

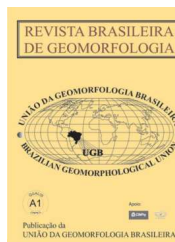


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 19, nº 3 (2018)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i3.1374>



GEOMORFOLOGIA E ARQUITETURA DEPOSICIONAL INTERNA DA BARREIRA COSTEIRA HOLOCÊNICA DA MASSAMBABA, LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

GEOMORPHOLOGY AND INTERNAL DEPOSITIONAL ARCHITECTURE OF MASSAMBABA HOLOCENE COASTAL BARRIER, RIO DE JANEIRO STATE

Mariana Silva Figueiredo

Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense

Av. General Milton Tavares de Souza, s/nº, Niterói, Rio de Janeiro, CEP: 24210-346, Brasil

E-mail: marianasf@id.uff.br

Thais Baptista da Rocha

Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense

Av. General Milton Tavares de Souza, s/nº, Niterói, Rio de Janeiro, CEP: 24210-346, Brasil

E-mail: thaisite5@yahoo.com.br

Guilherme Borges Fernandez

Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense

Av. General Milton Tavares de Souza, s/nº, Niterói, Rio de Janeiro, CEP: 24210-346, Brasil

E-mail: guilhermefernandez@id.uff.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:

09/01/2018

Data de Aprovação:

13/03/2018

Palavras-chave:

Geomorfologia costeira;
Barreiras arenosas costeiras;
Arquitetura deposicional interna.

Keywords:

Coastal geomorphology;
Coastal sandy barriers; Internal depositional architecture.

Resumo:

Barreiras arenosas costeiras são feições de aspecto alongado e estreito, compostas por areias ou outros sedimentos desprendidos que sofrem diretamente a ação de ondas, correntes, marés e ventos. Apesar da variedade de definições, a classificação como barreiras transgressivas, regressivas ou agradacionais é bastante usual e considera características morfológicas bem como arquitetura sedimentar interna. O presente trabalho tem como objetivo identificar as características geomorfológicas e a arquitetura deposicional interna da barreira costeira holocênica da Massambaba, litoral do estado do Rio de Janeiro, com o intuito de verificar possíveis nuances ao longo dos seus aproximadamente 50 km de extensão e classificar sua tipologia. De acordo com os resultados obtidos, as representações geomorfológicas (bidimensionais e tridimensionais) evidenciaram características da barreira costeira holocênica, permitindo a identificação de diferentes processos atuando sobre a barreira que foram responsáveis pela formação de terraço lagunar, dunas frontais, cortes eólicos e leques de transposição. Em relação a arquitetura deposicional interna os resultados corroboram com a geomorfologia já que foram

identificadas radarfácies referentes ao registro de processos eólicos, marinhos e lagunares que se distribuíram de forma heterogênea. Considerando as feições eólicas e o registros de radarfácies eólicas sobre radarfácies praias, ambos amplamente encontrados ao longo da barreira, sugere-se que a barreira holocênica esteja mais próxima da classificação de barreira agradacional/estacionária.

Abstract:

Coastal sandy barriers are elongated and narrow features, composed by sand or other detached sediments that suffer directly the action of waves, currents, tides and winds. Despite the variety of definitions, the classification as transgressive, regressive or agradational barriers is quite usual and considers morphological characteristics as well as internal sedimentary architecture. The objective of this work is to identify the geomorphological characteristics and the internal depositional architecture of the Holocene coastal barrier of Massambaba, in the Rio de Janeiro state, in order to verify possible differences along its approximately 50 km of extension and to classify its typology. According to the results, the geomorphological representations (2D and 3D) showed characteristics of the holocene coastal barrier, allowing the identification of different processes acting on the barrier that were responsible for the formation of the lagoon terrace, frontal dunes, blowouts and washover fans. Considering the internal depositional architecture the results corroborate with the geomorphology as the radarfacies were identified refers to the record of wind, marine and lagoon processes that were distributed heterogeneously.

1. Introdução

Barreiras arenosas costeiras são feições de aspecto alongado e estreito, compostas por areias ou outros sedimentos desprendidos que sofrem diretamente a ação de ondas, correntes, marés e ventos. Fazem parte das barreiras diversos ambientes deposicionais como as praias, dunas, canais de maré, entre outros (Leatherman, 1979; Roy *et al.* 1994; Short, 1999; Dillenburg e Hesp, 2009; Fernandez e Rocha, 2015). De acordo com Otvos (2012) há uma grande variedade de definições e de classificações, que seriam derivadas de diferentes interpretações de mapas topográficos e imagens de sensoriamento remoto. Van Dam (2012) também aponta a importância de se obter informações a respeito da estrutura interna, composição e geometria das formas de relevo para o entendimento dos processos de evolução aos quais estas são submetidas.

A evolução e a disposição em subsuperfície da arquitetura sedimentar das barreiras arenosas costeiras são condicionadas pelos efeitos das flutuações no nível do mar, do gradiente do substrato de acomodação, do suprimento sedimentar, da ação de ondas, correntes e marés, da ação eólica, além da granulometria dos sedimentos, entre outros fatores (Roy *et al.*, 1994; Dillenburg e Hesp, 2009; Fernandez e Rocha, 2015). Desta forma são reconhecidos três modelos básicos de barreiras costeiras de acordo com sua evolução: as transgressivas (retrogradantes), as regressivas (progradantes) e as agradacionais (estacionárias).

As barreiras transgressivas se caracterizam pela migração da feição em direção ao continente, a partir de processos de transposição. Morfológicamente podem apresentar-se como sistemas barreira-laguna, cuja arquitetura deposicional caracteriza-se por sedimentos lagunares superpostos por sedimentos praias, eólicos ou de leques de transposição. As barreiras regressivas estão normalmente associadas a formação de cristas de praias (*beach ridges*) ou dunas frontais (*foredune ridges*) e sua arquitetura deposicional corresponde a depósitos de antepraia superpostos por sedimentos praias e eólicos. Já as barreiras agradacionais apresentam agradação vertical a partir da incorporação de sedimentos eólicos com ocorrência principalmente dunas frontais. Podem se caracterizar pela ausência de progradação significativa possivelmente associada a condições de lenta elevação do nível do mar e moderado aporte sedimentar (Roy *et al.* 1994; Dillenburg e Hesp, 2009; Van Heteren, 2014, Otvos, 2012).

O comportamento do nível relativo do mar durante o Holoceno é considerado um dos principais elementos que condicionaram o desenvolvimento e a evolução das barreiras costeiras durante essa época do Quaternário. As curvas do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos para o hemisfério sul são caracterizadas por diminuição do respectivo nível ou por flutuações, geralmente associadas ao efeito da hidroisostasia (Masselink *et al.*, 2003). Especificamente na costa brasileira, Angulo *et al.* (2006) sugere um máximo transgressivo entre 5.000 e 5.800 anos A.P, onde o nível

médio do mar teria alcançado aproximadamente 4m acima do nível atual, dependendo da região da costa brasileira. Após esse máximo transgressivo, o nível médio do mar teria diminuído até nível atual. Muitas planícies costeiras do litoral brasileiro, principalmente formadas por barreiras regressivas, possuem a sua gênese e evolução associadas a essas condições, como as planícies da região Sul do Brasil (Lessa *et al.* 2000; Souza *et al.* 2012; Dillenburg *et al.* 2011; Barboza *et al.* 2009, Barboza *et al.* 2011) e as planícies dos deltas brasileiros que, nesse caso, também foram influenciados pelo aporte fluvial (Dominguez 1981; Dominguez *et al.* 1987, Cohen *et al.* 2014, Fernandez e Rocha 2015).

Dias e Kjerfve (2009) sintetizaram as principais características das barreiras e a evolução Quaternária das respectivas planícies do litoral fluminense. Porém, apesar da contribuição, o trabalho demonstra que as informações geomorfológicas, cronológicas e de subsuperfície, como estratigrafia e arquitetura deposicional, estão incompletas para a costa do Rio de Janeiro. Posteriormente, Silva (2011), Silvestre (2013), Silva *et al.* (2014), Rocha *et al.* (2013), Fernandez e Rocha (2015) e Vasconcelos (2016) trouxeram contribuições importantes. Fernandez e Rocha (2015) compararam as características morfológicas e a arquitetura deposicional de barreiras costeiras holocênicas do litoral do Perú (Cabo Frio), de Quissamã e de Gargaú (delta do rio Paraíba do Sul), caracterizando-as respectivamente como agradacional, transgressiva e regressiva. Nesse sentido, os autores ressaltam que diminuição do nível relativo do mar durante os últimos 5.000 anos aproximadamente, não foi suficiente para gerar feições regressivas de maneira generalizada. Estas estariam restritas às áreas com aporte fluvial direto, como o caso do delta do rio Paraíba do Sul. Os autores concluem que, durante o Holoceno, o comportamento das barreiras costeiras parece ser mais influenciado pelo balanço sedimentar, conforme também apontou Dominguez (2011) para o caso da costa leste brasileira; além de fatores como condições morfodinâmicas, potencial eólico e exposição aos eventos de ressaca.

