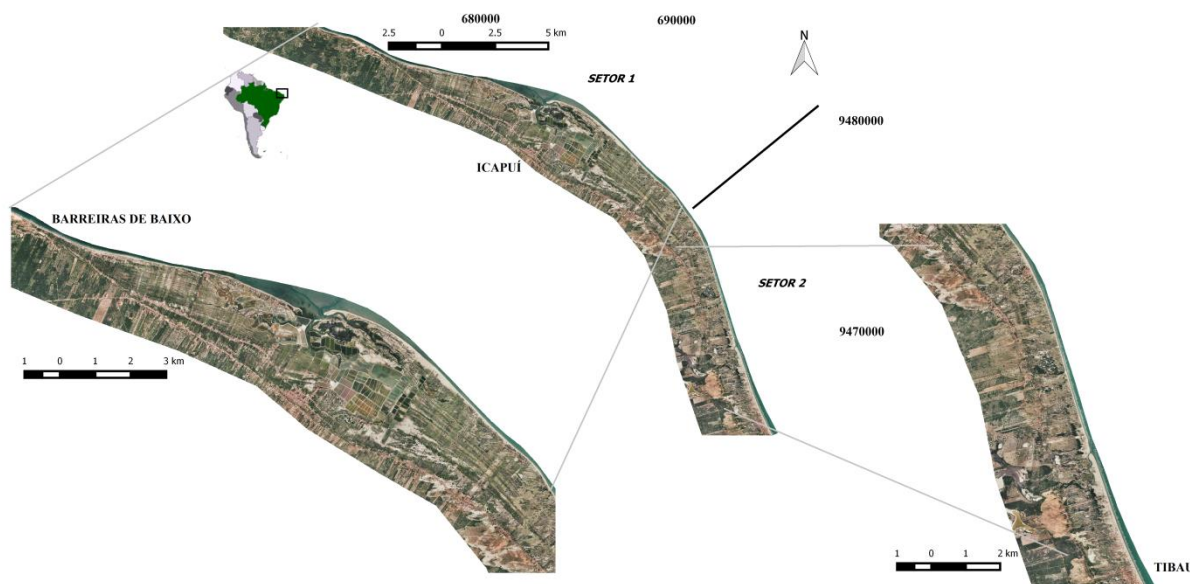
Os terraços são originados quando o nível do mar se eleva fazendo com que os sedimentos subaquosos (areia e cascalho) retrabalhem sobre um leito rochoso e/ou sedimentar adquirindo um formato de plataforma. Com a posterior queda do nível do mar, as superfícies ravinadas por ondas são expostas acima da água (SCHULZ *et al.*, 2018). Uma feição peculiar associada à progradação de terraços marinhos são as *beach ridges*, que são depósitos alongados e paralelos à linha de costa que quando ocorrem de maneira agrupada formam as *beach-ridge plains* (ENGELS & ROBERTS, 2005). No nordeste brasileiro os terraços marinhos comumente sobrepõem-se a Formação Barreiras (BARRETO *et al.*, 2002).

De acordo com Anderson *et al.*, (1999), terraços marinhos são formas planas efêmeras, pois as forças tectônicas e climáticas responsáveis pela origem dos terraços marinhos operam por pelo menos 1 milhão de anos e os terraços neste intervalo já foram completamente removidos pela erosão acima de uma dada altitude (e, conseqüentemente, acima de uma determinada idade).

A área de estudo se localiza em um terraço marinho no município de Icapuí, entre as praias de Barreiras de Baixo e a divisa do Ceará com o Rio Grande do Norte em Tibau, figura 1. Meireles (2001) aponta que o terraço marinho de Icapuí apresenta sua gênese associada aos processos posteriores aos máximos transgressivos de 123.000 anos Antes do Presente (A.P) e 5.100 anos A.P, respectivamente. O autor dividiu a zona do terraço em seis depósitos principais: Praial-Moderno, Estuarino-Lagunar, Lacustres, Eólicos, Praial-Holocênico e Praial-Pleistocênico. Identificou alguns níveis de conchas entre 50cm e 80cm, com idades variando de 1.660 ± 45 anos A.P a 1.720 ± 50 anos A.P.

