



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

**DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA
ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA PREGOS E
PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL**

Eduardo Afonso Nunes Nascimento

Orientadora: Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE
2023

Eduardo Afonso Nunes Nascimento

**DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA ASSOCIADA
A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA PREGOS
E PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientadora: Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade

São Cristóvão–SE
2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

N244d Nascimento, Eduardo Afonso Nunes
Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associada a delta de
maré vazante, Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, Bahia, Brasil /
Eduardo Afonso Nunes Nascimento ; orientadora Ana Cláudia da
Silva Andrade. – São Cristóvão, SE, 2023.
62 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –
Universidade Federal de Sergipe, 2023.

1. Geociências. 2. Costa – Bahia. 3. Erosão de praias – Bahia.
4. Sedimentos (Geologia). 5. Indicadores ambientais. 6. Sensoria-
mento remoto. I. Andrade, Ana Cláudia da Silva, orient. II. Título.

CDU 551.4.038(813.8)

**DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA
ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA PREGOS
E PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL**

por:

Eduardo Afonso Nunes Nascimento
(Geólogo, Universidade Federal de Sergipe – 2021)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

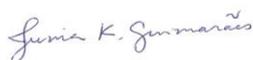
Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade [Orientadora – UFS]



Dra. Junia Kacelenbogen Guimarães [Membro Externo – UFBA]



Dra. Tais Kalil Rodrigues [Membro Interno – UFS]

Data Defesa: 31/03/2023

*Dedico esse trabalho à minha família,
pois tudo que alcancei foi graças ao
amor e dedicação de vocês.*

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Professora Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade, meu agradecimento pelo incentivo, conhecimento e sabedoria fundamentais para o meu crescimento e aprendizado. Sua dedicação em me orientar em cada etapa foi fundamental para a realização deste projeto.

À banca examinadora, Professora Dra. Junia Kacenenbogen Guimarães e Professora Dra. Tais Kalil Rodrigues, agradeço pelas observações e críticas compartilhadas desde o exame de qualificação, que contribuíram para o crescimento do trabalho.

Aos colegas de mestrado, pela convivência amigável que tivemos após a liberação da frequência presencial. Foi gratificante contar com a parceria de vocês durante esse período. Aos professores do PGAB, meu agradecimento por sempre estarem dispostos a compartilhar conhecimento.

Aos meus pais, David Nascimento e Tânia Maria Nunes Nascimento, e minha irmã, Saionara Maria Nunes Nascimento. Seu apoio incondicional, amor e dedicação foram fundamentais para que eu pudesse perseguir meus objetivos com confiança e determinação. Por isso, gostaria de agradecer do fundo do meu coração por tudo que fizeram por mim.

À minha noiva e parceira de campo, Beatriz Passos de Brito, minha profunda gratidão. Sua presença, alegria e entusiasmo tornaram tudo mais fácil. Não menos importante, agradeço ao meu cachorro Belchior por tornar todos os dias melhores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao: Laboratório de Petrologia Aplicada a Pesquisa Mineral (LAPA) por disponibilizar a licença do programa ArcGIS 10.2.1 e Serviço Geológico do Brasil (SGB) pelas fotografias aéreas.

RESUMO

O trabalho investigou o comportamento da linha de costa em duas praias contíguas a um delta de maré vazante, na Bahia, Brasil. A dinâmica tempo-espacial foi avaliada por meio de dados históricos (imagens de satélite) e sazonais (geoindicadores de campo). A análise qualitativa de médio prazo (1984 a 2020) mostrou que a linha de costa recuou ou progradou em função das mudanças na configuração das barras de embocadura e do canal principal de vazante. A análise quantitativa de médio prazo (2003-2019) ressaltou a importância das células de transporte litorâneo na dispersão de sedimentos ao longo da costa. Na análise de curto prazo (sazonal), em anos sob influência de La Niña (2021-2022), não foi verificada uma tendência no comportamento das linhas de costa estuarina e oceânica de alta variabilidade. Adicionalmente, foi identificada a presença de um reservatório de sedimentos, de médio e curto prazos, que faz com que os sedimentos recirculem, principalmente nas partes de alta variabilidade. Por fim, a praia estuarina de Cacha Pregos, protegida por estruturas de contenção, apresentou erosão crônica (irreversível). Os demais trechos, em erosão aguda, compreendem áreas sem ocupação, que podem se recuperar naturalmente. O trabalho serve de subsídios ao planejamento ambiental de zonas costeiras.

Palavras-chave: Geoindicadores; Imagens de satélite; Células de transporte litorâneo; Dispersão de sedimentos.

ABSTRACT

The work investigated the coastline behavior of two beaches contiguous to an ebb tidal delta, in Bahia, Brazil. The spatial-temporal dynamics were evaluated using historical (satellite images) and seasonal (field geoindicators) data. The medium-term qualitative analysis (1984 to 2020) showed that the coastline retreated or prograded due to changes in configuration of inlet bars and the main ebb channel. The medium-term quantitative analysis (2003-2019) highlighted the importance of littoral transport cells on sediments dispersion along the coast. In the short-term analysis (seasonal), during La Niña years (2021-2022), a behavior trend of estuarine and oceanic high variability morphology coastlines was not verified. Additionally, the presence of a medium and short-term sediment reservoir was identified, which causes the sediments to recirculate, mainly on high variability parts. Finally, the Cacha Pregos estuarine beach, with protection structures, showed chronic (irreversible) erosion. The other places, with acute erosion, comprise unoccupied areas, which can recover naturally. The work serves as subsidies for the environmental planning of coastal zones.

Keywords: Geoindicators; Satellite images; Littoral transport cells; Sediments dispersion.

SUMÁRIO

	Pg.
Resumo.....	6
<i>Abstract</i>	6
Sumário.....	7
Lista de figuras.....	8
Lista de quadros.....	9
CAPÍTULO I. Introdução.....	10
CAPÍTULO II – Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associadas a deltas de maré vazante, Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, Bahia, Brasil.....	17
Resumo, <i>Abstract</i>	18
1. Introdução.....	19
2. Área de estudo.....	20
3. Materiais e métodos.....	22
3.1 Mapeamento e comportamento histórico da linha de costa.....	23
3.2 Mapeamento de geoindicadores em campo e comportamento sazonal da linha de costa.....	25
4. Resultados e discussão.....	27
4.1 Evolução histórica do delta de maré vazante e sua influência no comportamento da linha de costa oceânica (médio prazo – 1984 a 2020).....	27
4.2 Evolução histórica de uma barra de embocadura e sua influência no comportamento da linha de costa (médio prazo – 2003 a 2019).....	29
4.3 Comportamento sazonal da linha de costa (curto prazo – 2021 e 2022).....	36
5. Conclusão.....	40
6. Referências.....	47
CAPÍTULO III. Conclusão	50
Apêndice I. Dados de linha de costa de Cacha Pregos, para o período de 2003 a 2011, obtidos no Digital Shoreline Analysis System.....	54
Apêndice II. Dados da linha de costa de Cacha Pregos, para o período de 2011 a 2019, obtidos no Digital Shoreline Analysis System.....	55
Apêndice III. Dados de linha de costa de Ponta dos Garcez, para o período de 2003 a 2011, obtidos no Digital Shoreline Analysis System.....	56
Apêndice IV. Dados da linha de costa de Ponta dos Garcez, para o período de 2011 a 2019, obtidos no Digital Shoreline Analysis System.....	57
Anexo I. Diretrizes para a submissão do artigo.....	58
Anexo II. Comprovante de submissão do artigo.....	61
Anexo III. Justificativa de participação de coautores.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
CAPÍTULO I. Introdução	
Figura 1. Localização da área de estudo. Datum Sirgas 2000, zona 24S. Fonte da imagem: Google Earth Pro, 2019.....	12
 CAPÍTULO II. Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associadas a deltas de maré vazante, Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, Bahia, Brasil	
Figura 1. Localização da área de estudo, destacando as praias de Cacha Pregos, no município de Vera Cruz, e de Ponta dos Garcez, no município de Jaguaripe. Entre as duas praias estão as embocaduras do rio Jaguaripe e do canal de Itaparica. Na imagem é possível observar as barras de embocadura (delta de maré vazante). A estrutura de contenção em Cacha Pregos está marcada por um traço preto. Datum Sirgas 2000, zona 24S. Fonte da imagem: Google Earth Pro, 2019.....	21
Figura 2. Fluxograma da metodologia.....	23
Figura 3. Morfologia assimétrica do delta de maré vazante, em frente à embocadura do canal de Itaparica, mostrando predomínio do transporte longitudinal de sedimentos para SW. Os vetores (setas em amarelo) indicam correntes <i>onshore-offshore</i> e transporte longitudinal.....	28
Figura 4. Mudanças morfológicas do delta de maré vazante e da linha de costa em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica. (A) Em 1984, linhas de costas alinhadas; (B) Em 1997, linha de costa de Ponta do Garcez recuada em relação à linha de costa de Cacha Pregos (1° <i>offset</i>); (C) Em 2012, linha de costa de Cacha Pregos recuada em relação à linha de costa de Ponta dos Garcez (2° <i>offset</i>) e; (D) Em 2020, linha de costa de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez alinhadas novamente. Fonte: Imagens de satélite da plataforma time lapse do Google Engine.....	30
Figura 5. Movimento da barra de embocadura no sentido de Ponta dos Garcez no período de 2003 a 2011. O ponto amarelo, posicionado na parte voltada para o continente, indica a posição utilizada para estimar a taxa de movimentação da barra. Fonte da imagem: SPOT 5.....	32
Figura 6. Linhas de costa históricas de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez: (A) 2003 a 2011, (B) 2011 a 2019. Na figura estão mostradas a subdivisão das partes oceânicas, com baixa e alta variabilidade morfológica, e estuarinas. Fonte da imagem: CNES/AIRBUS, 2019.....	33
Figura 7. Taxa de variação da linha de costa e valores médios (positivos e negativos em m/ano) nas praias, oceânicas (de alta e baixa variabilidade), e estuarinas, de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez nos períodos: 2003 a 2011 e 2011 a 2019. O símbolo “-“ indica que não houve taxa positiva ou negativa no período em análise. O sentido do transporte longitudinal predominantemente é de NE (Cacha Pregos) para SW (Ponta dos Garcez).....	35
Figura 8. Comportamento da linha de costa de Cacha Pregos e de Ponta dos Garcez nos períodos de 2003 a 2011 (A) e 2011 a 2019 (B) e, tendência do percentual em erosão da linha de costa de 2003-2011 a 2011-2019 (C). Fonte da Imagem: CNES/AIRBUS de 2019.....	37
Figura 9. Geoindicadores de linha de costa em erosão ou acreção-estabilidade nas praias de Cacha Pregos (A-B e C-D) e Ponta dos Garcez (E-F e G-H). As fotos em pares (A-B, etc) foram tirados em datas distintas. As setas amarelas indicam o ponto de referência das fotos de uma mesma localidade. As fotos foram tiradas em agosto de 2021 (inverno, período chuvoso), dezembro de 2021 (verão, período	

chuvoso devido à La Niña), julho de 2022 (inverno, período chuvoso) e dezembro de 2022 (verão, período chuvoso devido à La Niña). As fotos A-B, C-D, E-F e G-H foram tiradas nos pontos CP-4, CP-21, PG-3 e PG-8, respectivamente.....	42
Figura 10. Barra emersa na praia oceânica de Ponta dos Garcez (Ponto PG-08), próxima ao limite com a parte estuarina.....	43
Figura 11. Estruturas de contenção (enrocamento de rochas e sacos de areia) e edificação irregular na parte estuarina de Cacha Pregos. As fotos (A) e (B) foram obtidas no ponto CP-22, em agosto 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. As fotos (C) e (D), de agosto de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente, registram o ponto CP-21.....	43
Figura 12. Comportamento sazonal da linha de costa (A) e percentual da linha de costa em erosão (B) nas partes oceânicas (de alta variabilidade) e estuarina de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez em agosto e dezembro de 2021, e julho e dezembro de 2022. Fonte da imagem: CNES/AIRBUS, 2019.....	44

LISTA DE QUADROS

	Pg.
CAPITULO II. Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associadas a deltas de maré vazante, Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, Bahia, Brasil	
Quadro 1. Informações das imagens de satélite selecionadas para o mapeamento da linha de costa, das barras de embocadura e do canal principal.....	25
Quadro 2. Geoindicadores de erosão e acreção-estabilidade, adaptados de Bush et al. (1999).....	26
Quadro 3. Distância entre a barra e a linha de costa da praia de Ponta dos Garcez a cada ano, de 2003 até 2011.....	31

CAPÍTULO I:

Introdução

Apresentação

A dinâmica de deltas de maré vazante (barras de embocadura e canais de maré) contribui para modificações na configuração da linha de costa (FITZGERALD 1982, 1984, 2000, 2003, 2015; ITALIANI SIEGLE e NOERNBERG, 2020; BITTENCOURT et al., 2001; STIVE, 2002; ROBIN, LEVOY e ANTHONY, 2009). Trabalhos realizados no Brasil mostraram que as linhas de costas situadas nas áreas contíguas às embocaduras fluviais são altamente dinâmicas (DOMINGUEZ et al., 2006; DOMINGUEZ, GUIMARÃES e BITTENCOURT, 2018; ITALIANI, SIEGLE e NOERNBERG, 2020; RODRIGUES et al., 2015).

A dinâmica morfológica das praias e da linha de costa de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez, na Bahia, foi estudada por Bittencourt, Farias e Vilas Bôas (1990), Bittencourt et al. (2001), Nascimento (2012) e Dominguez et al. (2006, 2018). Na embocadura do canal de Itaparica, que separa as praias de Cacha Pregos da Ponta dos Garcez, estão presentes deltas de maré vazante (DOMINGUEZ et al., 2006; DOMINGUEZ, GUIMARÃES e BITTENCOURT, 2018). Esses estudos permitiram alcançar um razoável conhecimento da região, na qual a elevada variabilidade morfológica da linha de costa é resultado da dinâmica do canal principal de vazante e das barras de embocadura. No entanto, não foi feita uma análise sistemática da morfologia do delta de maré vazante e de sua influência na configuração da linha de costa.

A dissertação de mestrado sob a temática apresentada acima e intitulada “Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associada a delta de maré vazante, Bahia, Brasil” está estruturada da seguinte forma: Capítulo I – Introdução (Apresentação, Objetivos, Localização da área de estudo, Materiais e métodos, Referências bibliográficas), Capítulo II (Artigo científico), Capítulo III (Conclusões) e Apêndices (dados da análise da linha de costa) e Anexos (Anexo I- Diretrizes para submissão do artigo, Anexo II- Comprovante de submissão do artigo e Anexo III- Justificativa de coautoria).

O artigo científico intitulado “Dinâmica tempo-espacial da linha de costa associada a delta de maré vazante, Cacha-Pregos-Ponta do Garcez, Bahia, Brasil” foi submetido à Revista Brasileira de Geomorfologia (ANEXO I), que é dedicada à divulgação de artigos na área de geomorfologia, incluindo geomorfologia costeira. Este periódico foi avaliado pela CAPES para o Quadriênio 2017-2020 como estrato A1 e está indexado em diversas bases de dados científicos. Dessa forma, atende aos pré-requisitos do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da UFS.

Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi analisar a dinâmica tempo-espacial, de curto e médio prazos, da linha de costa estuarina e oceânica associada a um delta de maré vazante de região tropical de mesomaré do litoral da Bahia, nordeste do Brasil.

Os objetivos específicos incluíram:

- Identificar e analisar as mudanças de curto e médio prazo nas linhas de costa de praias estuarinas e oceânicas nos dois lados da embocadura do canal de maré.
- Identificar a existência ou não de um ciclo de erosão e de acreção da linha de costa nos dois lados da embocadura do canal de maré e a relação tempo-espacial com as barras de embocadura.

Localização da área de estudo

A área de estudo, situada entre as coordenadas UTM 24L 525.000 m E; 8.554.500 m N e 520.000 m E; 8.550.000 m N, engloba as linhas de costa de Cacha Pregos, no município de Vera Cruz, e de Ponta dos Garcez, no município de Jaguaripe. As praias, estuarinas e oceânicas, são separadas pelo canal de maré de Itaparica (Figura 1).

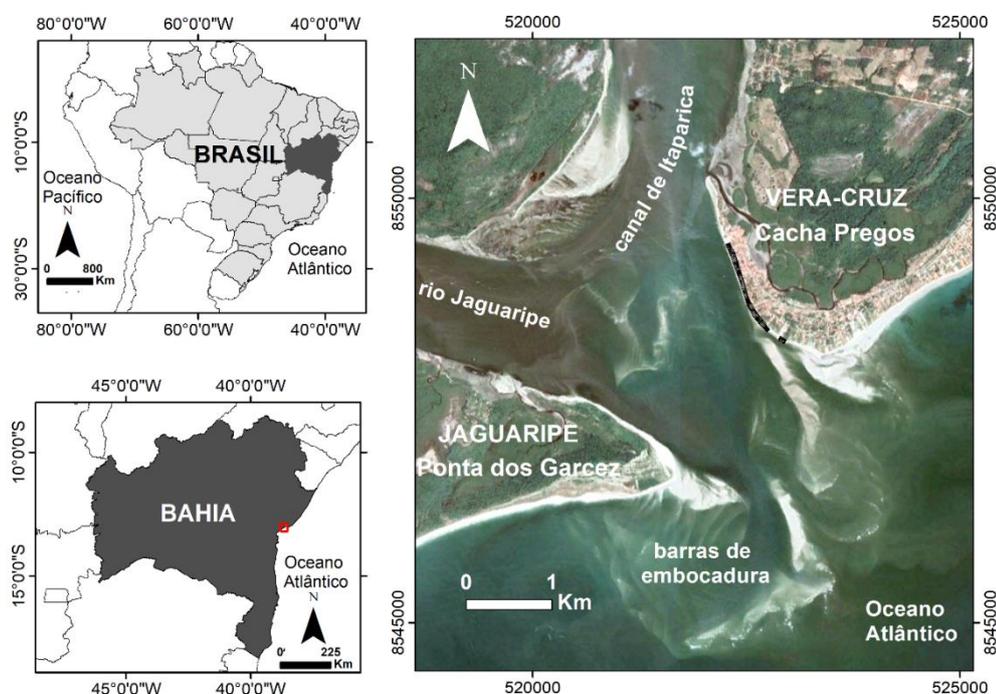


Figura 1. Localização da área de estudo. Datum Sirgas 2000, zona 24S. Fonte da imagem: Google Earth Pro, 2019.

Métodos de Trabalho

Os métodos de trabalho englobaram a análise e o mapeamento da linha de costa em escalas temporais de médio (anual, decadal) e curto prazos (sazonal, anual). A escala de médio prazo, com base em imagens de sensoriamento remoto, foi subdividida em dois estudos: 1984 a 2020, para uma análise qualitativa da influência do delta de maré vazante na linha de costa, e 2003 a 2019, para uma análise quantitativa da variação da linha de costa.

Na análise qualitativa, visando verificar o padrão de movimentação do delta de maré vazante (barras de embocadura e canal principal de vazante) e sua influência no comportamento da linha de costa da área investigada, foi utilizado o *timelapse* da plataforma Google Engine. Em seguida foi verificado o modelo evolutivo do delta de maré vazante que mais se aproxima do observado na área de estudo, com base nos modelos de Fitzgerald et al. (2000, 2003, 2015).

Para a análise quantitativa, foram realizadas as seguintes atividades:

(i) mapeamento histórico da linha de costa utilizando imagens de satélite disponibilizadas de forma gratuita pelo Centre National d'Études Spatiales (CNES, França) e pelo Google Earth Pro. No total foram nove imagens do Satélite do Satélite Spot 5, sensor HRG1 e resolução 5 m (CNES de 10/04/2003, 11/09/2004, 01/06/2006, 02/09/2007, 10/02/2008, 01/03/2009, 08/08/2010, 26/04/2011, 06/02/2012) e três do Google Earth Pro (CNES/AIRBUS, sensor HiRI, resolução 2m, de 11/09/2017 e 18/02/2018, e World View 3, sensor PAN/MS, resolução 1,24m de 25/08/2018).

(ii) georreferenciamento das imagens no programa de geoprocessamento ArcGis 10.2.1, Datum SIRGAS 2000, zona 24S, utilizando pontos de controle com coordenadas previamente conhecidas, que serviram de base para as imagens não georreferenciadas.

A linha de costa considerada nesse trabalho foi a linha de vegetação, base de falésias ou de escarpas (*coastline* de BIRD, 2008, p. 3).

(iii) criação e vetorização de uma linha de base (*baseline*) no continente, paralela à linha de costa, com transectos equidistantes de 100 m entre si utilizando o Digital Shoreline Analysis System (DSAS, THIELER et al., 2009) do ArcGis 10.2.1.

(iv) Determinação da taxa de variação da linha de costa pelo método da regressão linear (DSAS, THIELER et al., 2009) para dois períodos de oito anos: 2003 a 2011 e 2011 a

2019. A divisão em dois períodos teve como objetivo a avaliação da tendência de aumento ou diminuição das taxas ao longo do tempo.

(v) Determinação do envelope de variação da linha de costa (em metros) visando individualizar, na parte oceânica, os trechos de alta e baixa variabilidade morfológica, em conjunto com a análise visual das linhas de costa históricas mapeadas.

(vi) Determinação do comportamento da linha de costa, de médio prazo, para os dois períodos de oito anos (2003 a 2011 e 2011 a 2019), com base na classificação simplificada de Esteves e Finkl (1998): acreção ($> +0,5$ m/ano), estabilidade ($-0,5$ a $+0,5$ m/ano) e erosão ($> -0,5$ m/ano).

(vii) Determinação da taxa de movimentação de uma barra de embocadura contígua à Ponta dos Garcez, utilizando a diferença na posição do ponto, em metros, dividido pelo tempo decorrido da primeira imagem em que a barra se tornou emersa até o acoplamento da barra à linha de costa.

A escala de curto prazo consistiu na aquisição de geoindicadores de comportamento da linha de costa, com base na metodologia de Bush et al. (1999); foi feita uma adaptação unindo as categorias erosão com erosão severa e acreção com estabilidade. A categoria erosão foi classificada em crônica ou aguda (MANGOR et al., 2017). Os dados foram obtidos em quatro saídas de campo, sob influência do evento atmosférico-oceanográfico La Niña: agosto de 2021 (inverno chuvoso), dezembro de 2021 (verão chuvoso), julho de 2022 (inverno chuvoso) e dezembro de 2022 (verão chuvoso). Além disso, ondas do quadrante S-SE são mais frequentes na área de estudo durante eventos La Niña (MOURA, 2021). Os geoindicadores de campo foram espacializados de 100 em 100 m, no programa ArcGis 10.2.1, nas partes estuarinas e oceânicas de alta variabilidade morfológica, totalizando 2,3 km em Cacha Pregos e 1,8 km em Ponta dos Garcez. As coordenadas dos pontos foram obtidas por meio do GPS Garmin Colorado 400t, precisão de 3 m, no datum SIRGAS 2000. Os registros fotográficos foram realizados utilizando o aplicativo para smartphone que forneceu as coordenadas e a orientação das fotos em relação ao norte.

Referências bibliográficas

BITTENCOURT, A.C.S.P.; LESSA, G.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; VILAS BÔAS, G.S., FARIAS, F.F. High and low frequency erosive and constructive cycles in estuarine beaches: an example from Garcez Point, Bahia / Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 73, n. 4, p. 599-610, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652001000400013>.

BIRD E. **Coastal geomorphology: an introduction**. 2ª Ed New York: John Wiley & Sons, 2008. 436 p.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS CPTEC. **Condições atuais do Enos: enfraquecimento do La Niña e início de condições de neutralidade.** Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 13 de Janeiro de 2023.

COWEL, P.J.; THOM, B.G. Morphodynamics of coastal evolution. In: R.W.G. Carter, & C.D. Woodroffe. **Coastal evolution, late quaternary shoreline morphodynamics.** Cambridge University, 1994. 540p.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S.P.; BUCKEY, M. K. Shoreline change rate analysis: long term versus short-term data. **Shore and Beach.** v. 61, n. 1, p. 13-20, 1993.

DOMINGUEZ, J.M.L.; GUIMARÃES, J.K.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil.** Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 2018. 341-432.

DNH. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Tábuas de maré. Marinha do Brasil.** Disponível em: <<http://www.dhn.br>>. Acesso em: 09 de julho de 2021.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research,** v. 86, n. 26, p. 11-18, 1998.

FITZGERALD, D.M.; KRAUS, N.C.; HANDS, E.B. Natural Mechanisms of Sediment Bypassing at Tidal Inlets. **US Army Corps of Engineers,** p. 1-10, 2000.

FITZGERALD, D.M.; ZARILLO, A.G.; JOHNSTON, S. Recent developments in the geomorphic investigation of engineered tidal inlets. **Coastal Engineering Journal.** v.45, p 565-600, 2003.

FITZGERALD, D.M.; MINER, M.D.; GEORGIU, I.Y. Estuaries and tidal inlets. In: G. Masselink, R Gehrels. **Coastal Environments & Global Change.** United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2015. 268-298.

ITALIANI, D.; SIEGLE, E.; NOERNBERG, M.A. Tidal inlet migration and formation: the case of the Ararapira inlet – Brazil. **Ocean and Coastal Research,** v. 68, p. 1-16, 2020.

LARSON, M.; KRAUS, N.C. Prediction of cross-shore sediment transport at different spatial and temporal scales. **Marine Geology,** v. 126, n.1, p. 111-127, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(95\)00068-A](https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00068-A).

MANGOR, K. DRONEN, N.K.; KAERGAARD, K.H.; KRISTENSEN, S.E. **Shoreline management guideline.** ED-DIL, B.; MADSEN, L.S. Denmark: DHI, The Danish Coastal Authority (DCA) and The University of Copenhagen (UK), 2017. 462p.

MARINO, M.T.R.D.; FREIRE, G.S.S.F. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada.** v. 13, p. 113-129, 2013. DOI: 10.5894/rgci373

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J.M. **Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia: escala 1/250.000: texto explicativo.** INDA, H.A.V.; DUARTE, F.B. Salvador: Secretaria das Minas e Energia/Coordenação da Produção Mineral, 1980. 73p.

MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO K. 1991. Possible changes in the holocene wind pattern recorded on southeastern brazilian coast. **Instituto de Geociências USP,** v. 8, p. 117-131, 1991. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-8078.v0i8p117-131>.

MAZER, A.M.; DILLENBURG, S. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências,** v. 36, n. 1, p. 117-135, 2009. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.17880>.

MOURA, Gabriel. **La Niña: entenda o fenômeno que está fazendo chover muito em Salvador.** Correio 24 horas, 2021. Disponível em: < <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/la-nina-entenda-o-fenomeno-que-esta-fazendo-chover-muito-em-salvador/>>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

NASCIMENTO, L. **Comportamento da linha de costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da ilha de Itaparica.** Tese, (Doutorado em Geologia). – Curso de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012.

PIANCA, C.; MAZINNI, P.L.F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography,** v. 1, n. 58, p. 53-70, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592010000100006>.

SANTANA, R.; TEIXEIRA, C.; LESSA, G. The impact of different forcing agents on the residual circulation in a tropical estuary (Baía de Todos os Santos Brazil). **Journal of Coastal Research.** v. 34, n.3, p. 544-558, 2018.

RIDDERINKHOF, W.; HOEKSTRA, P.; VAN DER VEGT. M.; SWART. H.E. Cyclic behavior of Sandy shoals on the ebb-tidal deltas of the Wadden Sea. **Continental Shelf Research,** v.1, n. 115, p. 14-26, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.12.014>.

SANTOS, J.P.S.; ANDRADE, A.C.S.; NASCIMENTO, P.S.R.; RAMOS, L.P. Erosão costeira e faixas de recuo em praias arenosas do sul de Sergipe, Brasil. **Revista Geociências.** v. 40, n. 4, p. 1047-1061, 2021.

STIVE, M.J.F.; AARNINKHOF, S.G.J.; HAAM, L.; HANSON, H., LARSON, M.; WINJNBERG, K.M.; NICHOLLS, R.J.; CAPOBIANCO, M. Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering,** v. 47, n. 1, p. 211-235, 2002.

SEDUR. 2014. **Relatório diagnóstico da Ilha de Itaparica.** Disponível em: <<http://www.sedur.ba.gov.br/arquivos/File/diagnostico.pdf>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2020. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15561>.

THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L; ERGUL, A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey Report nº 2008-1278, 79p. 2009.

WEATHERSPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Itaparica no ano todo.** Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31058/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Itaparica-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

**CAPÍTULO II:
DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA
ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA
PREGOS E PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL**

DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA PREGOS E PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL

Eduardo Afonso Nunes Nascimento^{1,2}, Ana Cláudia da Silva Andrade^{1,2}

**¹Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias (PGAB),
²Laboratório de Geologia Costeira e Ambiental (LACMA), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, Galpão das Geociências, CEP 49.100-000, São Cristóvão, Sergipe (eduardo_nnascimento@outlook.com; acsaa@academico.ufs.br)**

Resumo: O trabalho investigou o comportamento da linha de costa em duas praias contíguas a um delta de maré vazante, na Bahia, Brasil. A dinâmica tempo-espacial foi avaliada por meio de dados históricos (imagens de satélite) e sazonais (geoindicadores de campo). A análise qualitativa de médio prazo (1984 a 2020) mostrou que a linha de costa recuou ou progradou em função das mudanças na configuração das barras de embocadura e do canal principal de vazante. A análise quantitativa de médio prazo (2003-2019) ressaltou a importância das células de transporte litorâneo na dispersão de sedimentos ao longo da costa. Na análise de curto prazo (sazonal), em anos sob influência de La Niña (2021-2022), não foi verificada uma tendência no comportamento das linhas de costa estuarinas e oceânica de alta variabilidade. Adicionalmente, foi identificada a presença de um reservatório de sedimentos, de médio e curto prazos, que faz com que os sedimentos recirculem, principalmente nas partes de alta variabilidade. Por fim, a praia estuarina de Cacha Pregos, protegida por estruturas de contenção, apresentou erosão crônica (irreversível). Os demais trechos, em erosão aguda, compreendem áreas sem ocupação, que podem se recuperar naturalmente. O trabalho serve de subsídios ao planejamento ambiental de zonas costeiras.