Nesse sentido, buscando dar continuidade às investigações sobre as barreiras holocênicas no litoral fluminense, o presente trabalho tem como objetivo identificar as características geomorfológicas e a arquitetura deposicional interna ao longo da barreira costeira holocênica da Massambaba, entre as cidades

de Saquarema e Arraial do Cabo (RJ). O litoral da Massambaba faz parte do Macro-compartimento dos cordões litorâneos, caracterizado por duplas barreiras costeiras, intercaladas por corpos lagunares (ou dois sistemas barreira-laguna), conforme Muehe e Valentini, 1998. Já Dias e Kjerfve (2009) denominam esse compartimento do litoral como o das “Duplas Barreiras transgressivas”. Nos dois casos, os autores concordam que as duplas barreiras estão associadas à transgressão pleistocênica e holocênica respectivamente, ainda que faltem informações cronológicas, geomorfológicas e de subsuperfície conforme já mencionado. Nesse sentido, a partir do objetivo apresentado espera-se ainda avaliar se a arquitetura deposicional da barreira holocênica irá corroborar o termo “transgressivo” proposto por Dias e Kjerfve (2009) para caracterizar as respectivas barreiras costeiras; e se a arquitetura deposicional e a geomorfologia de detalhe serão homogêneas ao longo da mesma barreira costeira.

2. Área de estudo

2.1. Aspectos gerais

A área de estudo deste trabalho engloba parte da planície costeira da Massambaba (Figura 1) que está inserida no litoral sul-oriental do estado do Rio de Janeiro (Muehe e Valentini, 1998). Esta planície, que possui quase 50 km de extensão, está contida entre 42°30'W e 42°00'W de longitude e entre 22°50'S e 23°00'S de latitude, apresentando como limites geográficos a Lagoa de Araruama ao norte, a Lagoa de Saquarema a oeste, a ilha do Cabo Frio a leste e o oceano Atlântico ao sul.

Essa área do litoral fluminense faz parte do Macro-Compartimento dos Cordões Litorâneos, que é caracterizada pela presença de extensos arcos praias, associados à morfologia dos duplos-cordões litorâneos (ou dois sistemas barreira-laguna), dispostos paralelamente entre si, separados por áreas deprimidas, normalmente contendo corpos lagunares. Estes cordões imprimem o aspecto retificado a todo este litoral, sendo apenas interrompido por promontórios rochosos que separam as diversas baixadas costeiras (Muehe *et al.* 2006; Turcq *et al.* 1999).

Os condicionantes geológicos dessa área estão associados às atividades tectônicas ocorridas durante o Cenozóico que foram responsáveis pela reorganização

do embasamento Pré-Cambriano, através de falhas e fraturas que condicionaram a disposição da rede de drenagem e a orientação do litoral (Tessler e Goya, 2005). A disposição morfoestrutural do relevo na forma de Horsts e Grabéns (Serra do Mar – Grábens da Guanabara e São João – Maciços costeiros) gerou pequenos cursos d'água com origem nas encostas oceânicas dos maciços que são interceptados pelas

lagunas que se desenvolveram à retaguarda dos cordões litorâneos. Esse cenário impede a chegada de sedimentos modernos à plataforma continental. Consequentemente esses sedimentos não contribuem diretamente para a formação das planícies costeiras, mas sim as areias reliquias dispostas na própria plataforma, que são retrabalhadas pelas ondas e pelas variações do nível do mar no Quaternário (Muehe *et al.* 2006).

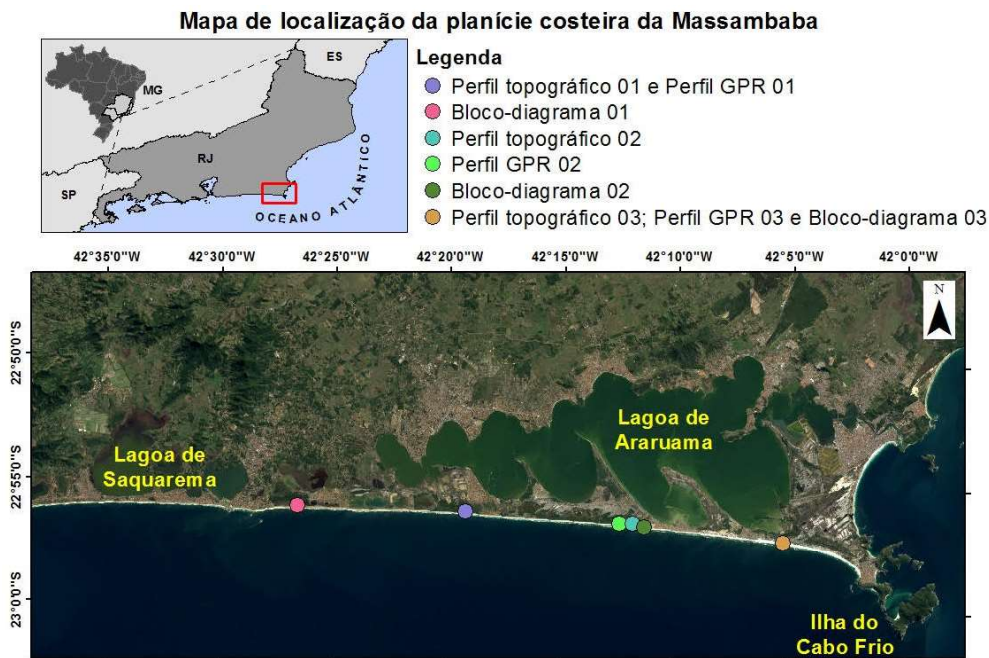


Figura 1 - Área de estudo e localização dos perfis topográficos (PT), blocos-diagramas (BL) e perfis de GPR (GPR) realizados sobre a barreira costeira holocênica.

Além disso, a reativação tectônica no cenozóico também contribuiu para que o litoral nesse Macro-Compartimento tenha uma orientação de linha de costa Leste-Oeste, bastante diferenciada da costa brasileira, cuja origem está associada à influência da Zona de Fratura Rio de Janeiro (Tessler e Goya, 2005; Muehe *et al.*, 2006). Essa característica, por exemplo, faz com que esse litoral seja amplamente exposto às ondas de tempestade dos quadrantes SW-S-SE. Muehe *et al.* (2001) examinaram as alterações morfológicas na Praia da Massambaba decorrentes de ressacas em maio de 2001 onde foram verificadas ondas superiores a 4m, combinadas ao momento de maré de sizígia.

Considerando as características climáticas e oceanográficas, ventos de tempo bom que ocorrem na área, ligados a célula de alta pressão do Atlântico Sul, são oriundos de nordeste e predominam durante o verão, enquanto no inverno os ventos são predominantes de

sul, associados à migração de frentes frias para latitudes mais baixas, caracterizando momentos de mau tempo (Fernandez, 2008). A partir da análise do clima de ondas entre 1979 e 2013, na respectiva área, Klumb-Oliveira (2015) reiterou o comportamento bimodal das ondas, cuja maior frequência provém de ENE-ESE (com altura entre 1 e 2m), notadamente entre os meses de primavera e verão. Já as ondas do quadrante S predominam no outono e inverno, apresentando altura superior a 2m e períodos mais longos. Com relação às marés, o litoral fluminense apresenta regime de micromaré, com amplitude nas sizíguas de até 1,5m e quadraturas, de 0,7m.

2.2 Características geomorfológicas e de evolução Quaternária da planície costeira da Massambaba

Num esforço de compreender as características da planície da Massambaba, Figueiredo (2012) realizou

um mapeamento geomorfológico na escala de detalhe, identificando e delimitando as feições presentes ao longo da planície. Os duplos cordões litorâneos foram reconhecidos nas formas de barreira interna e barreira externa, além de outras feições como corpos lagunares, esporões lagunares, brejos, leques de transposição, retrabalhamento eólico e outras feições antrópicas, como as salinas.

Na figura 2, é possível notar que a disposição das feições não são espacialmente contínuas e homogêneas na planície. No setor Oeste, a morfologia dos “duplos cordões litorâneos” é bem marcada pelo mapeamento das barreiras interna e externa, bem como pelos corpos lagunares entre ambas. Já no setor Central, as duas barreiras ainda são individualizadas, porém as lagunas intra-cordões possuem dimensões menores, e a barreira interna sofre com o retrabalhamento eólico dos ventos preferencialmente de NE. Finalmente, no setor Leste, a barreira interna é mais restrita em função do retrabalhamento das margens da lagoa de Araruama; não há a presença das lagunas intra-cordões; e é identificada uma área de ocorrência de leques de transposição na barreira externa, decorrente das ondas de tempestade.