O objetivo desta pesquisa foi identificar os padrões morfológicos associados ao terraço marinho e uma proposta genética preliminar conforme as flutuações de alta frequência do nível de base durante o Holoceno (influenciados por processos locais).

Figura 1: Sistema Terraço Marinho de Barreiras de Baixo-Tibau (Divisa CE-RN).



Fonte: autores.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi dividido em quatro etapas: levantamento bibliográfico, interpretação de dados de LIDAR, atividade de campo e integralização das informações para a geração do

modelo evolutivo. Na primeira etapa foi consultada bibliografia pertinente à temática em periódicos nacionais e internacionais, livros, dissertações e teses. A segunda etapa consistiu da interpretação morfológica a partir de dados topográficos obtidos através da tecnologia óptica do *Light Detection and Ranging* (LIDAR) com resolução de 50 cm, adquiridos junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), além de ORTOFOTOS do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da costa do Ceará de 2015. Com estes dados foram realizados Modelos Digitais do Terreno (MDT) e perfis topográficos. A terceira etapa consistiu da verificação em campo dos padrões morfológicos evidenciados pelo LIDAR. A quarta etapa foi a conjunção das três anteriores e consequente criação de um modelo preliminar holocênico genético do terraço marinho, levando em consideração as curvas de variação do nível do mar da costa do Rio Grande do Norte e do Leste brasileiro (BEZERRA *et al.*, 2003; MARTIN *et al.*, 2003; STATTEGGER *et al.*, 2006; ANGULO *et al.*, 2006; CALDAS *et al.*, 2006; BOSKI *et al.*, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

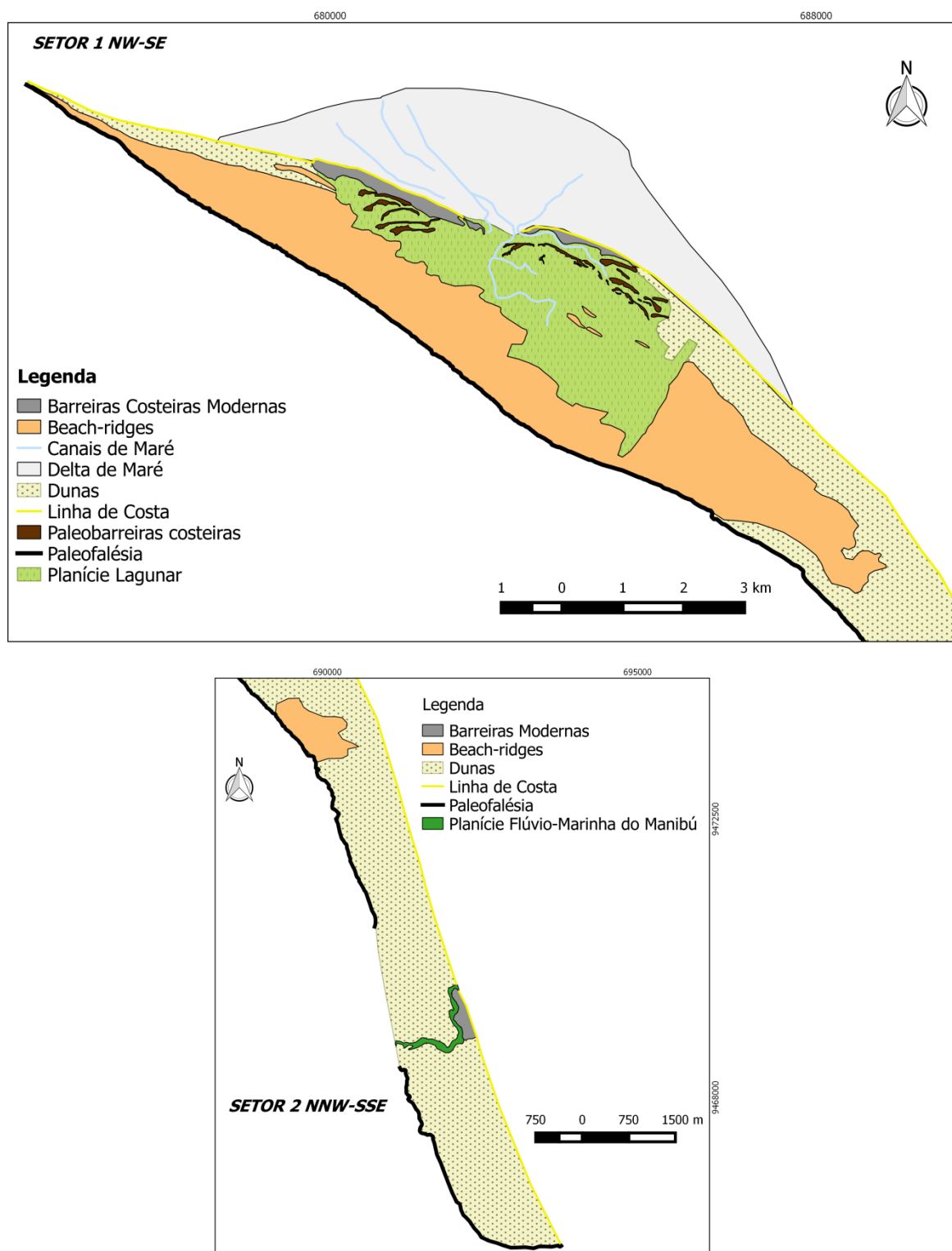
Os resultados e suas conseqüentes discussões foram divididos em dois tópicos: aspectos morfológicos do sistema terraço marinho Barreiras de Baixo-Tibau e evolução holocênica do terraço marinho.