Palavras-chave: Geoindicadores; Imagens de satélite; Células de transporte litorâneo; Dispersão de sedimentos

Spatial-temporal dynamics of coastline associated with ebb tidal delta, Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, Bahia, Brazil

Abstract: The work investigated the coastline behavior of two beaches contiguous to an ebb tidal delta, in Bahia, Brazil. The spatial-temporal dynamics were evaluated using historical (satellite images) and seasonal (field geoindicators) data. The medium-term qualitative analysis (1984 to 2020) showed that the coastline retreated or prograded due to changes in configuration of inlet bars and the main ebb channel. The medium-term quantitative analysis (2003-2019) highlighted the importance of littoral transport cells on sediments dispersion along the coast. In the short-term analysis (seasonal), during La Niña years (2021-2022), a behavior trend of estuarine and oceanic high variability morphology coastlines was not verified. Additionally, the presence of a medium and short-term sediment reservoir was identified, which causes the sediments to recirculate, mainly on high variability parts. Finally, the Cacha Pregos estuarine beach, with protection structures, showed chronic (irreversible) erosion. The other places, with acute erosion, comprise unoccupied areas, which can recover naturally. The work serves as subsidies for the environmental planning of coastal zones.

Keywords: Geoindicators; Satellite images; Littoral transport cells; Sediments dispersion

1. Introdução

A dinâmica de deltas de maré vazante (barras de embocadura e canais de maré) contribui para modificações na configuração da linha de costa (FITZGERALD 1982, 1984, 2000, 2003, 2015; ITALIANI SIEGLE e NOERNBERG, 2020; BITTENCOURT et al., 2001; STIVE, 2002; ROBIN, LEVOY e ANTHONY, 2009). Trabalhos realizados nos Estados Unidos por FitzGerald (1982, 1984) mostraram que o acoplamento das barras à linha de costa promove acreção em um lado da embocadura, e a falta de sedimentos no outro lado, provoca erosão.

Modelos de evolução do delta de maré vazante foram propostos por FitzGerald et al. (1984, 2000, 2015) e Dean e Fitzgerald (2004). O modelo migração da embocadura e rompimento do pontal arenoso (*inlet migration and spit breaching*) está associado ao crescimento de pontais arenosos nas embocaduras fluviais. O modelo embocadura estável (*stable inlet*), como o próprio nome diz, refere-se a embocaduras fixas, nas quais as barras arenosas se desenvolvem nas áreas contíguas ao canal, formando um complexo de barras que migram e se acoplam à linha de costa. O modelo rompimento do delta de maré vazante (*ebb tidal delta breaching*) ocorre em resposta à energia das ondas e à corrente longitudinal. Os sedimentos trazidos pelo transporte longitudinal são acumulados à barlar, o que provoca a migração do canal vazante para sotamar. Em determinado momento, o sistema se tornará hidráulicamente ineficiente, desviando o canal de vazante para uma rota mais curta no sentido do oceano. Com isso, as barras arenosas se deslocam no sentido do continente até se acoplarem à linha de costa. Em todos os modelos ocorre o *bypass* de sedimentos, que consiste no processo de transferência de sedimentos de um lado da embocadura para o outro lado.

A existência de um ciclo de evolução de barras de embocadura, desde sua formação até seu acoplamento à costa, em regiões de micro e mesomarés, foi identificada por FitzGerald (2000): (i) 4 a 10 anos, para o modelo de canal estável e (ii) 5 a 10 anos, para o modelo de rompimento do delta de maré vazante, causado pela diferença no deslocamento (*offset*) das linhas de costa em um dos lados da embocadura. Por outro lado, Burningham e French (2006) e Ridderinkhof et al. (2016) para regiões de mesomaré determinaram um período de 30 anos e 40 anos, respectivamente. Em regiões de macromarés, Robin, Levoy e Anthony (2009) verificaram a existência de um ciclo de 26 anos.

Trabalhos realizados no Brasil mostraram que as linhas de costas situadas nas áreas contíguas às embocaduras fluviais são altamente dinâmicas (DOMINGUEZ et al., 2006;

DOMINGUEZ, GUIMARÃES e BITTENCOURT, 2018; ITALIANI, SIEGLE e NOERNBERG, 2020; RODRIGUES et al., 2015). A dinâmica morfológica das praias e da linha de costa de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez, na Bahia, foi estudada por Bittencourt, Farias e Vilas Bôas (1990), Bittencourt et al. (2001), Nascimento (2012) e Dominguez et al. (2006, 2018). Na embocadura do canal de Itaparica, que separa as praias de Cacha Pregos da Ponta dos Garcez, estão presentes deltas de maré vazante (DOMINGUEZ et al., 2006; DOMINGUEZ, GUIMARÃES e BITTENCOURT, 2018). Esses estudos permitiram alcançar um razoável conhecimento da região, na qual a elevada variabilidade morfológica da linha de costa é resultado da dinâmica do canal principal de vazante e das barras de embocadura. No entanto, não foi feita uma análise sistemática em diferentes da morfologia do delta de maré vazante e de sua influência na linha de costa.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar a dinâmica tempo-espacial (de médio e curto prazos) da linha de costa estuarina e oceânica associada ao delta de maré vazante em região tropical de mesomárés. Para isso foi utilizado, como exemplo, as praias de Cacha-Pregos e Ponta dos Garcez, no litoral da Bahia, nordeste do Brasil. No trabalho, foi apresentada e discutida a existência ou não de ciclicidade no padrão de erosão e acreção da linha de costa em ambos os lados da embocadura. Compreender essas questões é fundamental para entender a dinâmica temporal e espacial das linhas de costa quando influenciadas por barras de embocadura, fundamental para o planejamento ambiental.

2. Área de Estudo

A área de estudo engloba as praias de Cacha Pregos, no município de Vera Cruz, e de Ponta dos Garcez, no município de Jaguaripe, separadas pelo canal de maré de Itaparica (Figura 1). O rio Jaguaripe, que desemboca no canal de Itaparica, teve vazões média de 6 m³/s e máxima de 258 m³/s no período de 2003 a 2019 (ANA, 2022). Segundo Bittencourt et al. (2001), a vazão do rio Jaguaripe tem pequeno ou nenhum impacto na dinâmica costeira, tendo em vista que o prisma de maré do canal de Itaparica é de cerca de 600 vezes maior que a vazão média do rio Jaguaripe.

A área investigada está inserida na bacia sedimentar do Recôncavo Baiano. Na zona costeira, recobrimo os depósitos cretáceos da bacia, encontram-se os sedimentos depositados durante os eventos quaternários de transgressão e regressão marinha. De acordo com o mapa do Quaternário costeiro produzido por Martin et al. (1980), a linha

de costa atual é bordejada por depósitos inconsolidados (terraços marinhos e manguezais).

O clima da região é tropical-úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1.900 mm. O período mais chuvoso ocorre entre os meses de março a agosto. O mês com maior precipitação é maio, com média de 152 mm. O período seco está entre os meses de agosto e março e o mês menos chuvoso ocorre em janeiro, com precipitação média de 53 mm (WEATHERSPARK, 2022). Durante o verão predominam os ventos provenientes do quadrante NE e E, enquanto no outono e inverno, os ventos de SE e SSE são mais comuns (SEDUR, 2014).

O regime de maré é do tipo mesomaré, semidiurna. As marés de sizígia apresentam alturas máxima de 2,8 m e mínima de 0,1 m (DNH, 2021). Santana, Teixeira e Lessa (2018) mostraram que há predomínio de maré vazante no estuário, porém próximo da linha de costa de Cacha Pregos há ocorrência predominante de maré de enchente.

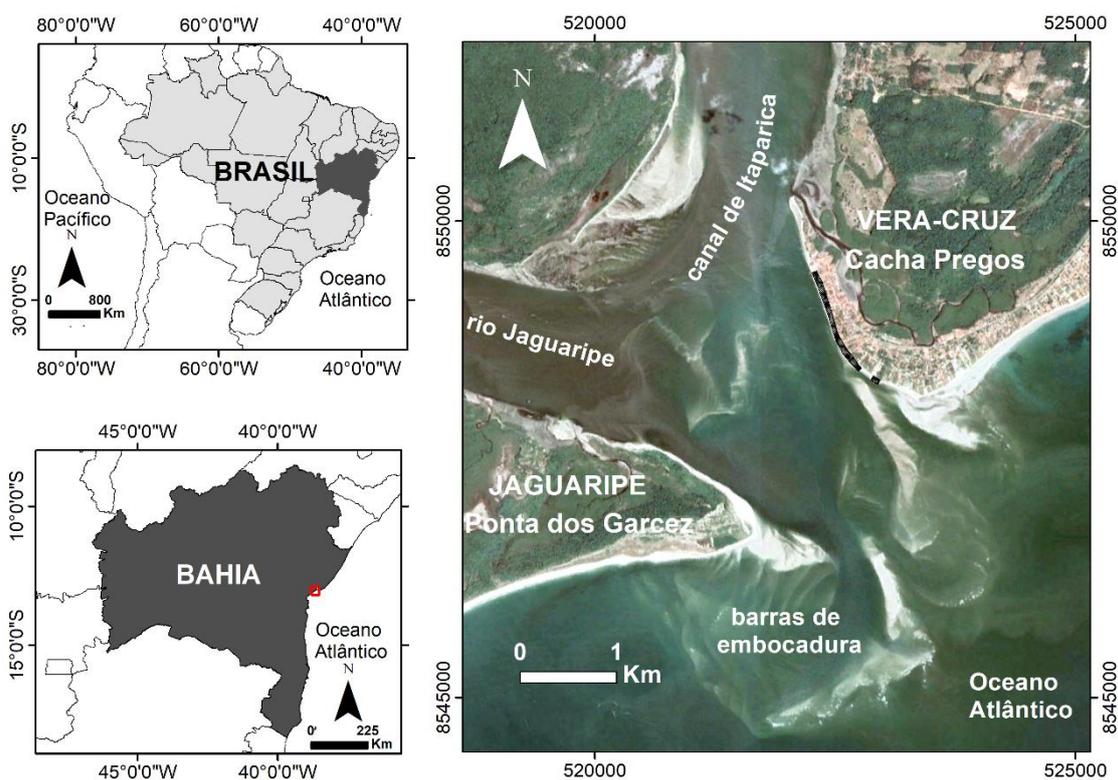


Figura 1. Localização da área de estudo, destacando as praias de Cacha Pregos, no município de Vera Cruz, e de Ponta dos Garcez, no município de Jaguaripe. Entre as duas praias estão as embocaduras do rio Jaquaripe e do canal de Itaparica. Na imagem é possível observar as barras de embocadura (delta de maré vazante). A estrutura de contenção em Cacha Pregos está marcada por um traço preto. Datum Sirgas 2000, zona 24S. Fonte da imagem: Google Earth Pro, 2019.

As principais ondas são provenientes predominantemente de E e S. Durante o verão, inverno e primavera predominam ondas de E (altura: 1 a 2 m, período: 6 a 8 seg.), e no outono, ondas de S, com 1 a 2 m de altura e período de 10 a 12 seg. As ondas de SE (altura: 1 a 2 m e período: 8 a 10 seg.) NE ocorrem em menor proporção nas estações do ano, intensificando as ondas de S e E, respectivamente. As ondas de NE não ocorrem no outono (Setor W3-central de PIANCA, MAZINNI e SIEGLE, 2010). O transporte longitudinal de sedimentos predominante é de NE para SW, com inversões sazonais (outono e inverno) de SW para NE (BITTENCOURT et al., 2001).

Com relação aos aspectos antrópicos, a ocupação humana ocorre no lado de Cacha Pregos, onde o turismo é desenvolvido, com estruturas propícias para o lazer como praças, quadras esportivas, bares, restaurantes, pousadas. Além disso, a região é ocupada por casas de primeira e segunda residências em condomínios margeando a praia. A atividade econômica é baseada no turismo e na pesca (SEDUR, 2014). Por outro lado, em Ponta dos Garcez não são encontradas estruturas antrópicas. O terreno próximo da linha de costa é uma propriedade privada (fazenda), sem construções próximas da linha de costa (Figura 1).

3. Materiais e Métodos

Diversos autores definiram escalas tempo-espaciais com base nas mudanças da linha de costa (CROWELL et al., 1993; COWEL e THOM, 1994; LARSON e KRAUS, 1995; STIVE et al., 2002). Nesse trabalho, foram definidas duas escalas temporais simplificadas, somente para dar ideia do tempo de análise: curto prazo (sazonal) e médio prazo (anos e décadas).

A escala de médio prazo, com base em imagens de sensoriamento remoto, foi subdividida em dois estudos: 1984 a 2020, para uma análise qualitativa da influência do delta de maré vazante na linha de costa, e 2003 a 2019, para uma análise quantitativa da variação da linha de costa. A escala de curto prazo foi baseada em geoindicadores de campo. As escalas de médio (2003 a 2019) e curto prazos permitiram que a linha de costa fosse classificada nas categorias de erosão, estabilidade e/ou acreção. Para curto prazo, a categoria erosão foi subdividida em crônica e aguda. O fluxograma da metodologia está apresentado na figura 2.

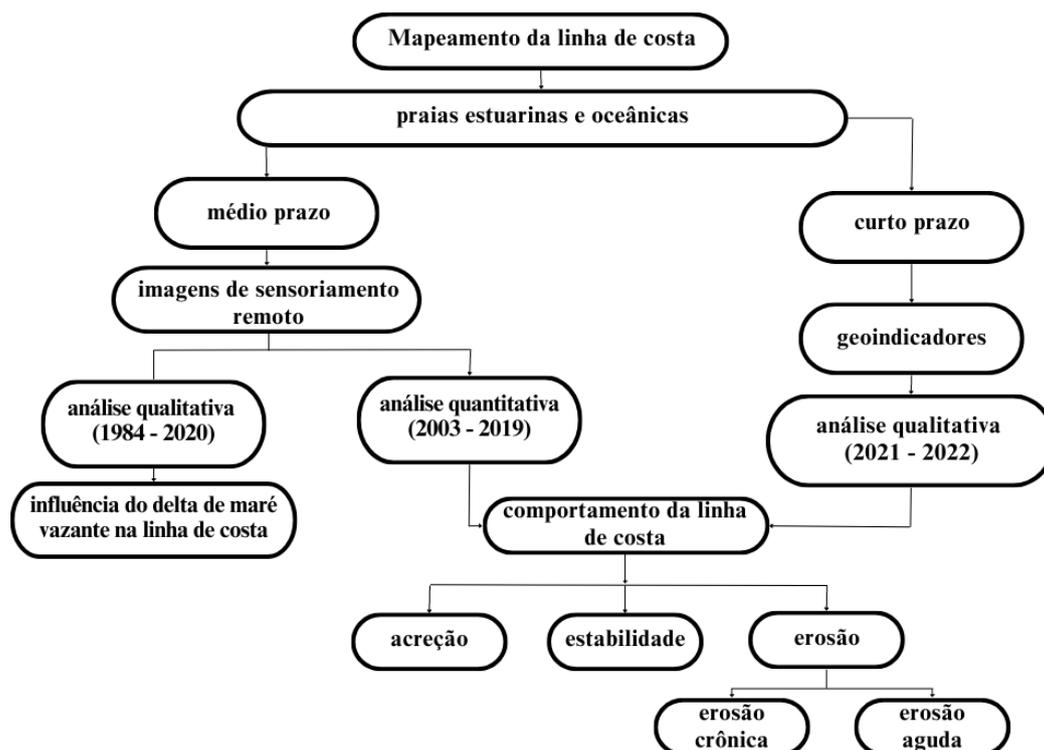


Figura 2. Fluxograma da metodologia.