No que se refere à evolução Quaternária da planície, as oscilações do nível relativo do mar durante o Quaternário foram consideradas como as principais

responsáveis pela formação de duas barreiras costeiras arenosas, bem como os corpos lagunares associados (Coe Neto, 1984; Muehe, 1984; Muehe e Corrêa, 1989; Turcq *et al.* 1999; Dias e Kjerfve, 2009). A formação da barreira interna é associada ao máximo transgressivo de 120.000 anos (Estágio Isotópico Marinho - MIS 5), enquanto a barreira externa, associada ao máximo transgressivo do Holoceno, considerando as idades obtidas por C14 em sedimentos lagunares e fragmentos de madeira (Martin e Suguio, 1989; Turcq *et al.*, 1999; Muehe *et al.* 2006; Dias e Kjerfve, 2009). Recentemente Andrade (2015) realizou uma série de datações por LOE ao longo da planície coletando amostras de terraços marinhos e lobos deposicionais. Seus resultados mostram idades que variam entre 120,9 ± 8,1 ka A.P. e 23,6 ± 3,1 ka A. P. nas amostras coletadas sobre a barreira interna, corroborando com os trabalhos anteriores que sugerem esta barreira como pleistocênica. Sobre a barreira externa uma de suas amostras apresentou a idade de 5870 ± 865 anos A. P., que seria compatível ao último máximo transgressivo sugerido por Angulo *et al.* (2006). Outras amostras coletadas sobre a barreira holocênica apresentaram idades bem mais novas, entre 111 ± 9 anos A. P. e 48 ± 16 anos A. P., provavelmente associadas à ação eólica sobre os sedimentos disponíveis.

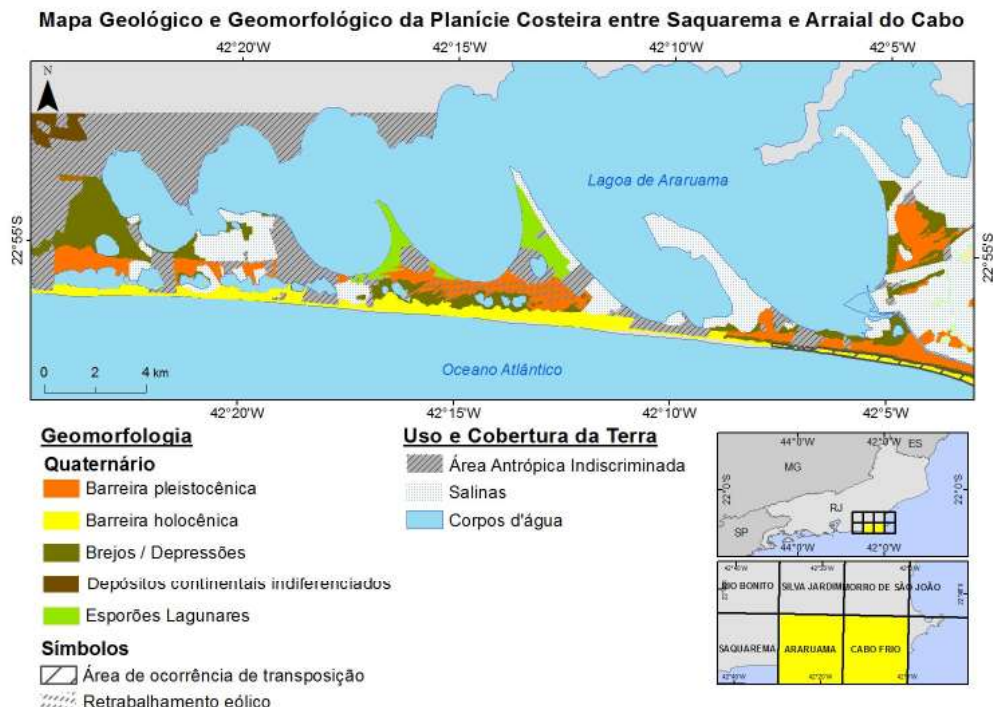


Figura 2 - Mapa Geológico e Geomorfológico da Planície Costeira entre Saquarema e Arraial do Cabo realizado por Figueiredo (2012). Notar as principais classes relacionadas à geomorfologia: a barreira pleistocênica e a barreira holocênica, além da classe de brejos/depressões que aparece entre as duas barreiras. A classe de corpos d'água também aparece entre as barreiras na forma de sistemas lagunares alongados no oeste da planície.

3. Materiais e métodos

3.1 Representação geomorfológica bidimensional: perfis topográficos

Os perfis topográficos foram realizados de forma transversal à linha de costa e com a utilização de estação total, haste de suporte e prisma (Figuras 3A e 3B). Este equipamento agiliza a coleta de dados de distância vertical e horizontal com erros submétricos. Os dados tabelados foram plotados em gráficos bidimensionais no programa Grapher. Os perfis topográficos tem como objetivo identificar as características morfométricas da barreira holocênica e subambientes associados, bem como dar suporte ao processamento das linhas de GPR.

3.2 Representação geomorfológica tridimensional: blocos-diagramas

Para a confecção dos blocos-diagramas foram coletados dados referentes a coordenadas e cotas com a utilização do *Differential Global Positioning System - DGPS* (Figuras 3C e 3D). As informações adquiridas e que serão aqui apresentadas almejam a representação das características mais notáveis da barreira holocênica. Os pontos adquiridos pelo DGPS TechGeo GTR G2 foram exportados através do software NovAtel CDU e processados através do software GTR Processor 2.8.

Posteriormente foram trabalhados os devidos ajustes de tabulação através do programa Microsoft Office Excel 2007 e a correção ortométrica através do programa MapGeo. Finalmente os dados ajustados foram inseridos no software Golden Surfer 8.0 para a confecção da representação morfológica tridimensional através da interpolação de pontos por *Kriging* bem como para a inserção das escalas de representação.

Os resultados obtidos a partir da aquisição de dados com o *Differential Global Positioning System - DGPS* revelam nuances da barreira arenosa holocênica principalmente nas proximidades do subambiente praiial. O caminhamento realizado para a aquisição dos dados com o DGPS foi feito entre o alcance máximo das ondas no momento da aquisição e o reverso da barreira.

3.3 Arquitetura deposicional: perfis de GPR (*Ground Penetrating Radar*)

Os perfis de GPR foram confeccionados tanto em modo *common-offset* (antena de 400 MHz) com o intuito

de registrar as estruturas existentes, bem como em modo *common mid-point* (antena de 80 MHz), com o intuito de se obter o perfil de velocidade da onda eletromagnética em locais estrategicamente selecionados, para posterior correção da profundidade em metros (Figuras 3E e 3F).

Os dados coletados foram processados com o auxílio do software Radan 6.6 em etapas que incluem a remoção da onda aérea, aplicação de filtros (passa-banda) para remoção de ruídos, a aplicação de ganho (*background removal* e *FIR*, principalmente), a conversão de tempo em profundidade e a correção topográfica. A conversão de tempo em profundidade foi realizada a partir de perfis de velocidade que foram construídos pela realização de uma linha em modo *common mid-point*. Estes dados foram processados seguindo as mesmas etapas realizadas nos perfis adquiridos no modo *common-offset*.

A correção topográfica foi possível a partir da aquisição simultânea de dados de topografia com estação total e/ou *Differential Global Positioning System - DGPS*. Foram tomadas informações de distâncias verticais e horizontais em todos os pontos que foram salvos como *marks* no perfil de radar *common-offset*. Finalmente as informações resultantes do processamento no software Radan 6.6 foram exportadas para o programa CorelDRAW X6 onde foi realizada a interpretação dos refletores bem como a confecção das seções finais para representação das estruturas mapeadas em subsuperfície nos radargramas. A interpretação dos refletores foi realizada com base em Neal (2004), Neal e Roberts (2001), Bristow e Pucillo (2006), Girardi e Davis (2010), considerando características como continuidade de refletores, relação entre refletores e geometria dos refletores.

4. Resultados

4.1 Geomorfologia e características morfométricas da barreira holocênica

No Setor Oeste da área de estudo (Figura 4) a barreira costeira aparece em contato com um sistema lagunar alongado em seu reverso (Figura 4A). A representação geomorfológica bidimensional (Figura 4B) revela que a barreira costeira é composta por um trecho plano de cotas baixas que foi interpretado como terraço lagunar (de 300 a 100 m), um trecho de cotas mais altas referente a duna frontal (de 100 a 25 m) e a praia adjacente (de 25 a 0 m). Neste ponto a barreira apresenta uma extensão de aproximadamente 530 m (300 m que estão representados

no perfil topográfico, onde não foi possível chegar até o contato com o sistema lagunar no reverso em função da vegetação, acrescidos de 200 m, que é a distância estimada até o sistema lagunar) e cota máxima de 8,4 m. A partir da representação geomorfológica tridimensional (Figura 4C) foi possível identificar que a barreira se apresenta de forma contínua mais sujeita a efeito colisional do que a transposição de ondas em momentos de tempestade. No Setor Central da área de estudo (Figura 5) a barreira costeira aparece em contato ora com sistemas lagunares em franco processo de assoreamento, ora com áreas antrópicas indiscriminadas em seu reverso e é possível também

notar partes da barreira arenosa sendo reafeiçoadas com a existência de cortes eólicos (Figura 5A). A representação geomorfológica bidimensional (Figura 5B) revela que a barreira costeira é composta por trechos de cotas altas, originados por aggradação eólica, intercalados com trecho com cotas mais baixas interpretados como áreas de corte eólico (de 275 a 175 m). Neste ponto a barreira apresenta uma extensão de aproximadamente 480 m e cota máxima de 10,8 m. A partir da representação geomorfológica tridimensional (Figura 5C) foi possível identificar um corte eólico próximo à praia, a partir da ação de ventos de sul/sudoeste.