Aspectos Morfológicos do Sistema Terraço Marinho Barreiras de Baixo-Tibau

O terraço se inicia em Barreiras de Baixo e termina em Tibau (divisa CE-RN), com seu limite interior bem delimitado por uma paleofalésia. O sistema geomorfológico associado ao terraço apresenta 45,4 km² de área total, sendo 9,6 km² representada pela área da planície lagunar, barreiras costeiras (modernas e antigas) e Rio Manibú e os outros 35,8 km² ao relevo próprio do terraço marinho, figura 2. O terraço marinho apresenta duas unidades geomorfológicas: *beach ridges* – 15,9 km²/44,5% e as dunas (sobrepostas) – 19,9 km²/55,5%. O terraço apresenta até 3,2km de comprimento no setor do delta de maré.

Segundo Bitencourt *et al.*, (2016) os cordões litorâneos regressivos do tipo dunas frontais (*foredune ridges*) e do tipo praia (*beach ridges*) são elementos morfológicos comuns em margens de lagoas e lagunas costeiras. Abordagem esta similar ao terraço marinho de Icapuí.

Figura 2: Sistemas geomorfológicos associados ao Terraço Marinho, no setor 1 (acima) e 2 (abaixo).

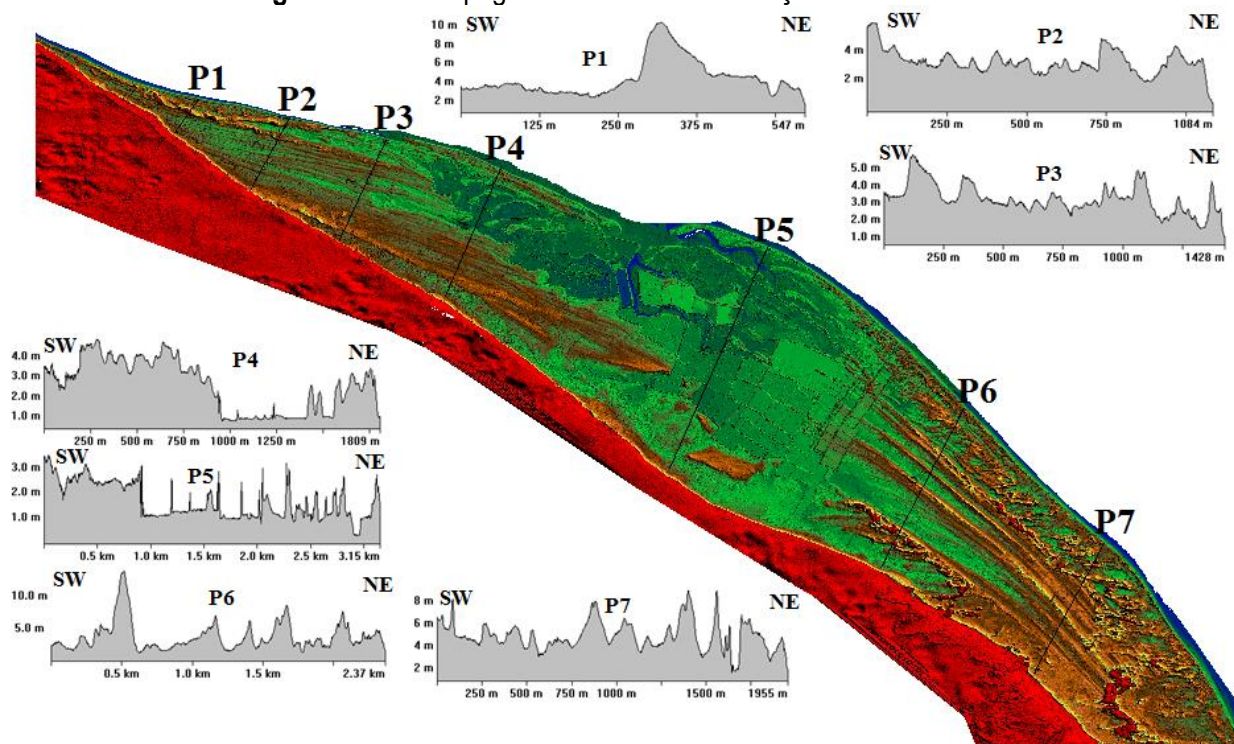


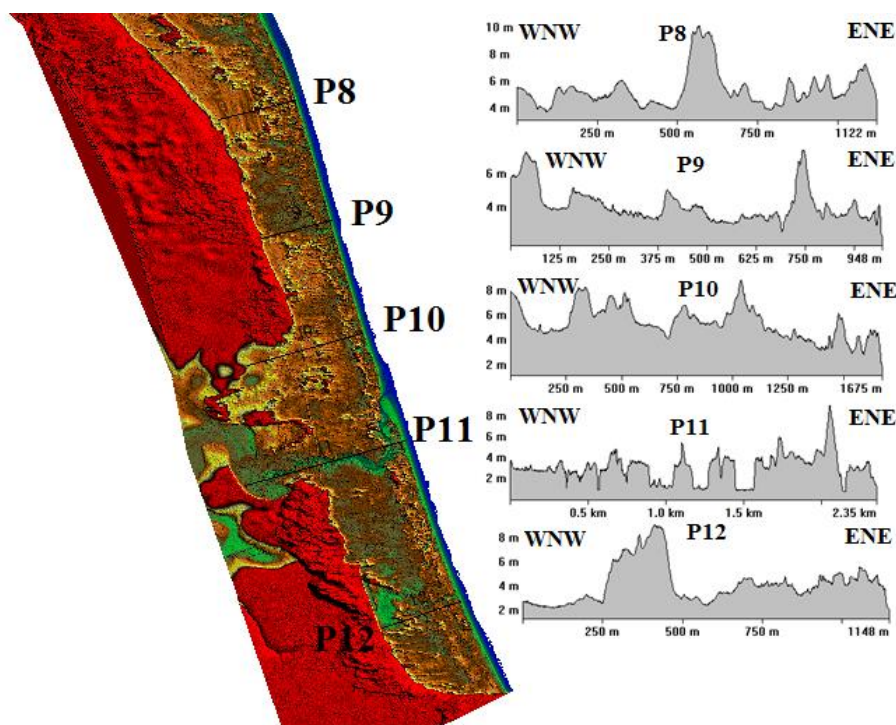
Fonte: autores.

O terraço apresenta duas orientações principais: NW-SE e NNW-SSE. O primeiro setor apresenta comprimento do terraço variando de poucos metros na Praia de Barreiras de Baixo a

3,2km de comprimento no setor central (carcinicultura), figura 3. No segundo setor, o comprimento varia entorno de 1 km. Em relação às cotas altimétricas, verifica-se no primeiro setor as menores cotas topográficas e maiores penetratividade da influência da maré associadas ao setor mais extenso do complexo de terraço marinho. Este local se apresenta mais erodido em relação ao entorno, possivelmente associado a um *highstand* no Holoceno Superior, o qual provocou a inundação com ravinamento transgressivo pela maré e consequente desenvolvimento do ecossistema manguezal. As cotas atingem 1,5m a 3 km da atual linha de costa. Já em relação às maiores cotas neste setor, verificam-se valores de até 15-20 m associadas às dunas. No segundo setor, as cotas são mais elevadas devido a grande presença de dunas, estando as cotas predominando entre 4 e 10 m, apresentando valores mínimo de ~1,5m em um setor interdunar e máximo de 15m em um sistema de dunas transgressivas próxima da linha de costa e a leste do Rio Manibú, figura 3.