3.1. Mapeamento e comportamento histórico da linha de costa

As imagens de satélite vem sendo cada vez mais utilizadas para avaliar o comportamento da linha de costa, fazendo com que o sensoriamento remoto seja uma importante ferramenta na análise da dinâmica de deltas de maré vazante (FITZGERALD, ZARILLO e JOHNSTON, 2003). Ridderinkhof et al. (2016) e Santos et al. (2021) utilizaram essa ferramenta e obtiveram resultados qualitativos e/ou quantitativos na análise da linha de costa.

A plataforma Google Engine contém um arquivo de imagens entre 1984 e 2020, permitindo a análise qualitativa das feições costeiras. Para verificar o padrão de movimentação do delta de maré vazante (barras de embocadura e canal principal de vazante) e sua influência no comportamento da linha de costa da área investigada foi utilizado o *timelapse* da plataforma. Com isso, foi verificado o modelo evolutivo de deltas de maré vazante de Fitzgerald et al. (2000, 2004, 2015) que mais se aproxima do observado na área de estudo.

O mapeamento histórico da linha de costa utilizou imagens de satélite (Quadro 1). O Centre National d'Études Spatiales (CNES, França) e o Google Earth Pro disponibilizam

imagens de satélite de forma gratuita. O quadro 2 mostra informações sobre o satélite, data de aquisição do imageamento, órgão responsável, sensor e resolução das imagens de satélite selecionadas para o mapeamento histórico da linha de costa, do canal principal e das barras de embocadura.

As imagens foram georreferenciadas no programa de geoprocessamento ArcGis 10.2.1, no Datum SIRGAS 2000, zona 24S. Para georreferenciar as imagens, foram utilizados pontos de controle com coordenadas previamente conhecidas, que serviram de base para as imagens não georreferenciadas (MAZER e DILLENBURG, 2009). A linha de costa considerada nesse trabalho foi a linha de vegetação, base de falésias ou de escarpas (*coastline* de BIRD, 2008, p. 3). A utilização desse indicador não requer conhecimento da altura das marés no momento do imageamento, de forma diferente da *shoreline* (BIRD, 2008, p.3) que requer esses dados.

Para realizar o cálculo da taxa de variação da linha de costa foi criada e vetorizada uma linha de base (*baseline*) no continente, paralela à linha de costa. Os transectos foram criados com equidistância de 100 m. Esse procedimento foi necessário para que a extensão Digital Shoreline Analysis System (DSAS, THIELER et al., 2009) do ArcGis efetuasse os cálculos.

O envelope de variação da linha de costa (em metros) mostra a distância entre a linha de costa que mais recuou e aquela que mais avançou, independente da data (DSAS, THIELER et al., 2009). Este parâmetro foi obtido para individualizar, na parte oceânica, os trechos de alta e baixa variabilidade morfológica, em conjunto com a análise visual das linhas de costa históricas mapeadas. Com isso, foi possível dividir as partes oceânicas em duas: com alta e baixa variabilidade morfológica.

As taxas de variação e, conseqüentemente, o comportamento da linha de costa, foram obtidos para dois períodos de oito anos: 2003 a 2011 e 2011 a 2019. A divisão em dois períodos teve como objetivo a avaliação da tendência de aumento ou diminuição das taxas ao longo do tempo. Todas as imagens de satélite listadas no quadro 1, disponíveis para a área de estudo, foram utilizadas nos períodos acima mencionados. Sendo assim, o método empregado para o cálculo da taxa foi a regressão linear. Esse método, recomendado quando se tem mais de duas imagens por período, apresenta a linha de tendência de todas as imagens consideradas na análise (THIELER et al., 2009). Marino e Freire (2013) e Mazzer e Dillenburg (2009) recomendam esse método em caso da disponibilidade de dados multitemporais.

Quadro 1. Informações das imagens de satélite selecionadas para o mapeamento da linha de costa, das barras de embocadura e do canal principal.

Satélite	Data de aquisição	Órgão	Sensor	Resolução espacial
SPOT 5	10/04/2003	CNES	HRG1	5 m
	11/09/2004			
	01/06/2006			
	02/09/2007			
	10/02/2008			
	01/03/2009			
	08/08/2010			
	26/04/2011			
	06/02/2012			
CNES/AIRBUS	11/09/2017	Google Earth Pro	HiRI	2 m
	18/02/2019			
World View 3	25/08/2018	Google Earth Pro	PAN/MS	1,24 m

O comportamento da linha de costa de médio prazo, analisada em dois períodos de oito anos (2003 a 2011 e 2011 a 2019), foi baseado na classificação de Esteves e Finkl (1998), com uma simplificação nas categorias de erosão da seguinte forma: acreção ($> +0,5$ m/ano), estabilidade ($-0,5$ a $+0,5$ m/ano) e erosão ($> -0,5$ m/ano). A médio prazo, as taxas erosivas superiores a $-0,5$ m/ano podem causar recuos da linha de costa suficientes para provocar danos às estruturas antrópicas, conforme mencionado por Santos et al. (2021). Não foi feita uma simplificação unindo acreção e estabilidade, como foi feita para a análise de curto prazo (geoindicadores).

Por fim, para estimar a taxa de movimentação das barras de embocadura foi definido um ponto na barra, mais próximo da linha de costa, que pudesse ser visualizado nas diferentes imagens de satélite. O valor da taxa foi determinado utilizando a diferença na posição do ponto, em metros, dividido pelo tempo decorrido da primeira imagem em que a barra se tornou emersa (2003) até o acoplamento da barra à linha de costa (2011). Esse procedimento só foi realizado para uma barra do lado de Ponta dos Garcez. Não foi possível proceder da mesma forma para Cacha Pregos, pois as barras estavam predominantemente submersas e com pouca definição nas imagens de satélite.

3.2. Mapeamento de geoindicadores em campo e comportamento sazonal da linha de costa

Para a análise sazonal da linha de costa (curto prazo), foram realizadas quatro saídas de campo nos meses de agosto de 2021 (inverno), dezembro de 2021 (verão), julho de 2022 (inverno) e dezembro de 2022 (verão). O trabalho de campo incluiu a descrição das

características físicas e antrópicas da linha de costa, além da documentação fotográfica. A identificação e o mapeamento de geoindicadores do comportamento da linha de costa foi baseado na metodologia de Bush et al. (1999).

Neste trabalho foi feita uma adaptação unindo as categorias erosão com erosão severa e, acreção com estabilidade. A categoria erosão foi classificada em crônica ou aguda (MANGOR et al., 2017). A erosão crônica resulta da remoção de sedimentos do perfil costeiro devido ao desequilíbrio da quantidade de sedimentos que entra e sai de determinado setor costeiro. Por outro lado, a erosão aguda ocorre principalmente durante eventos de ventos fortes, ondas altas, marés altas de sizígia e/ou condições de tempestades. Em ambos os casos pode ocorrer o recuo da linha de costa, sendo que na erosão crônica é irreversível, enquanto na aguda pode ser reversível. O quadro 2 apresenta alguns exemplos de geoindicadores.

Quadro 2. Geoindicadores de comportamento da linha de costa (adaptado de Bush et al., 1999).

erosão	escarpa íngreme, sem acumulação no sopé, ou escarpa ativa
	depósitos de lamas ou pedaços de árvores expostos na praia
	praias estreitas ou ausência de praias secas
	vegetação efêmera ou derrubada ao longo da linha da escarpa
	estruturas construídas pelo homem na linha de costa e que estão na praia ou antepraia
	leques de sobrelavagem
acreção-estabilidade	escarpa vegetada com rampa estável no sopé
	ausência de leques de sobrelavagem
	vegetação bem desenvolvida de restinga no interior e gramíneas na praia

Os pontos de coleta de dados de geoindicadores foram obtidos nas partes estuarinas e oceânicas de alta variabilidade morfológica. Os geoindicadores de campo foram espacializados de 100 em 100 m no programa ArcGis 10.2.1, totalizando 2,3 km em Cacha Pregos e 1,8 km em Ponta dos Garcez. As coordenadas dos pontos foram obtidas por meio do GPS Garmin Colorado 400t, precisão de 3 m, no datum SIRGAS 2000. Os registros fotográficos foram realizados utilizando o aplicativo para smartphone que forneceu as coordenadas e a orientação das fotos em relação ao norte.

4. Resultados e discussão

4.1. Evolução histórica do delta de maré vazante e sua influência no comportamento da linha de costa oceânica (médio prazo – 1984 a 2020)

A dispersão de sedimentos arenosos nas áreas contíguas a canais de maré é complexa em função da ação de ondas e correntes de maré, com movimentos de areia para *onshore* e *offshore*, e da interação com o transporte longitudinal, que tanto fornecem como retiram sedimentos da área em análise. A forma geral do delta de maré vazante reflete a magnitude relativa dos diferentes processos de transporte de areia que ocorrem na embocadura do canal de maré (DAVIS JR. e FITZGERALD, 2004).

A análise tempo-espacial, com base em imagens de satélite de médio prazo (1984 a 2020), permitiu avaliar de forma qualitativa a morfologia do canal principal de vazante, das barras de embocadura e da linha de costa oceânica em 36 anos. De acordo com Fitzgerald, Zarillo e Johnston (2003), as imagens de sensoriamento remoto constituem importantes ferramentas para obtenção de dados sobre a morfologia costeira de áreas contíguas a canais de maré.

Na área investigada, as barras de embocadura estão submersas, principalmente próximas à Cacha Pregos, e o canal principal de vazante é bem delimitado. A morfologia do delta de maré vazante, assimétrica, aponta para o quadrante sul, indicando transporte longitudinal para SW predominante em relação às correntes de maré (Figura 3). Dessa forma, está de acordo com apontado por Lessa (2020) e por Bittencourt et al. (2001), no que concerne à predominância do transporte longitudinal de sedimentos e ao sentido na área investigada, respectivamente.

Os principais aspectos da linha de costa em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica estão apresentados na figura 4. O canal principal de vazante entre 1984-1991, 1992-2012 e 2013-2020 tinha orientação para SW, S-SE e SW, respectivamente. Em função das mudanças na configuração das barras de embocadura e do canal principal de vazante, a linha de costa recuou e/ou progradou.

A linha de costa de Cacha Pregos se manteve estável e/ou com pouca alteração ao longo de todo o período investigado. Em 1984, a linha de costa de Cacha Pregos se encontrava recuada em relação à linha de costa de Ponta dos Garcez (1° *offset*) (Figura 4A). Entre 1984 e 1997, a linha de costa de Ponta dos Garcez recuou. Em função desse processo que durou 13 anos, em 1997, a linha de costa da Ponta dos Garcez ficou

aproximadamente alinhada com a linha de costa de Cacha Pregos (Figura 4B). No período subsequente, entre 1997 e 2012 (15 anos), ocorreu o inverso, a linha de costa da Ponta dos Garcez progradou. Com isso, um 2º *offset* foi identificado, com a linha de costa de Cacha Pregos recuada em relação à linha de costa de Ponta dos Garcez (Figura 4C). No último período investigado, de 2013 a 2020 (7 anos), o canal vazante defletiu novamente para SW, provocando novamente o recuo da linha de costa na Ponta do Garcez (Figura 4D).



Figura 3. Morfologia assimétrica do delta de maré vazante, em frente à embocadura do canal de Itaparica, mostrando predomínio do transporte longitudinal de sedimentos para SW. Os vetores (setas em amarelo) indicam correntes *onshore-offshore* e transporte longitudinal.

O comportamento das barras, do canal principal de vazante e da linha de costa em Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, no período de 36 anos, foi justificado pelo *bypass* de sedimentos de NE para SW, em função do sentido predominante do transporte longitudinal de sedimentos. Ajustes na configuração da linha de costa ocorreram em decorrência de mudanças na morfologia das barras e na orientação do canal principal de vazante. Os ciclos de erosão e deposição da linha de costa da área investigada podem ser descritos da seguinte maneira: (i) Quando a linha de costa estava recuada à sotamar (*downdrift*), as barras e o canal principal de vazante se encurvaram nesse sentido; (ii) Com o *bypass* de sedimentos para S, iniciou-se a progradação da linha de costa à sotamar (*downdrift*); (iii) Com o acúmulo de sedimentos à sotamar (*downdrift*), as barras e o canal

principal de vazante se encurvaram à barlar (updrift), resultando em acumulação à barlar (updrift) e erosão à sotamar (downdrift). Diante do exposto, a área investigada se encaixa de forma satisfatória no modelo rompimento do delta de maré vazante (*ebb tidal delta breaching*) de Fitzgerald (2000), conforme está mostrado na figura 5.

Os ciclos de erosão e deposição ocorreram na linha de costa em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica, confirmando a recirculação de areia, em médio prazo, que na área de estudo foi de 8 a 15 anos. O período coincidiu com os estudos de FitzGerald (1984, 2000), que foram de 5 a 19 anos, ou seja, da mesma ordem de grandeza do ciclo obtido no presente estudo. Por outro lado, está em desacordo com os trabalhos, desenvolvidos em regiões de mesomarés, de Burningham e French (2006), com ciclos de 30 anos, e de Ridderinkhof et al. (2016), com ciclos de 40 anos, e em regiões de macromarés, de Robin, Levoy e Anthony (2009), com ciclos de 26 anos. Esse fato pode estar relacionado com variações locais, como tamanho dos grãos (BURNINGHAM e FRENCH, 2006), prisma de maré, volume das barras e dimensão da embocadura (GUADIANO e KANA, 2001).

Além disso, está de acordo com Davis e Fitzgerald (2004), no qual existe um reservatório de sedimentos de curto a longo prazo (centenas ou milhares de anos) nas vizinhanças de embocaduras de canais de maré. A curto prazo, sedimentos migram metros para dentro e para fora do canal a cada ciclo de maré. A longo prazo, o depósito de sedimento como um todo pode permanecer estável, porém parte da areia das barras é recirculada em médio prazo de um lado para outro da embocadura do canal de Itaparica, alimentando as linhas de costa.

4.2. Evolução histórica de uma barra de embocadura e sua influência no comportamento da linha de costa (médio prazo – 2003 a 2019)

A variação quantitativa da posição de uma barra de embocadura de 2003 a 2011 está mostrada na figura 5. Uma das barras, situada na Ponta dos Garcez, migrou no sentido da linha de costa, de 2003 a 2010, até finalmente se acoplar à linha de costa em 2011. Conforme verificado no *timelapse* do Google Engine, a barra surgiu em 1986, mas ficou emersa a partir do ano 2000. Dessa forma, o período total desde a emersão da barra até seu acoplamento à praia foi de 11 anos. Após 2011, houve formação de outra barra, que não migrou até 2019, ano da última imagem de satélite disponível no Google Earth.