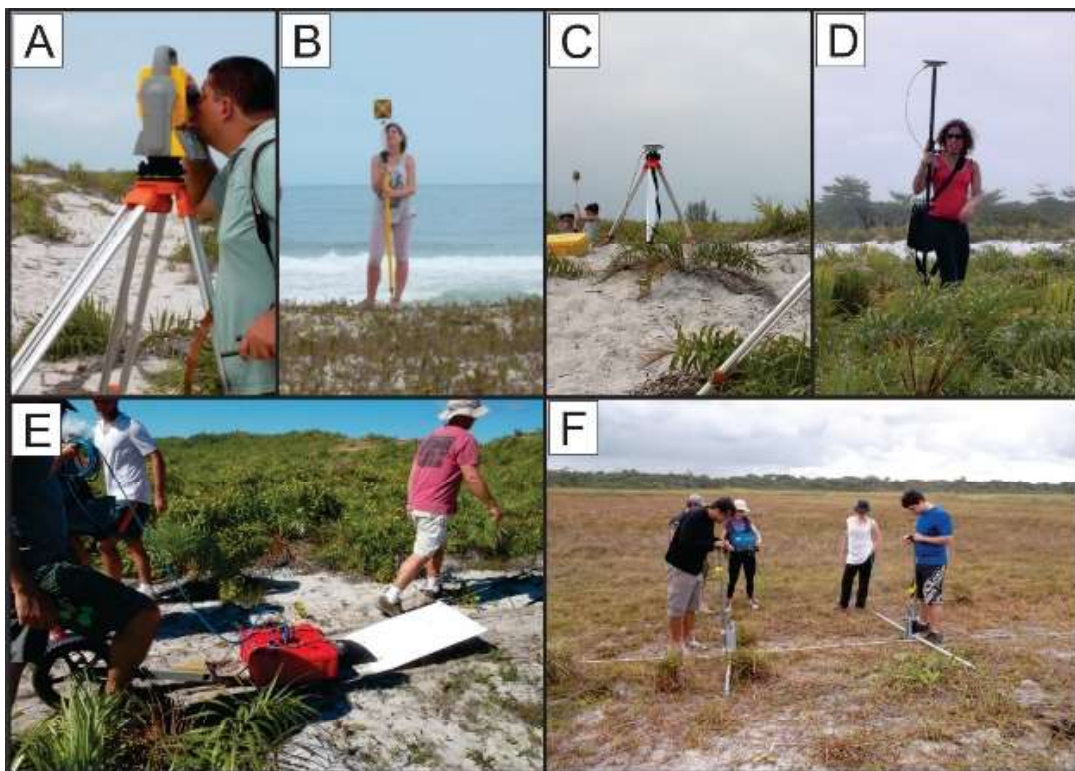


Figura 3 - Aquisição de dados para a confecção de perfil topográfico com estação total (A) e prisma (B); Aquisição de dados para a confecção de blocos-diagramas utilizando DGPS com base (C) e rover (D); Aquisição de dados para a confecção de perfis de GPR no modo common-offset (E) e common mid point (F).

No Setor Leste da área de estudo (Figura 6) a barreira costeira aparece em contato com uma depressão em seu reverso (Figura 6A). A representação geomorfológica bidimensional (Figura 6B) revela que a barreira costeira é composta por um trecho de cotas baixas mas que apresentam uma sinuosidade que pode ser formada a partir da acumulação de sedimentos em função da própria vegetação (de 200 a 100 m), trechos de cotas mais altas referentes a aggradação da duna frontal (de 100 a 50 m) e a praia adjacente (de 50 a

0 m). Neste ponto não foi possível chegar no limite do contato da barreira costeira com a depressão em função da vegetação densa. A cota máxima verificada para este trecho foi 7,5 m. A partir da representação geomorfológica tridimensional (Figura 6C) foi possível identificar pontos de maior aggradação vertical, referentes ao desenvolvimento de dunas frontais, intercaladas com áreas mais baixas entre as dunas. Estas áreas mais baixas propiciam a transposição de ondas em momentos de tempestade e resultam no surgimento

de leques de transposição. Estas feições se configuram como um importante elemento deposicional na dinâmica da barreira costeira e, no caso da área em questão, tem

a função de fornecer sedimentos que alimentam dunas frontais presentes no local, mecanismo descrito por Fernandez (2003).

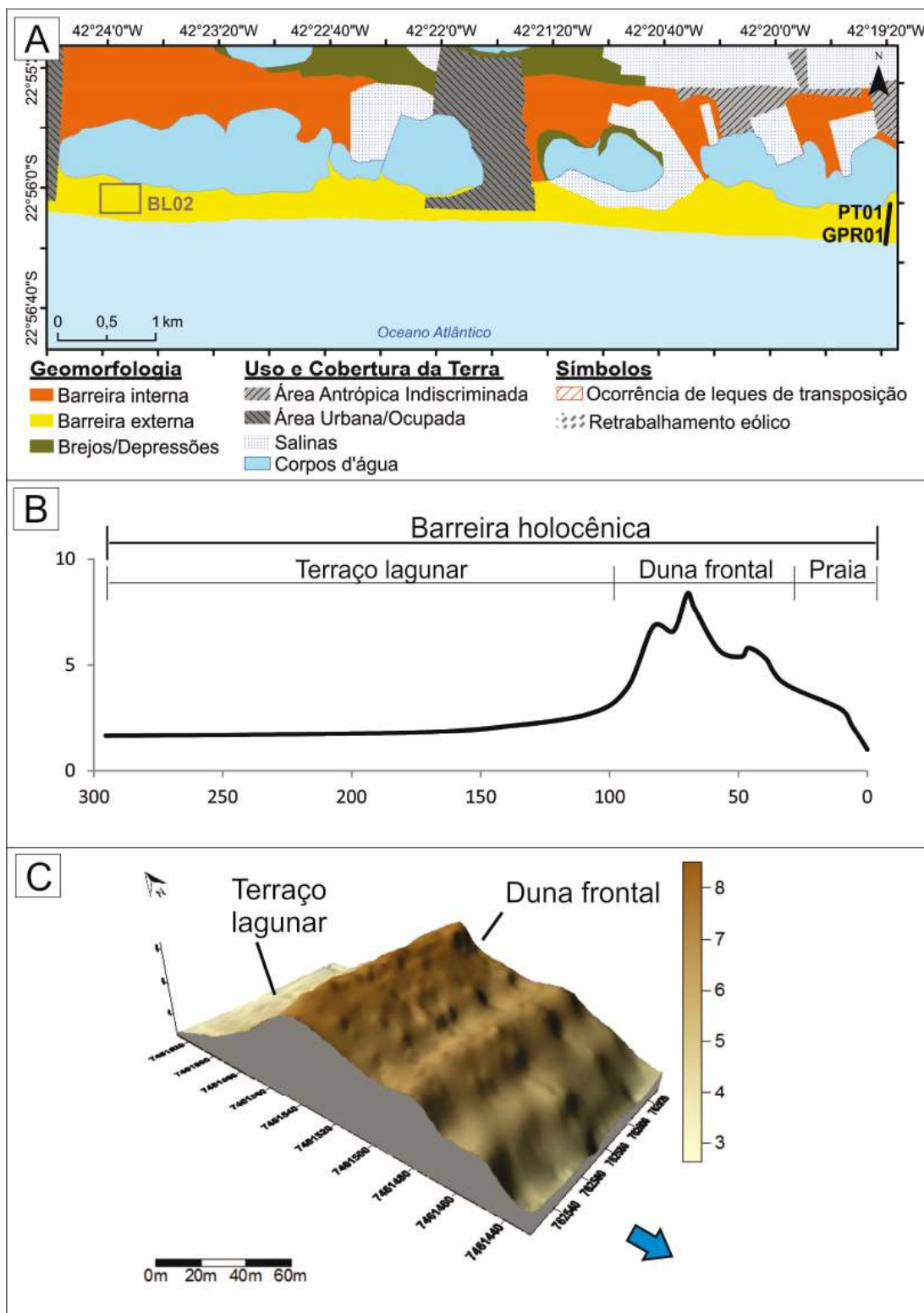


Figura 4 - (A) Recorte do mapeamento geomorfológico referente ao Setor Oeste da planície costeira da Massambaba (adaptado de Figueiredo, 2012); (B) Perfil topográfico PT01 (localização da Figura 1); (C) Bloco-diagrama BL01 (localização da Figura 1). A seta azul indica o oceano.