Figura 3: Perfis topográficos do sistema terraço marinho.





Fonte: autores.

As *beach ridges* que são as principais características de um terraço marinho, apresentam cristas com cotas que variam entre 2,5m a 12,5m (com sobreposição de dunas), e calhas com cotas que variam de 1,80 a 4m. De acordo com Nascimento *et al.*, (2018), as feições geomorfológicas de cristas e vales representam a paleotopografia de antigos cordões de dunas frontais, os quais são marcadores de paleolinhas de costas.

A identificação apenas no setor 1 destas feições que melhor representam a gênese marinha está associada à própria relação fisiografia costeira x processos costeiros (aero- e hidrodinâmica), onde no setor dois a orientação NNW-SSE favorece a formação de espessos depósitos eólicos que sobrepõem o terraço. No setor 1 é verificada “evidências” de que as *beach ridges* já foram recobertas pela ação eólica e posteriormente foram exumadas, isto é facilmente observado a leste dos tanques de carcinicultura. As dunas que fizeram o *bypass* pelo terraço cavalgaram a falésia e formam os depósitos eólicos que capeiam a Formação Barreiras.

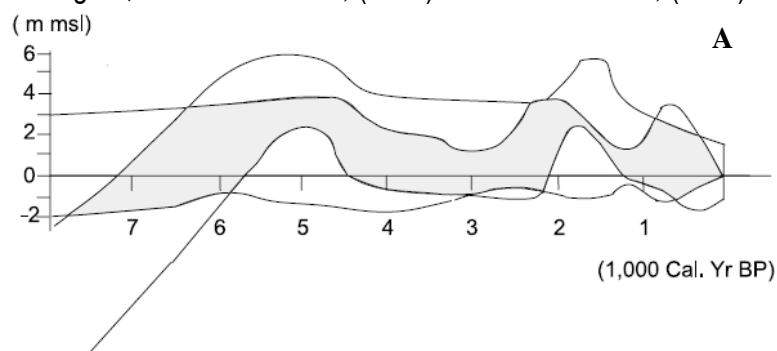
Meireles (2001) identificou 3 gerações de dunas nesta região. A primeira geração estaria sobre a paleofalésia (dunas fixas e principalmente dômicas), relacionada ao máximo transgressivo de 123.000 anos A.P; a segunda geração estaria sobreposta aos depósitos dos terraços marinhos estando relacionadas ao último evento regressivo, elas são dunas transversais que atualmente estão submetidas à erosão e desenvolvimento de *blowout*; a terceira geração são as dunas litorâneas atuais que estão sobre a berma.

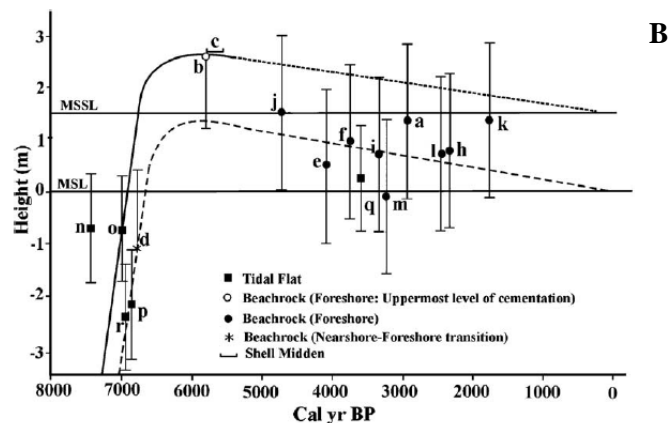
Evolução holocênica do terraço marinho

Na costa brasileira, mas especificamente o setor entre o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul apresenta evidências do último máximo transgressivo no Holoceno Médio. No Rio Grande do Norte (área vizinha) é verificado este máximo período entre 5.000-5.900 anos A.P (BEZERRA *et al.*, 2003; STATTEGGER *et al.*, 2006; CALDAS *et al.*, 2006). Posteriormente ao *mid-Holocene highstand* é verificado uma queda progressiva até atingir a cota atual (ANGULO *et al.*, 2006). Na curva do Rio Grande do Norte proposta por Bezerra *et al.*, (2003) são observadas algumas flutuações posteriores ao máximo mencionado acima, figura 4. Sendo estas oscilações associadas a fatores locais, tais como neotectônica e padrão de vento-onda.