Não foi possível acompanhar a movimentação de uma mesma barra no lado de Cacha Pregos, uma vez que as barras não estavam emersas e bem definidas nesse lado da embocadura do canal de Itaparica. Esse fato, no entanto, não invalida o procedimento adotado nesse trabalho que mostrou acreção (progradação) da linha de costa devido ao acoplamento de uma barra à sotamar da embocadura, amplamente abordado na literatura por Fitzgerald (1982, 1984, 2000, 2004, 2015).



Figura 4. Mudanças morfológicas do delta de maré vazante e da linha de costa em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica. (A) Em 1984, linhas de costas alinhadas; (B) Em 1997, linha de costa de Ponta do Garcez recuada em relação à linha de costa de Cacha Pregos (1° offset); (C) Em 2012, linha de costa de Cacha Pregos recuada em relação à linha de costa de Ponta dos Garcez (2° offset) e; (D) Em 2020, linha de costa de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez alinhadas novamente. Fonte: Imagens de satélite da plataforma time lapse do Google Engine.

O quadro 3 mostra a distância entre a barra e a linha de costa, em cada ano, de 2003 a 2011, período com as imagens disponíveis para mapeamento das barras. A distância foi diminuindo ao longo do tempo, até o acoplamento da barra à praia, verificado em 2011. O acoplamento da barra na praia promoveu o avanço ou progradação (acreção) da linha de costa na Ponta dos Garcez. A taxa de movimentação da barra no período investigado foi em torno de 114 m/ano. A taxa de movimentação da barra investigada foi na mesma ordem de grandeza (centenas de metros) de outros estudos realizados em condições

ambientais semelhantes. Na Carolina do Sul, a taxa média de movimentação das barras foi de 110 m/ano (FITZGERALD, 1976) e de 100/ano (FITZGERALD, 1984).

Quadro 3. Distância entre a barra e a linha de costa da praia de Ponta dos Garcez a cada ano, de 2003 até 2011.

Ano	Distância (m)	Ano	Distância (m)
2003	800	2008	270
2004	840	2009	70
2006	420	2010	1
2007	333	2011	0

A análise tempo-espacial da taxa de variação da linha de costa mostrou que, ao longo do período investigado (de 2003-2011 a 2011-2019) (Figura 7), passou a predominar erosão na parte estuarina e de baixa variabilidade e, acreção na parte de alta variabilidade de Cacha Pregos. Por outro lado, no mesmo período, Ponta dos Garcez passou a ter comportamento erosivo na parte estuarina e de acreção na parte de baixa variabilidade, enquanto na parte de alta variabilidade, o comportamento de acreção foi mantido ao longo do tempo. Portanto, ao longo do tempo, o comportamento se inverteu nas praias investigadas, exceto na parte de alta variabilidade de Ponta dos Garcez, que se manteve o mesmo, porém com melhor distribuição espacial dos sedimentos. Assim sendo, ao longo do tempo, os processos erosivos foram preponderantes nas partes estuarinas, enquanto a acreção foi predominante nas partes de alta variabilidade das praias investigadas.

As células de transporte longitudinal de sedimentos, ou seja, compartimentos costeiros para a determinação do balanço de sedimentos são determinados espacialmente por feições fisiográficas (BIRD, 2008), tal como o canal de Itaparica. Dessa forma, as praias de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez correspondem, respectivamente, o final e o início de duas células de transporte. Em ambas as praias e para os dois períodos mencionados pode-se justificar os comportamentos da linha de costa da seguinte forma: acreção de sedimentos à barlar e erosão à sotamar e/ou erosão de sedimentos à barlar e acreção à sotamar. Conforme amplamente discutido na literatura (KOMAR, 1998; BIRD, 2008), a retenção de sedimentos à barlar (baixa variabilidade) provoca escassez de sedimentos à sotamar (alta variabilidade); de forma similar, a erosão à barlar (baixa variabilidade) favorece a acreção de sedimentos à sotamar (alta variabilidade). Assim, justifica-se os comportamentos das linhas de costa de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez nos períodos investigados.

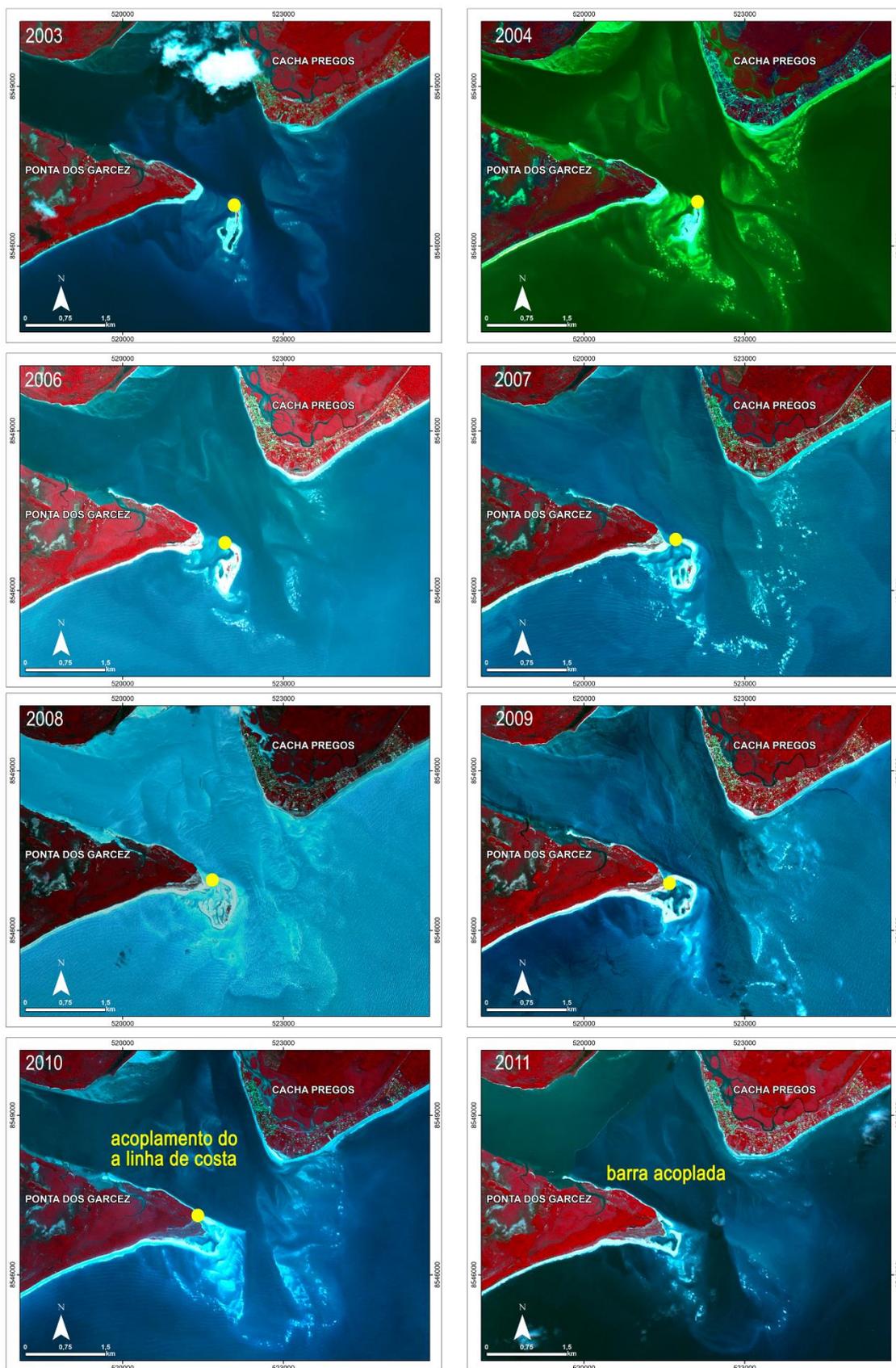


Figura 5. Movimento da barra de embocadura no sentido de Ponta dos Garcez no período de 2003 a 2011. O ponto amarelo, posicionado na parte voltada para o continente, indica a posição utilizada para estimar a taxa de movimentação da barra. Fonte da imagem: SPOT 5.



Figura 6. Linhas de costa históricas de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez: (A) 2003 a 2011, (B) 2011 a 2019. Na figura estão mostradas a subdivisão das partes oceânicas, com baixa e alta variabilidade morfológica, e estuarinas. Fonte da imagem: CNES/AIRBUS, 2019.

Adicionalmente, os setores de alta variabilidade morfológica têm influência da dinâmica do delta de maré vazante e do *bypass* de sedimentos, conforme amplamente discutido na literatura e nesse trabalho. De uma forma geral, os processos de erosão e de

acrecção da linha de costa e sua alternância tempo-espacial em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica também estão associados à dinâmica do delta de maré vazante, corroborando os trabalhos de Dominguez et al. (2006) e Dominguez et al. (2018) realizados na área investigada. Localmente, a erosão ou a acreção podem estar relacionadas com a convergência ou a divergência dos raios de onda, assim como intensificação ou desaceleração do transporte longitudinal dos sedimentos conforme Bittencourt et al. (2001), não abordados nesse trabalho.

De uma forma geral, no período de 2003-2011 a 2011-2019, os valores das taxas médias negativas aumentaram na parte estuarina (de -1,5 para -7,6 m/ano) e de baixa variabilidade (-0,2 para -1,3 m/ano) de Cacha Pregos ou, permaneceram a mesma (-2,8 m/ano) na Ponta dos Garcez. Os valores das taxas negativas foram, de uma forma geral, inferiores a -5 m/ano, sendo que o valor máximo verificado ocorreu no período de 2011-2019, na parte estuarina de Cacha Pregos, ultrapassando -10 m/ano (Figura 7). As taxas médias negativas dessas praias, inferiores a -8,0 m/ano, estão de acordo com as observadas em praias oceânicas, no Brasil e no mundo (DOLAN, FENSTER e HOLME, 1991; CROWELL, LEATHERMAN e BUCKEY, 1993). As maiores taxas médias positivas estão associadas as áreas oceânicas de alta variabilidade (Figura 7). O comportamento distinto entre a linha de costa estuarina e a oceânica pode ser explicado devido a ação de marés e correntes de maré na parte estuarina, e de ondas e correntes costeiras na parte oceânica (SANTOS, 2021).

A quantificação das taxas de variação da linha de costa é fundamental no desenvolvimento de um plano de manejo para áreas em processo de erosão ou de acreção. As taxas históricas de variação da linha de costa, em caso de erosão em áreas ocupadas, são importantes para determinar a opção de proteção mais apropriada (DEAN e DALRYMPLE, 2004). No entanto, em função da intensificação das tempestades e do aumento do nível do mar decorrentes do aquecimento global (IPCC, 2018), independentemente do valor da taxa histórica, o processo erosivo no futuro tenderá a ser mais intenso.

Outro aspecto importante a se considerar é o percentual de linha de costa em erosão e acreção (Figura 8). Em Cacha Pregos, na parte oceânica de alta variabilidade, o percentual em erosão, no período de 2003-2011 a 2011-2019, diminuiu de 71,4% para 0%. No entanto, no mesmo período, o percentual em erosão aumentou nas partes de baixa variabilidade (0% para 66,7%) e estuarina (40% para 70%). Na Ponta dos Garcez, ocorreu diminuição no percentual de linha de costa em erosão de 4,5% para 0%, na parte de alta

variabilidade, e de 100% para 0%, na parte de baixa variabilidade, e aumentou na parte estuarina, de 33,3% para 100%. Dessa forma, o percentual em erosão aumentou nas partes estuarinas de ambas as praias no período de 2003-2011 para 2011-2019. Por outro lado, a diminuição no percentual em erosão prevaleceu nas praias oceânicas, exceto na parte de baixa variabilidade de Cacha Pregos, que aumentou.

Quando consideradas, em conjunto, as partes oceânicas de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez (alta variabilidade e baixa variabilidade), a porcentagem da linha de costa em erosão variou de 32% a 38%. Esses valores são compatíveis aos encontrados por Dominguez et al. (2006), em torno de 26% na parte oceânica do litoral baiano, uma vez que as embocaduras de rios/canais de maré perfazem pequena extensão quando todo o litoral é analisado. Por outro lado, os valores destoam consideravelmente quando comparados com a linha de costa oceânica mundial, em torno de 70% em erosão (LUIJENDIJK et al., 2018).

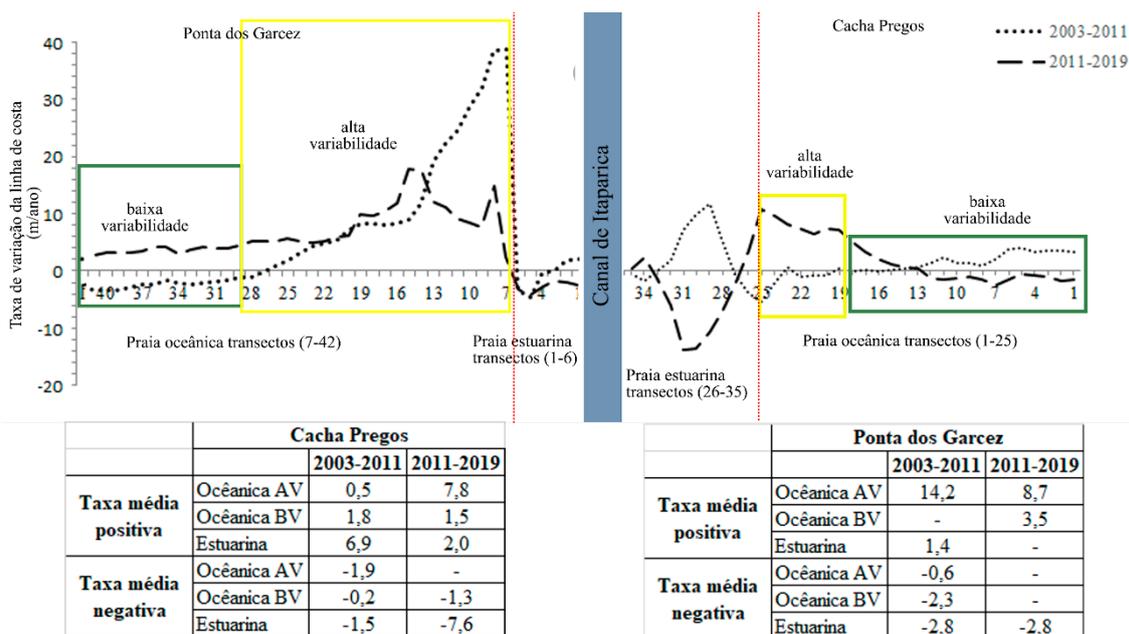


Figura 7. Taxa de variação da linha de costa e valores médios (positivos e negativos em m/ano) nas praias, oceânicas (de alta e baixa variabilidade), e estuarinas, de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez nos períodos: 2003 a 2011 e 2011 a 2019. O símbolo “-” indica que não houve taxa positiva ou negativa no período em análise. O sentido do transporte longitudinal predominantemente é de NE (Cacha Pregos) para SW (Ponta dos Garcez).