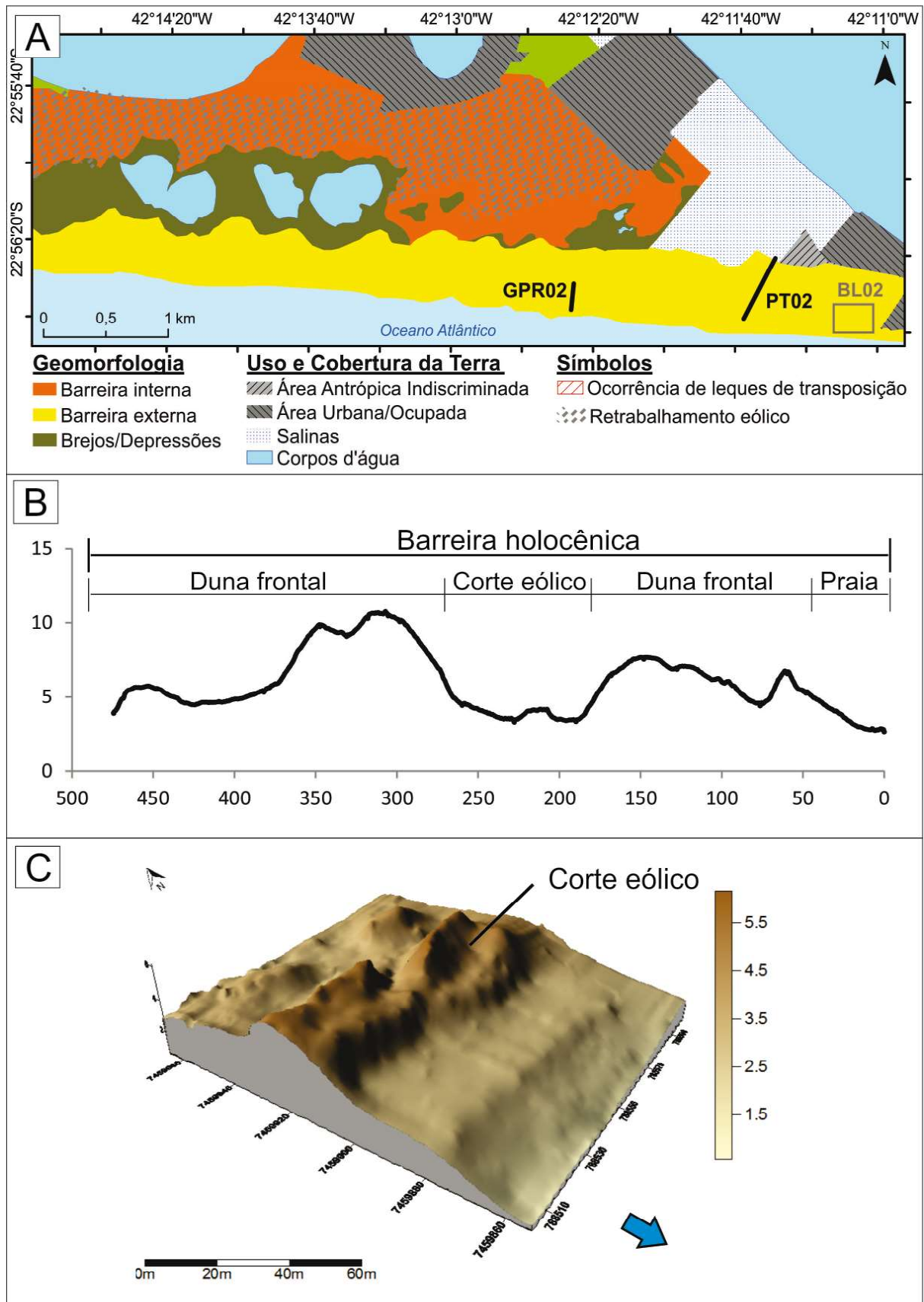


Figura 5 - (A) Recorte do mapeamento geomorfológico referente ao Setor Central da planície costeira da Massambaba (adaptado de Figueiredo, 2012); (B) Perfil topográfico PT02 (localização da Figura 1); (C) Bloco-diagrama BL02 (localização da Figura 1). A seta azul indica o oceano.

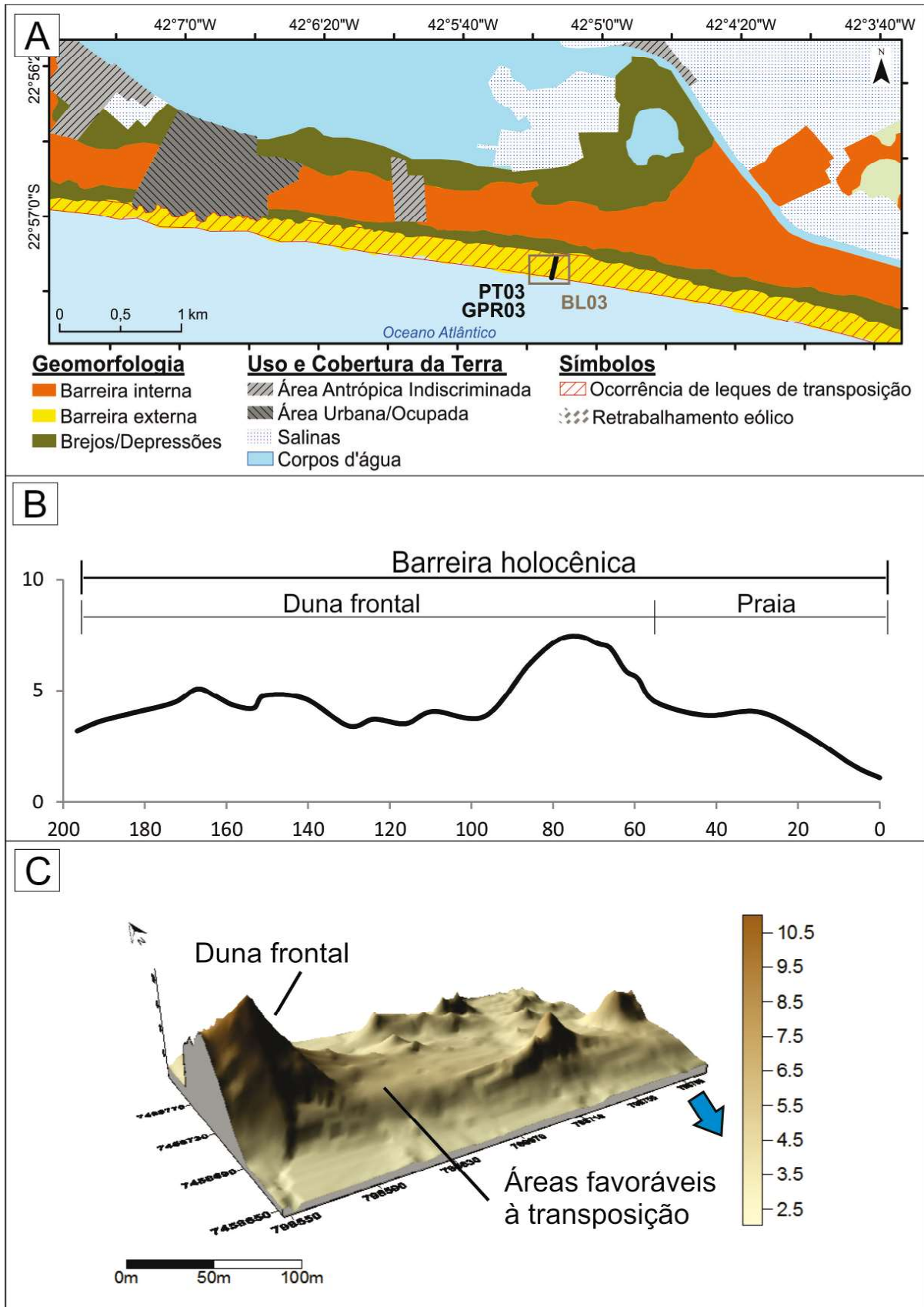


Figura 6 - (A) Recorte do mapeamento geomorfológico referente ao Setor Leste da planície costeira da Massambaba (adaptado de Figueiredo, 2012); (B) Perfil topográfico PT03 (localização da Figura 1); (C) Bloco-diagrama BL03 (localização da Figura 1). A seta azul indica o oceano.

4.2 Arquitetura deposicional interna: descrição e quadro de radarfácies

Considerando a arquitetura deposicional, foram encontrados refletores originados em função da ação hidrodinâmica marinha e lagunar bem como da ação eólica e partir disto foram estabelecidas quatro radarfácies (Figura 7).

No perfil GPR 01 (Figura 8), no Setor Oeste da barreira holocênica, foram reconhecidos três conjuntos de refletores: um conjunto referente à duna frontal (f1a), um conjunto de refletores referentes ao retrabalhamento da margem lagunar (f3a) e um restrito conjunto de refletores associados à berma e face praial (f2a).

No perfil GPR 02 (Figura 9), no Setor Central da barreira holocênica, foram reconhecidos dois conjuntos de refletores: um conjunto referente ao retrabalhamento eólico (f1d) que encontra-se superpondo um conjunto de refletores referentes a berma e face praial (f2a).

No perfil GPR 03 (Figura 10), no Setor Leste da barreira holocênica, foram reconhecidos dois conjuntos de refletores: um conjunto referente à duna frontal (f1a) que encontra-se superpondo um conjunto de refletores referentes a berma e face praial (f2a).

Apesar de apresentarem algumas diferenças entre si todos os perfis de GPR evidenciam refletores praias sob refletores eólicos.





Radarfácies	Refletor	Descrição	Interpretação
f1a		Planos a sinuosos, inclinados (inclinação variada), sub-paralelos, contínuos	Duna frontal
f1d		Oblíquo: caótico, descontínuo	Retrabalhamento eólico
f2a		Planos horizontais ou inclinados em direção ao oceano, paralelos a sub-paralelos, contínuos	Berma e face praial
f3a		Planos, inclinados em direção ao continente, sub-paralelos, contínuos	Margem lagunar

Figura 7 - Quadro de radarfácies contendo as principais características da geometria e interpretação que compõe a arquitetura deposicional interna da barreira holocênica.