O setor entre a costa cearense e o Amapá não há um consenso se houve um nível marinho elevado durante o Holoceno Médio. Em Cohen *et al.*, (2005) para a costa paraense e Irion *et al.*, (2012) para a costa cearense não apontam para um nível elevado durante o Holoceno Médio. Porém Meireles *et al.*, (2005) e Vasconcelos (2014) em estudos na costa cearense apontam para um nível pretérito mais elevado que o atual durante o Holoceno. No entanto, a correlação abordada neste trabalho segue a curva de Bezerra *et al.*, (2003) e Caldas *et al.*, (2006) devido a proximidade das áreas. A principal diferença entre estas duas curvas é que na primeira é verificado oscilação de alta frequência no Holoceno Tardio e na segunda é evidenciada uma queda continua do nível do mar desde o Holoceno Médio, figura 4.

Figura 4: Curva de variação do nível do mar durante o Holoceno Médio e Superior para a costa Potiguar; A – Bezerra *et al.*, (2003) e B – Caldas *et al.*, (2006).

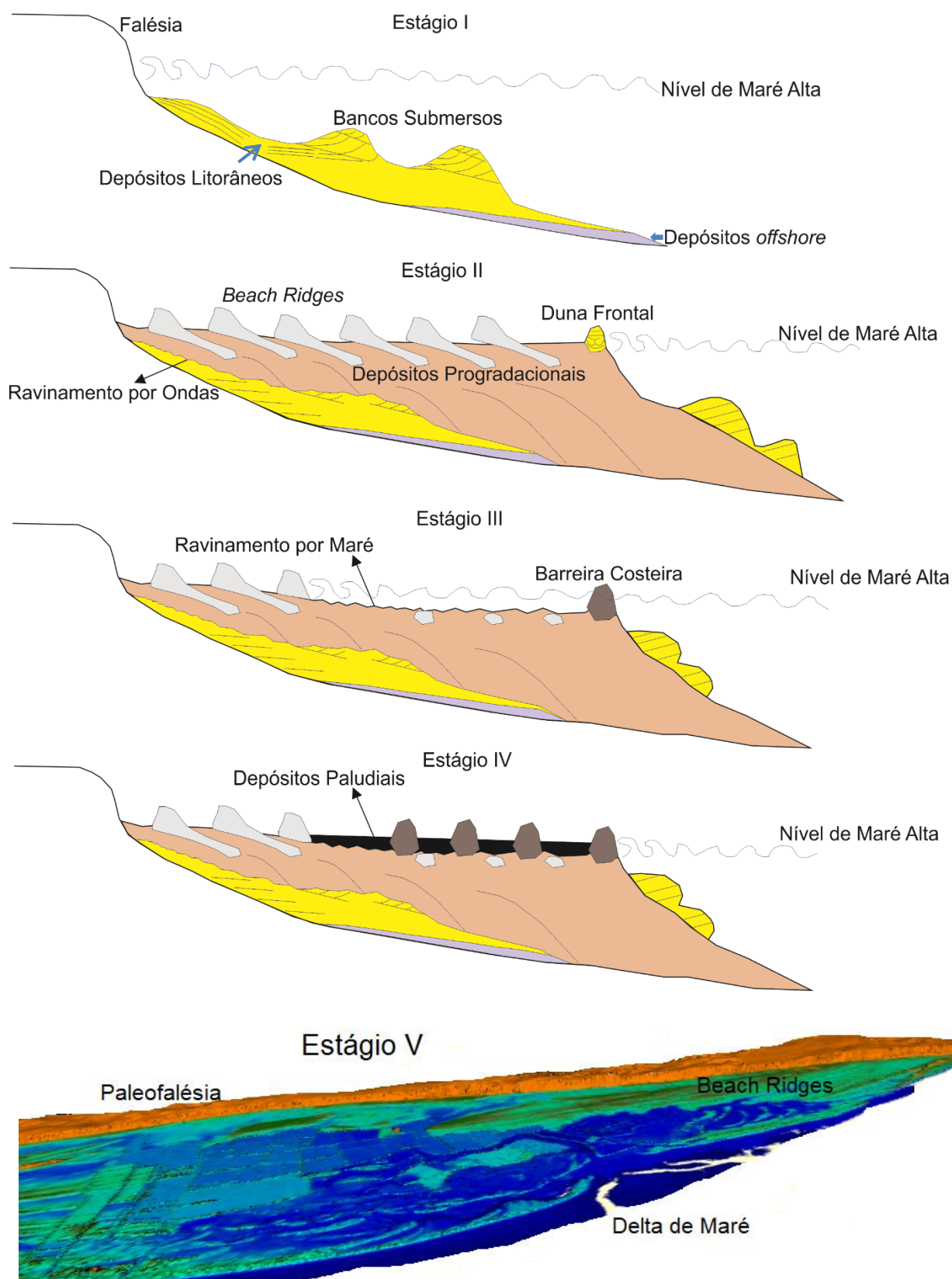




Fonte: Bezerra *et al.*, (2003) e Caldas *et al.*, (2006).

Analisando os aspectos morfológicos, topográficos e sedimentológicos, principalmente do setor 1 associado as *beach ridges*, foi proposta uma interpretação preliminar da gênese holocênica deste sistema de terraço marinho. Sendo assim, apontam-se cinco estágios: 1º - ação hidrodinâmica retrabalhando a linha de falésia, nível do mar ~2-3 metros acima do atual e consequente migração *landward* de fácies carbonáticas (sedimentos bioclásticos) e mistos (bioclásticos e siliciclásticos) - retrogradação; 2º - regressão e consequente progradação, favorecendo o desenvolvimento das *beach ridges* a partir da ação conjunta da hidrodinâmica (depósitos de berma e estirâncio) e aerodinâmica (revestimento eólico); 3º - pequenas transgressões e consequente erosão das *beach ridges* e ravinamento erosivo pela ação da maré propiciando o surgimento de uma planície lagunar (setor central); 4º - pequenas regressões e consequente desenvolvimento de paleobarreiras costeiras (principalmente do tipo ilhas barreiras) até atingir o nível atual; 5º - situação atual favorecendo o desenvolvimento de um amplo terraço de baixa mar e desenvolvimento de modernas barreiras costeiras, figura 5. Destaca-se que os estágios 3 e 4 por ter evidências apenas no setor mais extenso (área central com ~3,2km), possivelmente esteja relacionado a fatores locais associados a variação na relação suprimento sedimentar x processos costeiros x espaço de acomodação. Evidencia-se que estudos geocronológicos e estratigráficos são essenciais para o entendimento detalhado deste processo progradacional, figura 5.