4.3. Comportamento sazonal da linha de costa (curto prazo – 2021 e 2022)

O levantamento de dados de geoindicadores de campo compreendeu os anos de 2021 (julho e dezembro) e 2022 (agosto e dezembro), conforme mencionado anteriormente, permitindo a análise sazonal da linha de costa em anos La Niña. A última ocorrência de La Niña se iniciou em 2020 e perdurou até pelo menos dezembro de 2022, provocando a intensificação dos temporais e chegada de frentes frias (ondas de S e SE) no litoral sul baiano até a cidade de Salvador, segundo Moura (2021).

A figura 9 apresenta diferentes geoindicadores de erosão e acreção-estabilidade da linha de costa nas praias estuarinas e oceânicas de alta variabilidade de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez, para um mesmo ponto, em diferentes estações do ano. Em Cacha-Pregos, na parte oceânica, as escarpas ativas e a ausência de praia seca, mostradas na figura 9A, indicam erosão em 06/08/2021. Enquanto na mesma localidade, em 20/12/2021, a presença de praia seca estreita (em torno de 1,5 m) e ausência da escarpa indicam certa estabilidade da linha de costa, ou seja, comportamento de acreção-estabilidade (Figura 9B). A figura 9C, na parte estuarina, mostram raízes de coqueiros na face de praia e edificação na praia protegida por estrutura de contenção, indicando erosão em 06/08/2021. Adicionalmente, a praia seca ausente indica a manutenção do processo erosivo em 23/12/2022 (Figura 9D). Na Ponta dos Garcez, parte estuarina, a escarpa vegetada e a concentração de minerais máficos, em 08/08/2021 (Figura 9E), indicam processo de erosão incipiente. A concentração de grãos mais pesados, máficos, devido à remoção seletiva dos grãos mais leves, félsicos, em condições de ondas mais energéticas, foi explicada por Komar (1998) e mencionada por Jesus e Andrade (2018) em praias em processo de erosão em Sergipe. A tendência erosiva mostrada na figura 9E foi confirmada com a ativação da escarpa em 19/12/2021 (Figura 9F). A remoção de areia da praia, com a formação de escarpas na linha de costa, representa ondas mais energéticas conforme explicitado por Komar (1998). Na parte oceânica, próximo ao limite com a parte estuarina, a praia seca bem desenvolvida, com aproximadamente 80 m de extensão (Figura 9G e 9H, em 08/08/2021 e 29/07/2022, respectivamente), indica a manutenção do processo de acreção sendo, portanto, classificada como acreção-estabilidade. A proximidade de uma barra de embocadura (Figura 10) confirmou, em campo, o processo de acoplamento da barra à linha de costa e o comportamento de acreção, conforme mostrado nos itens anteriores e amplamente discutido na literatura (FITZGERALD, 1982; FITZGERALD, 1984).

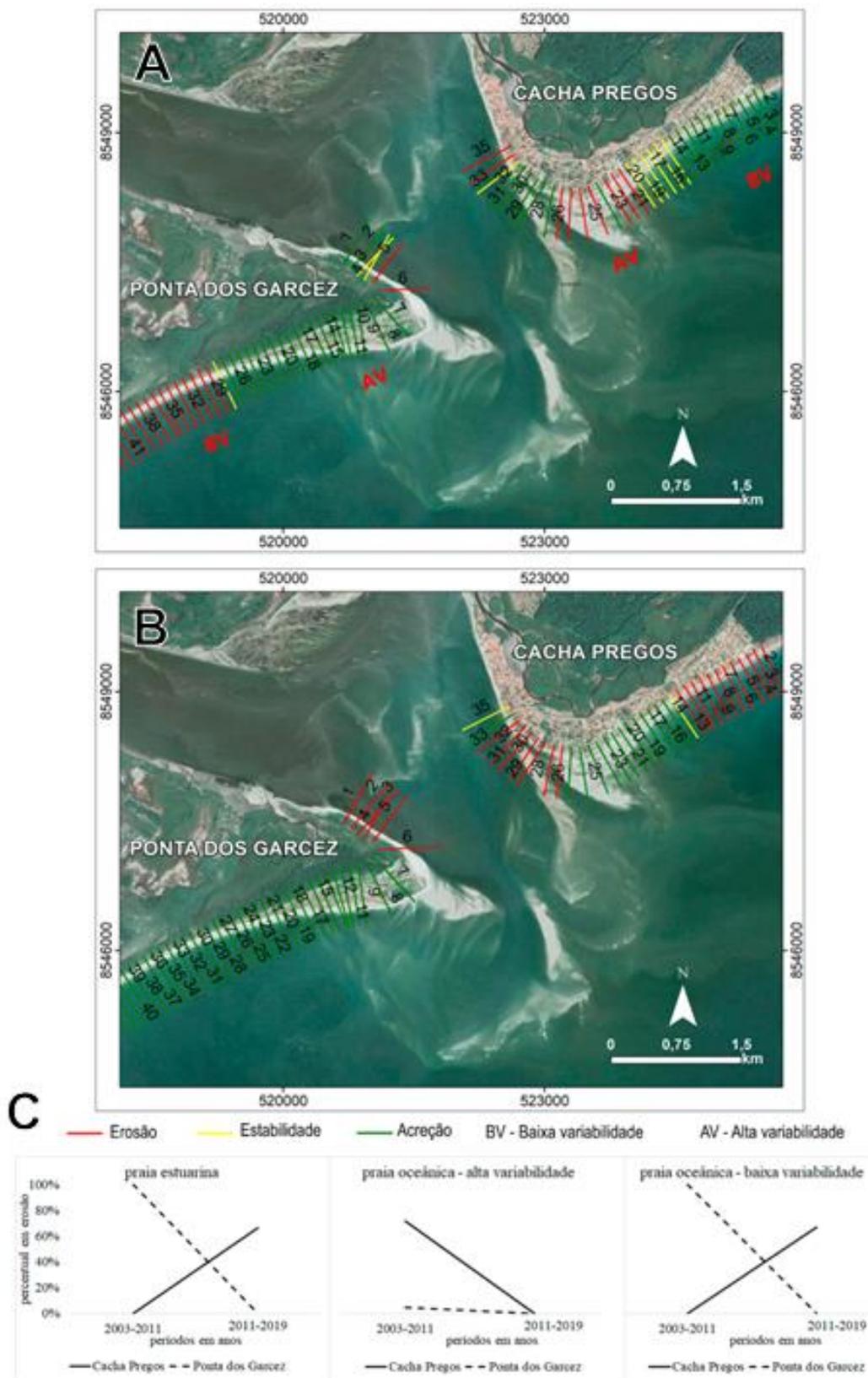


Figura 8. Comportamento da linha de costa de Cacha Pregos e de Ponta dos Garcez nos períodos de 2003 a 2011 (A) e 2011 a 2019 (B) e, tendência do percentual em erosão da linha de costa de 2003-2011 a 2011-2019 (C). Fonte da Imagem: CNES/AIRBUS de 2019.

No entanto, alguns geoindicadores mostraram transição de um comportamento para outro. Dessa forma, nesse estudo foram utilizados mais de um geoindicador para definir o comportamento sazonal da linha de costa. Isso está de acordo com o sugerido por Forbes e Liverman (1996), onde os geoindicadores devem ser utilizados e analisados em conjunto para poderem representar, sem equívocos, o comportamento da linha de costa no momento da aquisição dos dados. Dessa forma, as mudanças ambientais rápidas podem ser monitoradas com os geoindicadores, permitindo determinar como um ambiente responde e se recupera (resiliência) de eventos de alta energia (tempestade) (MORTON, 1996).

A situação da parte estuarina de Cacha Pregos, nas quatro datas, com a presença de estruturas de contenção (sacos de areia e enrocamentos de rochas) e ocupação humana inadequada é mostrada na figura 11. Enrocamento de rochas e sacos de areia foram instalados na linha de costa para proteger as edificações situadas na retaguarda da praia (Figuras 11A e 11B). A ausência de faixa de areia, independente da maré, e a ausência de praia seca, na maré alta, demonstram que o processo erosivo permaneceu ao longo do tempo. Independente da estação do ano, essa parte da praia está em erosão crônica, que segundo definição de Mangor et al. (2017) é resultado de déficit contínuo de sedimentos. Em períodos de menor aporte de sedimentos na praia investigada, foi necessário proteger as ocupações humanas próximas à linha de costa. A presença de estruturas de contenção, exemplo da interferência antrópica na dinâmica estuarina, no entanto, não evitou o desaparecimento da praia e/ou o recuo da linha de costa. Conforme Morton (1996), Bird (2008) e Santos et al. (2021), as estruturas de contenção acabam por bloquear o fluxo normal de sedimentos, intensificando e tornando o processo erosivo irreversível, ou seja, crônico. Dessa forma, aparentemente, a erosão crônica nessa parte da área investigada não tem relação com sazonalidade ou eventos La Niña.

A edificação construída na praia, mostrada na figura 11C (agosto de 2021), foi considerada irregular e removida pelos órgãos competentes em dezembro de 2021 (Figura 11D). De fato, a edificação necessitaria de constante manutenção nas estruturas de contenção. Adicionalmente, a erosão que atinge as praias adjacentes seria intensificada, conforme mencionado anteriormente e amplamente discutido na literatura. Por outro lado, a erosão causou o desaparecimento da parte recreativa da praia gerando conflitos de uso, conforme verificado em diversas praias do Brasil e do mundo.

A erosão verificada nas outras partes da área investigada, sem ocupação da linha de costa e estruturas de proteção costeira, é aguda, ou seja, reversível. Pode estar relacionada

a eventos sazonais e/ou atmosféricos-oceanográficos (La Niña), que modificam a dinâmica costeira, devido à alteração do ângulo de incidência e da intensidade das ondas. Esses eventos associados às marés de sizígia causam uma sobre-elevação do nível do mar de curto período favorecendo a erosão, porém com possibilidade de recuperação em momentos subsequentes, conforme verificado com os geoindicadores de campo. Para isso é importante que não se ocupe a linha de costa, deixando-a livre para migrar no sentido do continente nos momentos de déficits de sedimentos, conforme orienta Mangor et al. (2017).

A localização espacial dos geoindicadores, o comportamento sazonal da linha de costa e o percentual de erosão e de acreção-estabilidade nas partes oceânicas de alta variabilidade e estuarinas das duas praias investigadas estão mostradas na figura 12.

Na parte estuarina de Cacha Pregos, os valores da linha de costa em erosão e acreção-estabilidade foram muito próximos, em torno de 50%. Os valores do percentual de linha de costa em erosão variaram ao longo do tempo na praia estuarina de Ponta dos Garcez: menores valores nas estações tipicamente chuvosas (0% em agosto de 2021 e 12,5% em julho de 2022) e maiores valores nos meses de dezembro de 2021 (62,5%) e de 2022 (37,5%) (Figura 12B). Dessa forma, foi verificada uma certa sazonalidade apenas em Ponta dos Garcez, com erosão no verão e acreção no inverno, contrária a esperada em anos normais. E diferente da esperada em anos sob influência de La Niña, que deveria mostrar o mesmo padrão (sem sazonalidade) ao longo do ano.

Na parte oceânica de alta variabilidade de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez o percentual da linha de costa em erosão não mostrou nenhuma sazonalidade. Em Cacha Pregos, o percentual da linha de costa em erosão, diminuiu de agosto de 2021 a julho de 2022 e aumentou em dezembro de 2022, sem ultrapassar 38,5%. Dessa forma, predominou acreção-estabilidade acima de 61,5% nas quatro datas. Em Ponta dos Garcez, o percentual de linha de costa em erosão e acreção-estabilidade tiveram valores muito próximos em agosto de 2021, em torno de 50%, sendo que a acreção-estabilidade foi predominante (55,6%). No entanto, nos períodos subsequentes, os trechos em erosão aumentaram (66,7% em dezembro de 2021, 77,8% em julho de 2022 e 88,9% em dezembro de 2022).

De forma geral, a análise mostrou uma tendência de acreção em Cacha Pregos e aumento no percentual erosivo na linha de costa de Ponta dos Garcez no período investigado, independente da estação do ano. No entanto, a atuação da La Niña, desde 2020, que intensificou a chegada de ondas mais energéticas associadas à chegada de

frentes frias (MOURA, 2020), pode ter contribuído para o aumento no percentual de erosão da Ponta dos Garcez. Em anos La Niña, não ocorre inversão no sentido predominante do transporte longitudinal de sedimentos, sendo o sentido de SW para NE em função da intensificação das ondas de S-SE e das frentes frias.

5. Conclusão

O presente trabalho apresentou os resultados da análise do comportamento tempo-tempo-espacial da linha de costa de duas praias arenosas contíguas a um delta de maré, de regiões tropicais em regime de mesomárés. Como exemplo, foram analisadas as praias, estuarinas e oceânicas, de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, situadas no litoral da Bahia, nordeste do Brasil. O estudo apresentou o comportamento qualitativo e quantitativo da linha de costa em duas escalas temporais: curto (2021-2022) e médios prazos (1984-2020 e 2003-2019).

Na análise qualitativa de médio prazo, no período de 36 anos (1984-2020), a acumulação de areia predominante na parte barlamar do delta de maré vazante causou a deflexão do canal de vazante para sul, justificando a configuração assimétrica do delta. A linha de costa oceânica de Cacha Pregos, à barlamar, teve pouca variação. Em contrapartida, na parte oceânica da Ponta dos Garcez, à sotamar da embocadura do canal de Itaparica, ocorreu grande variação, com períodos alternados de progradação e recuo da linha de costa. Nos períodos de progradação, a linha de costa à sotamar do canal de Itaparica ficou deslocada no sentido do oceano (*offset*), enquanto no máximo erosivo, as linhas de costa ficaram aproximadamente alinhadas em ambos os lados do canal. Dessa forma, foram verificados ciclos de erosão e acreção da linha de costa de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, cujo período de 7 a 15 anos corrobora a alguns trabalhos realizados em regiões com regimes de mesomárés. No entanto, esses valores destoam de outros trabalhos, devido provavelmente às mudanças locais (tamanho dos grãos das barras, prisma de maré, volume das barras e dimensão da embocadura). O modelo do delta de maré vazante da área estudada equivale ao modelo de rompimento do delta de maré vazante (*ebb tidal delta breaching*).

Adicionalmente, o estudo de 36 anos mostrou que a morfologia assimétrica do delta de maré vazante para SW indica que não houve variação no sentido do transporte longitudinal de sedimentos. A longo prazo, o depósito de sedimento como um todo pode permanecer estável, porém parte da areia das barras é recirculada em médio prazo de um

lado para outro da embocadura do canal de Itaparica, alimentando as linhas de costa, conforme verificada nessa análise.