5. Discussões

5.1 O desenvolvimento de feições eólicas e a ocorrência de leques de transposição sobre a barreira holocênica

Os resultados expostos nos capítulos anteriores propiciaram a constatação de alguns pontos referentes às nuances ao longo da planície costeira analisada. Apesar de a formação desta planície ter sido proporcionada principalmente pelas variações do nível relativo do mar (Coe Neto, 1984; Muehe, 1984; Muehe e Corrêa, 1989; Muehe, 1994; Turcq *et al.*, 1999; Dias e Kjerfve,

2009; Fernandez, 2008), existe uma série de feições eólicas que se distribuem ao longo da barreira arenosa. As representações geomorfológicas (bidimensional e tridimensional) mostraram a ação eólica sobre toda a barreira costeira holocênica, com cotas altas em trechos de agradação vertical como também em trechos onde ocorrem cortes eólicos. Os perfis de GPR mostraram que existe um pacote eólico bastante expressivo (principalmente no Setor Central mas também ao longo de toda a barreira) que encontra-se acima de um conjunto de refletores referentes a berma e face praial.

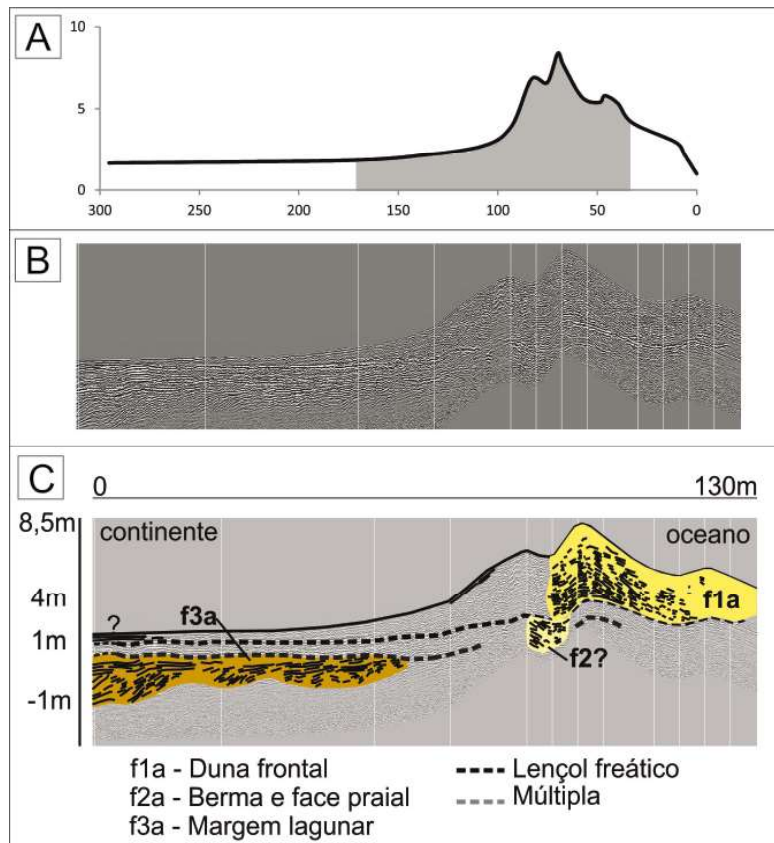


Figura 8 - Perfil GPR01 (localização da Figura 1). Notar o conjunto de refletores que representam o retrabalhamento da margem lagunar bem como o conjunto de refletores que representam a duna frontal.

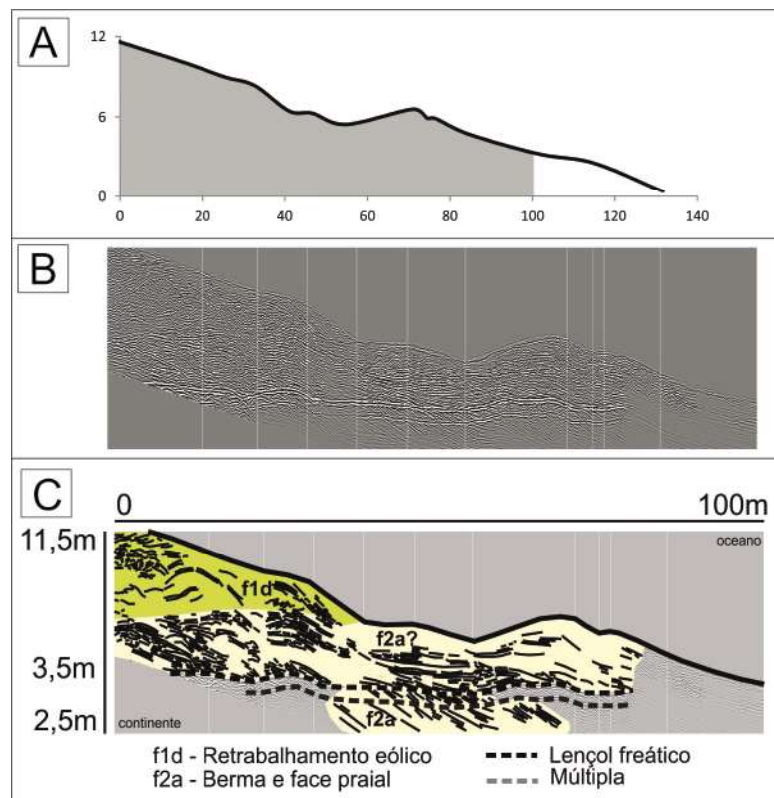


Figura 9 - Perfil GPR02 (localização da Figura 1). Notar o conjunto de refletores eólicos sobre praias bem como a altimetria da barreira neste ponto.

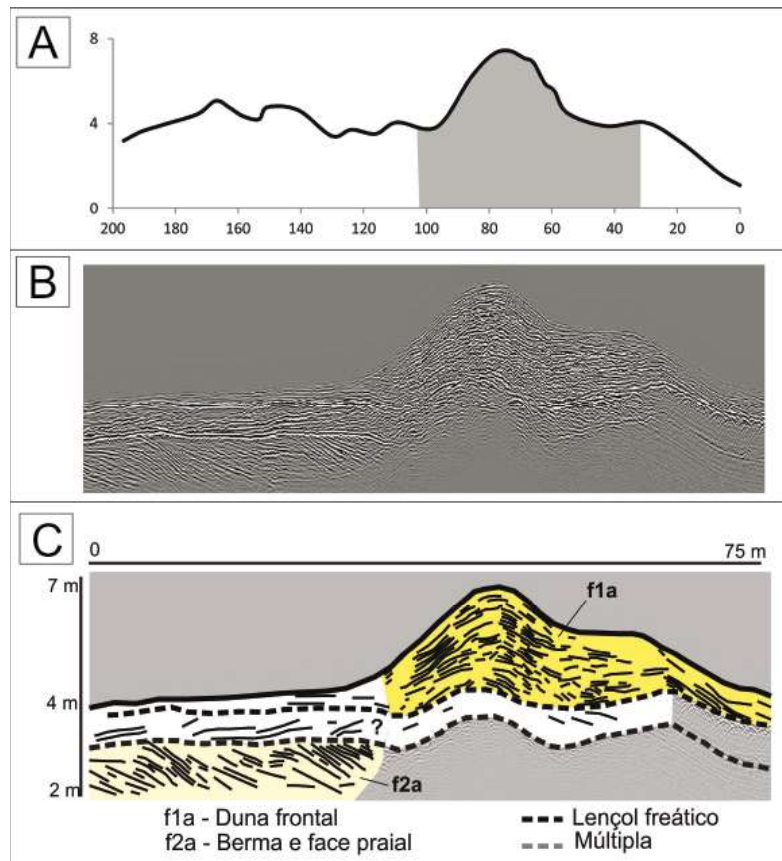


Figura 10 - Perfil GPR03 (localização da Figura 1). Notar o conjunto de refletores eólicos sobre refletores praiais.

No setor Oeste, essas dunas tendem a ser menos expressivas, apresentando dunas frontais incipientes e estabilizadas; enquanto no setor Central, a barreira holocênica apresenta um significativo retrabalhamento eólico, com a presença de cortes eólicos e dunas que podem chegar a aproximadamente 11 m. Um dos fatores que pode contribuir para essa diferenciação morfológica é a sedimentação encontrada na plataforma continental interna. Há um decréscimo granulométrico de Oeste para Leste que também se reflete na granulometria dos ambientes de berma, face de praia e zona de surfe (Correa e Muehe, 1989; Andrade, 2015). Esse cenário também tende a gerar uma diferenciação da morfodinâmica de praia que, segundo Maluf (2016), tende a caracterizar o Setor Oeste com estágios mais próximos ao refletivo que, conseqüentemente, dificulta o retrabalhamento eólico. Já entre o setor Central e Leste, as praias podem apresentar estágios morfodinâmicos mais próximos do dissipativo que, segundo Short e Hesp (1982), propiciam maior desenvolvimento das dunas costeiras.