Figura 5: Evolução do terraço marinho no Holoceno (setor mais extenso).



Fonte: autores.

Ressalta-se que as sequências deposicionais das *beach ridges* em direção costa-afora se caracteriza segundo Nascimento *et al.*, (2018) pelo processo de progradação, o que pode indicar períodos em que o aporte sedimentar supera a criação de espaço de acomodação ou o nível relativo do mar entra em queda.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O terraço marinho localizado entre as praias de Barreiras de Baixo e Tibau apresenta sua gênese preliminar diretamente associada às flutuações de alta frequência do nível de base no Holoceno Médio e Tardio. Diversas feições reliquiares reforçam esta hipótese, tais como antigas cristas de praias/*beach ridges*, antigas barreiras costeiras (principalmente do tipo ilhas barreiras), além da presença de bioindicadores marinhos, tais como rodólitos (algas calcárias vermelhas) e conchas de moluscos de água salgada em toda extensão das *beach ridges*. As dunas recobrem o terraço principalmente no extremo leste do setor 1, setor 2 e próximo a linha de costa.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. S; DENSMORE, A. L; ELLIS, M. A. The generation and degradation of marine terraces. **Basin Research**, 11, 7–19, 1999.
- ANGULO, R. J; LESSA, G. C; SOUZA, M. C. A critical review of mid- to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, 25, 486–506, 2006.
- BARRETO, A. M. F; BEZERRA, F. H. R; SUGUIO, K; TATUMI, S. H; YEE, M; PAIVA, R. P; MUNITA, C. S. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 179, 57-69, 2002.
- BEZERRA, F. H. R; BARRETO, A. M. F; SUGUIO, K. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. **Marine Geology**, 196, 73-89, 2003.
- BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 2008.
- BITENCOURT, V. J. B; DILLENBURG, S. R; BARBOZA, E. G; MANZOLLI, R. P; CARON, F. Geomorfologia e arquitetura deposicional de uma planície de cordões litorâneos na margem NE da Lagoa dos Quadros, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, 43 (3): 249-269, set./dez. 2016.
- BOSKI, T; BEZERRA, F. H. R; PEREIRA, L. F; SOUZA, A. M; MAIA, R. P; LIMA-FILHO, F. P. Sea-level rise since 8.2 ka recorded in the sediments of the Potengi–Jundiá Estuary, NE Brasil. **Marine Geology**, 365, 1–13, 2015.
- CALDAS, L. H. R; STATTEGGER, K; VITAL, H. Holocene sea-level history: Evidence from coastal sediments of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. **Marine Geology**, v. 228, p. 39–53, 2006.