O período de análise histórica da linha de costa, de médio prazo (16 anos – 2003 a 2019), subdividido em intervalos de tempo de oito anos (2003 a 2011 e 2011 a 2019), permitiu verificar a tendência tempo-espacial da linha de costa em erosão ou acreção. A alternância tempo-espacial dos processos de erosão e/ou acreção da linha de costa à barlar e à sotamar do canal de Itaparica mostrou que predomina a atuação de duas células individuais de transporte longitudinal de sedimentos; cada célula engloba as partes oceânicas de baixa e alta variabilidade morfológica de cada célula. A remoção (erosão) ou a retenção (acreção) de sedimentos à sotamar ou à barlar do transporte longitudinal em cada célula explica o comportamento tempo-espacial da linha de costa. Não houve um incremento no comportamento erosivo ao longo do tempo, de 2003-2011 a 2011-2019, reforçando a atuação das células de transporte longitudinal de sedimentos em ambos os períodos de oito anos e em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica. A parte de baixa variabilidade não possui influência direta do delta de maré vazante. No entanto, a parte de alta variabilidade mostra influência do delta de maré vazante como reservatório de sedimentos de médio prazo, com *bypass* de sedimentos e barras de embocadura se acoplando às praias, conforme verificado nos estudos qualitativos e quantitativos de médio prazo desse trabalho.

Os valores das taxas médias negativas da linha de costa nas praias investigadas foram na mesma ordem de grandeza (inferiores a 8 m/ano) daqueles valores encontrados em praias, oceânicas e estuarinas, do Brasil e do mundo. Adicionalmente, o percentual em erosão foi semelhante ao verificado em todo o litoral da Bahia. Discrepâncias no percentual da linha de costa mundiais devem-se a particularidades metodológicas das pesquisas. No entanto, o percentual em erosão aumentou nas partes estuarinas de ambas as praias ao longo do tempo, de 2003-2011 para 2011-2019. No entanto, a diminuição no percentual em erosão prevaleceu nas praias oceânicas, exceto na parte de baixa variabilidade de Cacha Pregos, que aumentou. A porcentagem da linha de costa em erosão, nas partes oceânicas de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, variou de 32% a 38%, sendo compatíveis aos encontrados em torno de 26% na parte oceânica do litoral baiano, que abrange os valores das linhas de costa em embocaduras de rios/canais de maré. No entanto, os valores destoam da linha de costa oceânica mundial, com valores em torno de 70% em erosão.

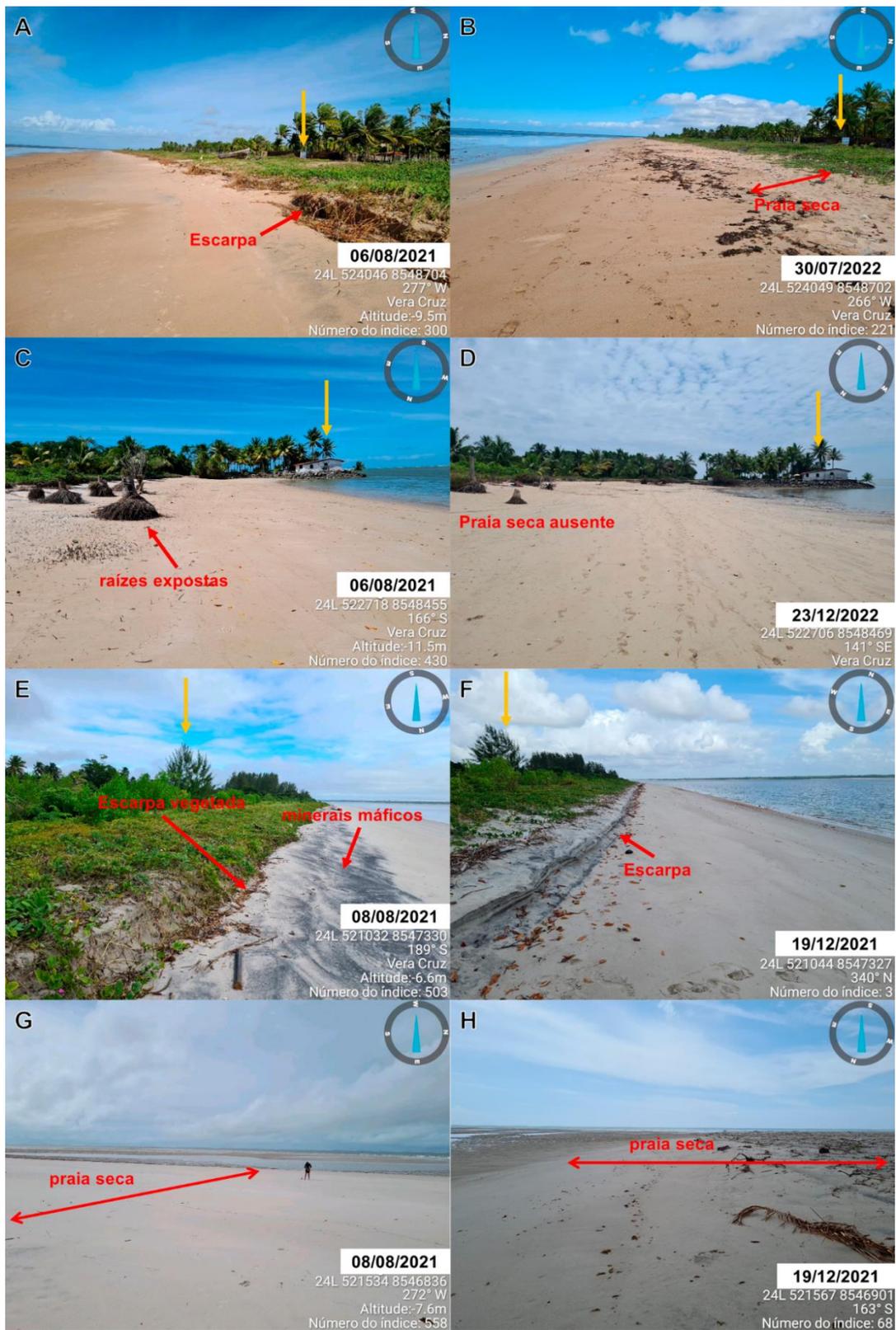


Figura 9. Geoindicadores de linha de costa em erosão ou acreção-estabilidade nas praias de Cacha Pregos (A-B e C-D) e Ponta dos Garcez (E-F e G-H). As fotos em pares (A-B, etc) foram tiradas em datas distintas. As setas amarelas indicam o ponto de referência das fotos de uma mesma localidade. As fotos foram tiradas em agosto de 2021 (inverno, período chuvoso), dezembro de 2021 (verão, período chuvoso devido à La Niña), julho de 2022 (inverno, período chuvoso) e dezembro de 2022 (verão, período chuvoso devido à La Niña). As fotos A-B, C-D, E-F e G-H foram tiradas nos pontos CP-4, CP-21, PG-3 e PG-8, respectivamente.



Figura 10. Barra emersa na praia oceânica de Ponta dos Garcez (Ponto PG-08), próxima ao limite com a parte estuarina.

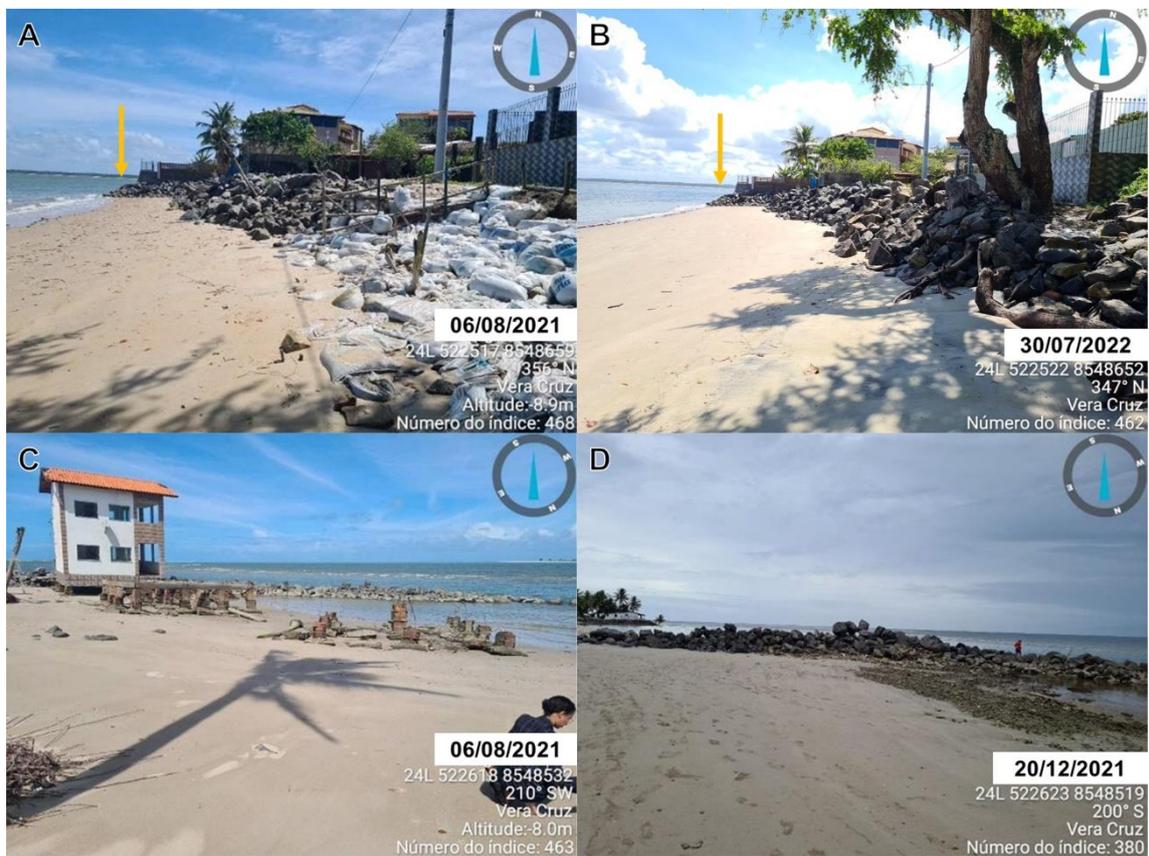


Figura 11. Estruturas de contenção (enrocamento de rochas e sacos de areia) e edificação irregular na parte estuarina de Cacha Pregos. As fotos (A) e (B) foram obtidas no ponto CP-22, em agosto 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. As fotos (C) e (D), de agosto de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente, registram o ponto CP-21.

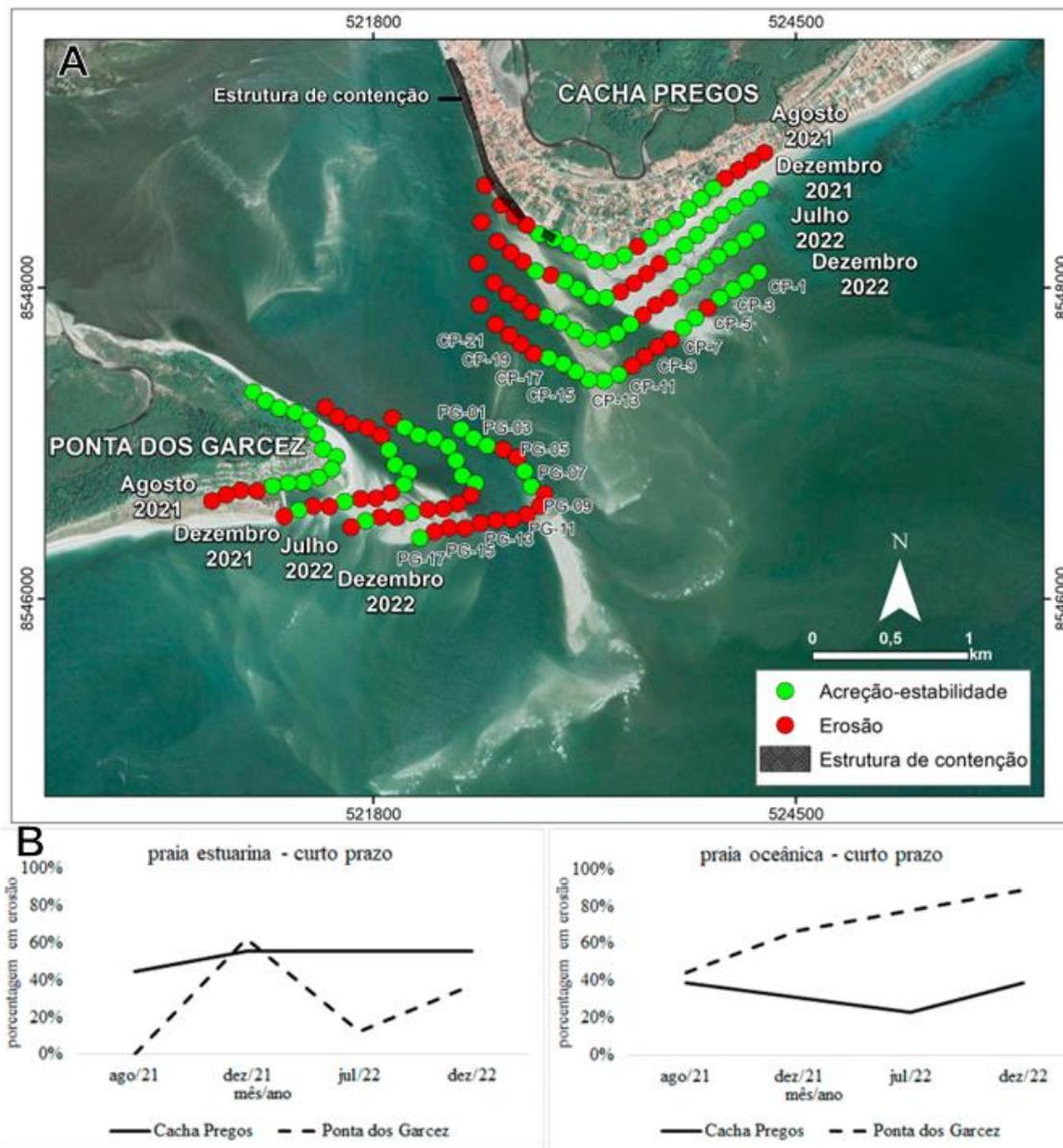


Figura 12. Comportamento sazonal da linha de costa (A) e percentual da linha de costa em erosão (B) nas partes oceânicas (de alta variabilidade) e estuarina de Cacha Pregos e da Ponta dos Garcez em agosto e dezembro de 2021, e julho e dezembro de 2022. Fonte da imagem: CNES/AIRBUS, 2019.