Sawakuchi (2006) também identificou a participação de processos eólicos no trecho leste da planície, porém aponta apenas a participação dos ventos do quadrante

sul na construção das morfologias. Andrade (2015), ao realizar uma série de datações por LOE ao longo da barreira holocênica, encontra no trecho mais a leste idades que variam entre 129 ± 36 anos A. P. a 48 ± 16 anos A. P., o que indica a recente remobilização dos depósitos arenosos e corrobora com as análises geomorfológicas previamente realizadas. Fernandez *et al.* (2016) identificaram tanto a ação de ventos do quadrante sul como também a importante participação de ventos de nordeste na construção das dunas frontais no leste da planície.

Especificamente no setor Leste da Massambaba (Figura 11), a barreira holocênica é caracterizada por dunas frontais intercaladas com áreas deprimidas, onde ocorrem os processos de transposição das ondas. Segundo Fernandez (2003) a manutenção das dunas frontais se dá pela ocorrência de leques de transposição e posterior retrabalhamento eólico que irá fornecer sedimentos para a construção destas feições, o que também foi descrito por Moulton *et al.* (2013). O registro em subsuperfície dos leques de transposição não foi identificado nas linhas de GPR provavelmente devido a não preservação destes depósitos já que são formados por areias finas rapidamente retrabalhadas pelos ventos.



Figura 11 - Fotografia do Setor Leste da barreira holocênica onde é possível visualizar a área deprimida suscetível a transposição de ondas e dunas frontais.

5.2 As características da barreira costeira holocênica e as tipologias de barreiras costeiras

A proposta inicial de evolução das barreiras arenosas feita por Lamego (1940, 1945) coloca que estas feições teriam sido construídas por progradação lateral de pontais arenosos. Outros autores associaram a construção das barreiras arenosas às variações do nível do mar, e indicaram migração em direção ao continente, sem identificar processos de migração lateral (Coe Neto, 1984; Muehe, 1984; Muehe e Corrêa, 1988; Muehe e Corrêa, 1989; Turcq *et al.*, 1999). Muehe e Corrêa (1989) ao acompanharem a alteração do volume de dois setores (leste e oeste) da praia da Massambaba através de perfis topográficos identificaram uma situação de equilíbrio no transporte ao longo da costa e apontaram a migração de ilhas-barreira em direção ao continente em adaptação à subida do nível do mar como proposta de formação da barreira.

De acordo com Dias e Kjerfve (2009), a planície costeira da Massambaba é classificada como um sistema duplo de barreiras transgressivas. De fato, como já foi destacado anteriormente, a formação das duas barreiras arenosas está associada à elevação do nível do mar, porém outros processos agiram após o seu

posicionamento durante os máximos transgressivos. Em relação à barreira holocênica, os resultados encontrados, tanto em relação à geomorfologia quanto em relação à arquitetura deposicional das feições, evidenciaram dois pontos importantes: uma sucessão de bermas e faces de praia migrando em direção ao oceano e uma série de morfologias e radarfácies eólicas.

Em relação à sucessão de bermas e faces de praia migrando em direção ao oceano, verifica-se uma aparente progradação a partir do registro de sequência de berma e face praias nos dados geofísicos. A ocorrência deste registro, ainda que restrito, provavelmente se dá como uma resposta à diminuição do nível do mar e não a um aporte significativo de sedimentos, já que as lagunas presentes na área de estudo são responsáveis pelo aprisionamento de toda a fonte sedimentar terrígena.

Em relação às morfologias e radarfácies eólicas, a existência de cortes eólicos, a agradação das feições, e a presença de dunas em diversos pontos demonstrou a importância de processos eólicos sobre a barreira holocênica.

Por esta razão, principalmente a partir do detalhamento realizado sobre a barreira costeira holocênica, questiona-se a classificação das barreiras

arenosas como um sistema duplo de barreiras transgressivas e sugere-se que a barreira externa talvez esteja mais próxima da classificação de barreira agradacional/estacionária, conforme proposto por Kraft e John (1979).

Há ainda outras questões que podem corroborar essa hipótese, como a relativa estabilidade da linha de costa nas últimas décadas, conforme apontado por Muehe (2011). Segundo o autor, tanto a largura da praia quanto o volume de areia ao longo de um perfil transversal, não apresentou tendência de diminuição entre os anos de 1996 e 2010. Na verdade, ao longo dessa série histórica foi observada expressiva mobilidade praial em função da característica morfodinâmica intermediária e da ocorrência de eventos de tempestade. Logo, não há indícios de médio-prazo que demonstrem a retrogradação da barreira costeira, apesar da ocorrência dos processos de transposição no setor leste. Além disso, também não há evidências de afloramento lagunar na face de praia, conforme identificaram Fernandez e Rocha (2015) no litoral de Quissamã. Contudo, para a efetiva comprovação dessa hipótese é necessária a realização de sondagens e análise sedimentar, que não foi possível no presente trabalho.

6. Considerações finais

Os resultados encontrados apontaram diferentes características da morfologia da planície costeira e cada metodologia utilizada cumpriu um papel diferenciado na investigação. As representações geomorfológicas (bidimensionais e tridimensionais) evidenciaram características da barreira costeira holocênica, permitindo a identificação de diferentes processos atuando sobre a barreira que foram responsáveis pela formação de terraço lagunar, dunas frontais, cortes eólicos e leques de transposição.

Os perfis de radar de penetração revelaram radarfácies referentes ao registro de processos eólicos, marinhos e lagunares que se distribuíram de forma heterogênea. Apesar de a arquitetura deposicional da barreira holocênica ter revelado com uma série de nuances quanto a morfoestratigrafia, a utilização do GPR apresentou limitações, principalmente em relação à profundidade do registro. A limitação da penetração do sinal ocorreu, provavelmente, em função da salinidade das lagoas presentes ao longo da área de estudo.

A barreira arenosa não experimentou uma

evolução homogênea durante o Holoceno. Embora o comportamento do nível do mar tenha sido um dos principais elementos responsáveis pela formação de barreiras costeiras, outros elementos como a presença ou não de aporte sedimentar, a morfodinâmica da praia e a ocorrência de processos eólicos são de fato relevantes na evolução destas feições deposicionais. Isto explica as diferenças geomorfológicas e de arquitetura deposicional nos setores Oeste, Centro e Leste da barreira arenosa.

Algumas lacunas ainda permanecem em relação à planície estudada, como por exemplo, o aprofundamento da compreensão da ação dos processos eólicos na construção das feições ao longo da barreira, a dinâmica dos leques de transposição e o papel dos efeitos cíclicos de tempestade na dinâmica da barreira.

Assim, a aquisição de mais dados referentes à arquitetura deposicional em outros pontos, assim como a realização de sondagens e datações poderiam esclarecer mais questões em relação à evolução da barreira holocênica assim como da própria planície.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado, ao PROEQUIPAMENTOS da CAPES pelos recursos para compra dos equipamentos utilizados na pesquisa e também aos estudantes do curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense pelo apoio nas atividades de campo.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, H. A. de A. **Evolução sedimentar e cronologia da Barreira costeira quaternária de Maçambaba: a influência dos ventos de rumos opostos e seu possível significado paleoclimático.** São Paulo: USP/IGC, 2015.
- ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K.; PESSENDA, L. C. R. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna–Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid ¹⁴C ages. **Marine Geology** 159, pp. 323–339, 1999.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G.C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Canania regions. **Marine Geology** 140, pp. 141-166, 2007.
- 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 p. 486 – 506, 2006.
- BARBOZA, E. G.; DILLENBURG, S. R.; ROSA, M. L. C. C.; TOMAZELLI, L. J.; HESP, P. A. Ground-penetrating radar profiles of two Holocene regressive barriers in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI 56, p. 579-583. 2009.
- BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; HESP, P. A.; DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J.; AYUP-ZOUAIN, R. N. Evolution of the Holocene Coastal Barrier of Pelotas Basin (Southern Brazil) - a new approach with GPR data. **Journal of Coastal Research**, v.SI 64, p. 646-650, 2011.
- BRISTOW, C. S.; PUCILLO, K. Quantifying rates of coastal progradation from sediment volume using GPR and OSL: the Holocene fill of Guichen Bay, south-east South Australia. **Sedimentology** 53 pp. 769-788, 2006.
- CANDELLA, R. N.; SOUZA, S. M. L. Ondas Oceânicas Extremas Na Costa Sul-Sudeste Brasileira Geradas Por Ciclone Com Trajetória Anormal Em Maio De 2011. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 441 – 456, 2013.
- COE NETO. Algumas considerações sobre a origem e evolução do sistema lagunar de Araruama. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (eds.) **Restingas: Origem, Estruturas, Processos**. CEUFF, Niterói. 61-63, 1984.
- COHEN, M. C. L.; FRANÇA, M. C.; ROSSETTI, D. F.; PESSENDA, L. C. R.; GIANNINI, P. C. F.; LORENTE, F. L.; BUSO JR, A. A. Landscape evolution during the late Quaternary at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Southeastern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 415: 48–58, 2014
- CORREA, C. H. T.; MUEHE, D. A presença de areias finas na extremidade leste da restinga da Massambaba. Anais do 2o Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Rio de Janeiro, 1989.
- DIAS, G. T. M.; KJERFVE, B. Barrier and Beach Ridge Systems of the Rio de Janeiro Coast. In: DILLENBURG, S.; HESP, P. (Org.). **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer Publisher, N.Y.380 p., 2009.
- DILLENBURG, S. R. e HESP, P. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; HESP, P. A.; ROSA, M. L. C. C. Ground Penetrating Radar (GPR) and Standard Penetration Test (SPT) records of a regressive barrier in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 64, p.651-655, 2011.
- DOMINGUEZ, J. M. L. A evolução pós-Barreiras da zona costeira leste do Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO ABEQUA, 13., 2011, Armação de Búzios (RJ), **Anais...** Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2011.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. 1987. Sea-level history and Quaternary evolution of river mouth-associated beach-ridge plains along the east-southeast Brazilian coast: a summary. In: NUMMEDAL, D.; PILKEY, O.H., and HOWARD, J.D (eds.) **Sea-level fluctuation and coastal evolution**, Special Publication of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 41, p.115-127.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação Quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, 11(4), p.227-237.
- FERNANDEZ, G. B. **Morfologia e dinâmica integrada do sistema praia, duna frontal e antepraia em ambiente de alta energia: Praia da Massambaba extremo leste do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2003.
- FERNANDEZ, G. B. Indicadores morfológicos para a origem e evolução das barreiras arenosas costeiras no litoral do estado do Rio de Janeiro. VII Simpósio Nacional de Geomorfologia. II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008.
- FERNANDEZ, G. B.; ROCHA, T. B. Barreiras Costeiras Holocênicas: Geomorfologia e Arquitetura Depositional no Litoral do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 16, nº 1, 2015.
- FERNANDEZ, G. B. ; FIGUEIREDO, M. S. ; ROCHA, T. B. ; MALUF, V. B. V. ; MARTINS, C. ; MOULTON, M. A. B. Foredune Morphological Changes by Offshore Winds Revealed by Ground-Penetrating Radar: Massambaba Beach - Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 75, p. 278-282, 2016.
- FIGUEIREDO, M. S. **Mapeamento Geomorfológico da parte sul da Lagoa de Araruama, litoral do estado do RJ**. Rio de Janeiro: UFF/IGEO, 2012.
- GIRARDI, J. D.; DAVIS, D. M. Parabolic dune reactivation and migration at Napeague, NY, USA: Insights from aerial and GPR imagery. **Geomorphology** 114 pp. 530–541, 2010.
- KRAFT, J. C.; JOHN, C. J. Lateral and vertical facies relations