COHEN, M. C. L.; SOUZA FILHO, P. W.; LARA, R. L.; BEHLING, H.; ANGULO, R. A model of Holocene mangrove development and relative sea-level changes on the Bragança Peninsula (northern Brazil). **Wetlands Ecology and Management**, v. 13, p. 433–443, 2005.

ENGELS, S.; ROBERTS, M. C. The architecture of prograding sandy-gravel beach ridges formed during the Last Holocene highstand: Southwestern British Columbia, Canada. **Journal of Sedimentary Research**, v. 75, 1052–1064, 2005.

IRION, G.; MORAIS, J. O.; BUNGENSTOCK, F. Holocene and Pleistocene sea-level indicators at the coast of Jericoacoara, Ceará, NE Brazil. **Quaternary Research**, v. 77, p. 251–257, 2012.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Fluctuating Holocene sea-levels in eastern and southeastern Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. **J. Coast. Res.** 19 (1), 101–124, 2003.

MARTINEZ-MARTOS, M.; GALINDO-ZALDIVAR; LOBO, F. J.; PEDRERA, A.; RUANO, P.; LOPEZ-CHICANO, M.; ORTEGA-SÁNCHEZ, M. Buried marine-cut terraces and submerged marine-built terraces: The Carchuna-Calahonda coastal area (southeast Iberian Peninsula). **Geomorphology**, 264, 29-40, 2016.

MEIRELES, A. J. A. **Morfología Litoral y Sistema Evolutivo de la Costa de Ceará – Nordeste de Brasil**. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, Julio de 2001.

MEIRELES, A. J. A.; ARRUDA, M. G. C.; GORAYEB, A.; THIERS, P. R. L. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. **Mercator**, v. 4, n. 8, p. 109-134, 2005.

NASCIMENTO, F. J. S.; BARBOZA, E. G.; FERNANDEZ, G. B.; ROCHA, T. P.; MINELI, T. D.; ESTEVES, T. Análise cronoestratigráfica dos cordões litorâneos na planície costeira da foz do Rio Itabapoana (Espírito Santo, Brasil). **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.19, n.3 (Jul-Set) p.503-523, 2018.

PIRAZZOLI, P. A. Marine terraces. In: Schwartz, M. (Ed.), **Encyclopedia of Coastal Science**. Springer, Netherlands. 2005.

SCHULZ, M.; LAWRENCE, C.; MUHS, D.; PRENTICE, C.; FLANAGAN, S. Landscapes from the waves—Marine terraces of California: U.S. **Geological Survey Fact Sheet**, 2018–3002, 4 p., 2018. doi.org/10.3133/fs20183002.

STATTEGGER, K.; CALDAS, L. H. O.; VITAL, H. Holocene coastal evolution of the Northern Rio Grande do Norte coast, NE, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 151 - 156. Itajaí, SC, Brazil, ISSN 0749-0208. 2006.

VASCONCELOS, D. L. **Indicadores do nível relativo do mar e evolução costeira durante o Holoceno Tardio no litoral Oeste do Ceará, NE do Brasil**. 2014. 82f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.