- of transgressive barrier. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 63, 2145-2163, 1979.
- KLUMB-OLIVEIRA, L. A. **Variabilidade interanual do clima de ondas e de tempestades e seus impactos sobre a morfodinâmica de praias do litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2015.
- LAMEGO, A. R. **O homem e a restinga.** Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE. 227 p., 1940.
- LAMEGO, A. R. Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses. **Bol. Div. Geol. e Mineralogia**, DNPM, 118 : 48 p., 1945.
- LEATHERMAN, S. P. **Barrier Island Handbook.** Boston: National Park Service 101 p., 1979.
- LESSA, G. C.; ANGULO, R. J. Oscillations or not oscillations, that is the question — Reply. **Marine Geology** 150 pp. 189–196, 1998
- LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAÚJO, A.D. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier insouth Brazil. **Marine Geology**, n.165, p.87-108.
- MALUF, V. B. de V. **Morfodinâmica tridimensional da Praia da Massambaba, litoral do estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: UFF/POSGEO, 2016.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K. Oscillations or not oscillations, that is the question: Comment on Angulo, R.J. and Lessa, G.C. “The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions” [Mar. Geol. 140, 141–166] **Marine Geology** 150, pp. 179–187, 1998.
- MASSELINK, G. & HUGHES, M.G. 2003. **Introduction to coastal processes e geomorphology.** Hodder Education. London, UK. 354p.
- MOULTON, M.; OLIVEIRA FILHO, S. R.; ROCHA, T. B., AND FERNANDEZ, G. B., 2013. Foredunes of Rio de Janeiro coast: genesis, structure and morphology. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 65, v.2, pp. 1319-1324, 2013.
- MUEHE, D. Evidências do recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (eds.) **Restingas: Origem, Estruturas, Processos.** CEUFF, Niterói, 1984.
- MUEHE, D. Lagoa de Araruama: geomorfologia e sedimentação. **Caderno de Geociências Rio de Janeiro** no 10: 53-62, 1994.
- MUEHE, D. e CORRÊA, C. H. T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga da Massambaba, RJ. **Revista Brasileira de Geociências** 19 (3): 387-392, 1989.
- MUEHE, D. e VALENTINI, E. **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro - Uma Caracterização Físico-Ambiental.** Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, v. 1. 93 p., 1998.
- MUEHE, D.; FERNANDEZ, G. B.; SAVI, D. C. Resposta morfodinâmica de um sistema praia-antepraia a oeste do Cabo Frio exposto às tempestades de maio de 2001. In: **VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA)**, 2001, Imbé. Boletim de Resumos, 2001.
- MUEHE, D. Erosão Costeira: Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada** 11(3):315-325, 2011.
- NEAL, A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. **Earth-Science Reviews** 66 pp. 261–330, 2004.
- NEAL, A.; ROBERTS, C. L. Internal structure of a trough blowout, determined from migrated ground-penetrating radar profiles. **Sedimentology**, Vol 48., 2001.
- OTVOS, E. G. Coastal barriers – Nomenclature, processes and classification issues. **Geomorphology**, n.139-140, p.39-52, 2012.
- PEREIRA, A. J.; GAMBOA, L. A. P.; SILVA, M. A. M.; RODRIGUES, A. R.; COSTA, A. A utilização do ground penetrating radar (GPR) em estudos de estratigrafia na praia de Itaipuaçu - Maricá (RJ). **Revista Brasileira de Geofísica**, Vol. 21 (2), 2003.
- PIANCA, C.; MAZZINI, P.L.F.; SIEGLE, E. Brazilian Offshore Wave Climate Based On NWW3 Reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, 58(1):53-70, 2010.
- ROCHA, T. B; FERNANDEZ G. B.; PEIXOTO, M. N. O; RODRIGUEZ, A. Arquitetura deposicional e datação absoluta das cristas de praia pleistocênicas no complexo deltaico do Paraíba do Sul (RJ). **Brazilian Journal of Geology**, 43 (4), 711-724, 2013a.
- ROY, P.S; COWELL, P.J. FERLAND, M.A. & THOM, B.G. Wave dominated coasts. In CARTER, R.W.G. & WOODROFFE, C.D. **Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics.** Cambridge University Press., 1994.
- SAWAKUCHI, A. O. **Morfometria e simulação numérica de campos de dunas costeiras estudo baseado em exemplos**

- brasileiros**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade São Paulo. 316p, 2006.
- SHORT, A.D.E., **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Wiley, New York. 392 pp, 1999.
- SHORT, A. D.; HESP, P. A. Wave, beach and dune interactions in southeast Australia. **Marine Geology**. v.48, 259 – 284. 1982.
- SILVA, A. L. C. **Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de Maricá (RJ) ao longo do quaternário**. Tese de Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. 2011.
- SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GRALATO, J. C. A.; SILVESTRE, C. P. Caracterização geomorfológica e sedimentar da planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Geociências**. v. 15, no 2, 2014.
- SILVESTRE C. P. **Estrutura interna da barreira holocênica e seus condicionantes geológicos (Maricá-RJ)**. Dissertação de Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense, 2013.
- SOUZA, M.C.; ANGULO R.J.; ASSINE, M. L.; CASTRO, D. L. Sequences of fácies at Holocene storm-dominated regressive barrier at Praia do Leste, Southern Brazil. **Marine Geology**, 291-294: 49-62, 2012.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J.; de AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências** 15(4): 273-286, 1985.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. **Quaternary sea levels of the brazilian coast: recent progress**. EPISODES, Vol. 11, No. 3, September 1988.
- TESSLER, M.G.; GOYA, S.C. Conditioning factors of coastal processes in the Brazilian Coastal Area. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 17, p. 11-23, 2005
- TURCQ. B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K. & TASAYACO-ORTEGA, L. Origin and evolution of Quaternary coastal plain between Guaratiba and cape Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In Knoppers, B.A., Bidione, E.D. & Abrão, J.J. (Eds.). **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon System of Rio de Janeiro Brazil**. Série Geoquímica Ambiental, 6: 47-56 pp, 1999.
- VAN DAM, R. L. Landform characterization using geophysics - Recent advances, applications, and emerging tools. **Geomorphology** n. 137, p. 57-73, 2012.
- VAN HETEREN, S. Barrier System. In: Masselink G. e Gehrels, R. (Eds). **Coastal Environments and Global Change**. AGU e Wiley, 2014.
- VASCONCELOS, S. C. **Morfoestratigrafia da Planície Costeira ao Norte do Rio Paraíba do Sul (RJ)**. Niterói: UFF/ POSGEO, 2016.
- VELLOZO, T.G.; ALVES, A. R. Características gerais do fenômeno da maré no Brasil. **Anais Hidrográficos**, v. 61, p. 121-129, 2005.