A análise de curto prazo permitiu avaliar a tendência sazonal das linhas de costa estuarinas e oceânica de alta variabilidade em anos sob influência de La Niña. A análise mostrou que nas linhas de costa oceânicas houve uma tendência de acreção à barlamar (maior que 60%) e aumento no percentual erosivo à sotamar (de cerca de 40% a 80%) do canal de Itaparica. Em anos La Niña, a área de estudo tem influência das ondas provenientes de S-SE, associadas com a intensificação da chegada de frentes frias, ou seja, transporte longitudinal dominante para NE. No entanto, a praia estuarina de Cacha Pregos apresentou certa estabilidade no percentual de erosão, em torno de 50%, devido

provavelmente à presença de estruturas de contenção. Por outro lado, a praia estuarina da Ponta dos Garcez mostrou erosão no verão e acreção no inverno, contrário ao esperado em anos normais, e diferente do esperado em anos La Niña, que deveria mostrar o mesmo padrão (sem sazonalidade) ao longo do ano. O estudo sazonal reforça a presença do reservatório de sedimentos de curto prazo, onde sedimentos migram metros para dentro e para fora do canal a cada ciclo de maré, interferindo no comportamento da linha de costa das praias estuarinas e de médio prazo, no qual os sedimentos ficam circulando decorrentes da dinâmica do delta de maré vazante. Por fim, não foi possível avaliar, de uma forma mais determinante, a influência dos eventos atmosféricos e/ou oceanográficos na dispersão de sedimentos em regiões sob influência na dinâmica dos deltas de maré vazante. Seria necessário ampliar o tempo de investigação na análise sazonal, porém incluindo um monitoramento de décadas, e com isso, englobar períodos normais (sem eventos), de El Niño e La Niña,

A ocupação humana na linha de costa é outro aspecto a ser avaliado. A praia estuarina de Cacha Pregos apresenta ocupação humana. Para proteger as estruturas antrópicas, foi instalada uma estrutura de contenção. No entanto, independente da estação do ano, essa parte da praia está em erosão crônica, resultado de *déficit* contínuo de sedimentos. As estruturas de contenção acabam por bloquear o fluxo normal de sedimentos, intensificando e tornando o processo erosivo irreversível (crônico). Adicionalmente, é importante lembrar que essas estruturas precisam ter manutenção frequente, para garantir a segurança das estruturas antrópicas. Além disso, a presença das estruturas de contenção não evitou o desaparecimento da faixa de areia, independente da maré, e da praia seca, na maré alta. Dessa forma, a praia utilizada para fins recreativos, perde sua função, sendo gerado assim conflitos de uso. A erosão verificada nas demais partes da área investigada, sem ocupação antrópica bordejando a linha de costa, foi aguda, ou seja, não é permanente, podendo estar relacionada a eventos sazonais e/ou atmosféricos-oceanográficos (La Niña), que modificam a dinâmica costeira, devido à alteração do ângulo de incidência e da intensidade das ondas. Esses eventos associados às marés de sizígia causam uma sobre-elevação do nível do mar de curto período favorecendo a erosão, porém com possibilidade de recuperação em momentos subsequentes, conforme verificado com os geoindicadores de campo.

Os depósitos sedimentares inconsolidados presentes na retaguarda da praia, a exemplo dos terraços marinhos, constituem estoque sedimentar para a praia e para a linha de costa. Em períodos de *déficit* sedimentar, favorecem a sua recuperação natural,

evitando a necessidade de instalação de estruturas de proteção costeira. Nas áreas de elevada variabilidade morfológica, a linha de costa também não deve ser ocupada. Em períodos de acreção, a ocupação humana tende a avançar sobre as áreas progradadas, criando uma falsa ideia de local seguro. Então o melhor a fazer é não ocupar a linha de costa, deixando a linha recuar ou avançar livremente, pois assim em períodos de erosão, as estruturas antrópicas não serão destruídas.

A metodologia empregada no trabalho, com o uso de dados de geoindicadores (dados sazonais, curto prazo) e de dados históricos da linha de costa (médio prazo) foi adequada, pois permitiu avaliar em diferentes escalas temporais e espaciais a dispersão de sedimentos. Os geoindicadores de erosão e acreção-estabilidade refletem os processos associados aos parâmetros oceanográficos (ondas, marés, correntes etc.), sendo boas ferramentas para avaliações sazonais, devido à instabilidade da linha de costa frente a atuação de eventos oceanográficos e/ou atmosféricos. Essa ferramenta deve ser utilizada com cautela, pois pode refletir aspectos conflitantes, a exemplo da presença de minerais escuros (máficos) em praias sem escarpa, mas indicando erosão incipiente, conforme visualizado nesse trabalho. Ou ainda, escarpas inativas com área de acreção recente vegetada, indicando que já teve erosão, porém atualmente se encontra em acreção-estabilidade. Dessa forma, reitera-se a necessidade de avaliar mais de um indicador em campo. Além disso, é necessário que o monitoramento seja feito de forma contínua, com a atualização constante dos dados de linha de costa, históricos e sazonais, por períodos mais longos (décadas).

Os cenários de variação da linha de costa apresentados neste trabalho podem alterar tempo-espacialmente devido à complexa dinâmica que afeta as linhas de costas contíguas a deltas de maré vazante. Além disso, as atuações dos eventos oceanográficos-atmosféricos (El Niño, La Niña e sem eventos), assim como as projeções futuras de elevação do nível do mar, devido ao aquecimento global, devem intensificar os valores futuros das taxas de variação da linha de costa. Recomenda-se para trabalhos futuros a aquisição e tratamento de mais dados de sensoriamento remoto, dados oceanográficos (ondas, transporte longitudinal, correntes de maré, vazão de rio), entre outros, para que seja possível avaliar a influência de eventos atmosféricos e/ou oceanográficos na dispersão de sedimentos.

Por fim, esse trabalho forneceu, de forma qualitativa e quantitativa, dados da variação e do comportamento da linha de costa, assim como analisou fatores que podem influenciar na dispersão de sedimentos em praias arenosas contíguas a deltas de maré vazante de

regiões tropicais. Além disso, comparou os dados da taxa de variação da linha de costa, classificando o comportamento da área investigada (cenário local), e comparando-os ao visto no cenário mundial. Dessa forma, esse trabalho serve de subsídios ao planejamento ambiental.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem: ao Laboratório de Petrologia Aplicada a Pesquisa Mineral (LAPA) por disponibilizar a licença do programa ArcGIS 10.2.1 e Serviço Geológico do Brasil (SGB) pelas fotografias aéreas.

6. Referências

- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Hidroweb**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.
- BIRD E. **Coastal geomorphology: an introduction**. 2ª Ed New York: John Wiley & Sons, 2008. 436 p.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; FARIAS, F.F.; VILAS BÔAS, G.S. Influência da deriva litorânea no desenvolvimento do esporão de Caixa-Pregos (Baía de Todos os Santos/Ba). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 1, p. 197-200, 1990.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; LESSA, G.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; VILAS BÔAS, G.S., FARIAS, F.F. High and low frequency erosive and constructive cycles in estuarine beaches: an example from Garcez Point, Bahia / Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 4, p. 599-610, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652001000400013>.
- BURNINGHAM, H.; FRENCH, J. Morphodynamic behaviour of a mixed sand-gravel ebb-tidal delta: Deben estuary, Suffolk, UK. **Marine Geology**, v.225, p.1-4, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.09.009>.
- BUSH, D.M.; NEAL, W.J.; YOUNG, R.S.; PILKEY, O.H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean & Coastal Management**, v. 42, n. 1, p. 647-670, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(99\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(99)00027-7).
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS CPTEC. **Condições atuais do Enos: enfraquecimento do La Niña e início de condições de neutralidade**. Disponível em:< <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 13 de janeiro de 2023.
- COWEL, P.J.; THOM, B.G. Morphodynamics of coastal evolution. In: R.W.G. Carter, & C.D. Woodroffe. **Coastal evolution, late quaternary shoreline morphodynamics**. Cambridge University, 1994. 540p.
- CROWELL, M.; LEATHERMAN, S.P.; BUCKEY, M. K. Shoreline change rate analysis: long term versus short-term data. **Shore and Beach**. v. 61, n. 1, p. 13-20, 1993.
- DEAN, R.G.; FITZGERALD, D.M. Sediment Transport. In: DEAN, R.G.; DALRYMPLE, R.A. (Ed.). **Coastal processes with engineering applications**. 2ª Ed. Cambridge: Cambridge University, 2004.
- DOLAN, R; FENSTER, M.S; HOLME, S.J. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. **Journal of Coastal Research**, v. 3, n. 7, p. 723-744, 1991. DOI:10.1130/0091-7613
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; SANTOS, A.N.; ANDRADE, A.C.S.; LAVENERE-WANDERLEY, A.A.O.; SILVA, I.R.; QUEIROZ, I.G.; FREITAS, L.; NASCIMENTO, L.; SILVA, R. P. Bahia. In: Dieter Muehe. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. 219-225.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Geologia. In: HATJE, V.; ANDRADE, J.B. **Baía de Todos os Santos**. Salvador: Editora da UFBA, 2009. 29-66.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; GUIMARÃES, J.K.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 2018. 341-432.
- DNH. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Tábuas de maré. Marinha do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dhn.br>>. Acesso em: 09 de julho de 2021.
- ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research**, v. 86, n. 26, p. 11–18, 1998.

- ESTEVEZ, L.S.; WILLIAMS, J.J.; DILLENBURG, S.R. Seasonal and interannual influences on the patterns of shoreline changes in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 22, n 5, p. 1076-1093, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2112/04-0227R.1>.
- FERNANDEZ, G.B.; MUEHE, D. Algumas considerações sobre o efeito do fenômeno El Niño sobre feições costeiras ao longo da costa brasileira. **Geografia**, v.1, n.15, p. 115-128, 2006. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgrafia2006.v8i15.a13513>.
- FITZGERALD, D.M.; NUMMEDAL, D.; KANA, T.W. Sand circulation at price inlet, South Carolina. **Coastal Engineering Proceedings**, v.1, n.15, p.1869-1880, 1976. DOI: <https://doi.org/10.9753/icce.v15.108>.
- FITZGERALD, D.M. Sediment bypassing at mixed energy tidal inlets. **Coastal Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1094-1118, 1982. DOI: <https://doi.org/10.9753/icce.v18.68>.
- FITZGERALD, D.M. Interactions between the ebb-tidal delta and landward shoreline: Price Inlet, South Carolina. **Journal of Sedimentary Research**, v. 54, n. 4, p. 1303-1318, 1984. DOI: 10.1306/212F85C6-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- FITZGERALD, D.M.; KRAUS, N.C.; HANDS, E.B. Natural Mechanisms of Sediment Bypassing at Tidal Inlets. **US Army Corps of Engineers**, p. 1-10, 2000.
- FITZGERALD, D.M.; ZARILLO, A.G.; JOHNSTON, S. Recent developments in the geomorphic investigation of engineered tidal inlets. **Coastal Engineering Journal**. v.45, p 565-600, 2003.
- FITZGERALD, D.M.; MINER, M.D.; GEORGIU, I.Y. Estuaries and tidal inlets. In: G. Masselink, R Gehrels. **Coastal Environments & Global Change**. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2015. 268-298.
- FORBES, D.L.; LIVERMAN, D.G.E. Geological indicators in the coastal zone. In: BERGER, A.R. & IAMS, W.J. **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems**. A.A. Balkema, Rotterdam, 1996. 175–192.
- JESUS, L. V.; ANDRADE, A.C.S. Taxa de variação da linha de costa e faixas de proteção nas áreas contíguas à desembocadura do rio Sergipe, Aracaju, Sergipe. **Pesquisas em Geociências (UFRGS)**, v. 45, p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.91389>.
- GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 422p., 2010.
- GUADIANO, D.J.; KANA, T.W. Shoal bypassing in mixed energy inlets: geomorphic variables and empirical predictions for nine South Carolina inlets. **Journal of Coastal Research**, v.17, p.280-291, 2001.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2018: the physical science basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel. Cambridge: Cambridge University Press. 243p., 2018.
- ITALIANI, D.; SIEGLE, E.; NOERNBERG, M.A. Tidal inlet migration and formation: the case of the Ararapira inlet – Brazil. **Ocean and Coastal Research**, v. 68, p. 1-16, 2020.
- KOMAR P.D. **Beach processes and sedimentation**. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice-Hall, 544p., 1998.
- KOMAR, P.D.; MARRA, J.J.; ALLAN, J.C.; RUGGIERO, P. El Niño and La Niña: Erosion processes and Impacts. **Coastal Engineering**, v. 189, n. 276, p. 2414-2427, 2001. DOI: 10.1061/40549(276)189.
- LARSON, M.; KRAUS, N.C. Prediction of cross-shore sediment transport at different spatial and temporal scales. **Marine Geology**, v. 126, n.1, p. 111-127, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(95\)00068-A](https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00068-A)
- LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; GENNADII, D.; ARNINKHOF, S. The state of the world's beaches. **Scientific Reports-Nature**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
- MANGOR, K. DRONEN, N.K.; KAERGAARD, K.H.; KRISTENSEN, S.E. **Shoreline management guideline**. ED-DIL, B.; MADSEN, L.S. Denmark: DHI, The Danish Coastal Authority (DCA) and The University of Copenhagen (UK), 2017. 462p.
- MARINO, M.T.R.D.; FREIRE, G.S.S.F. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 13, p. 113-129, 2013. DOI: 10.5894/rgci373.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J.M. **Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia: escala 1/250.000: texto explicativo**. INDA, H.A.V.; DUARTE, F.B. Salvador: Secretaria das Minas e Energia/Coordenação da Produção Mineral, 1980. 73p.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO K. 1991. Possible changes in the holocene wind pattern recorded on south-eastern brazilian coast. **Instituto de Geociências USP**, v. 8, p. 117-131, 1991. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-8078.v0i8p117-131>.
- MAZER, A.M.; DILLENBURG, S. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, p. 117-135, 2009. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.17880>.

- MOURA, Gabriel. **La Niña: entenda o fenômeno que está fazendo chover muito em Salvador**. Correio 24 horas, 2021. Disponível em: < <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/la-nina-entenda-o-fenomeno-que-esta-fazendo-chover-muito-em-salvador/> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.
- MORTON, R.A. Geoindicators of coastal wetlands and shoreline. In: BERGER, A.R. & IAMS, W.J. **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems**. A.A. BALKEMA, Rotterdam, 1996. 207–230. DOI: 10.1016/S0964-5691(99)00027-7.
- NASCIMENTO, L. **Comportamento da linha de costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da ilha de Itaparica**. Tese, (Doutorado em Geologia). – Curso de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012.
- PIANCA, C.; MAZINNI, P.L.F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 1, n. 58, p. 53-70, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592010000100006>.
- O’CONNOR, M.C.; COOPER, J.A.G.; JACKSON, D.W.T. Decadal behavior of tidal inlet-associated beach systems, Northwest Ireland, in relation to climate forcing. **Journal of Sedimentary Research**, v. 81, p. 38-51, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2110/jsr.2011.3>.
- RIDDERINKHOF, W.; HOEKSTRA, P.; VAN DER VEGT, M.; SWART, H.E. Cyclic behavior of Sandy shoals on the ebb-tidal deltas of the Wadden Sea. **Continental Shelf Research**, v.1, n. 115, p. 14-26, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.12.014>.
- ROBIN, N.; LEVOY, F.; ANTHONY, E. Short-term to decal-scale onshore bar migration and Shoreline changes in the vicinity of megatidal ebb delta. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, p. 1-13, 2009. DOI: 10.1029/2008JF001207.
- RODRIGUES, T.K.; JESUS, L.V.; PEREIRA, D.A.S.; FEITOSA, E.S.S.; ANDRADE, A.C.S.; DOMINGUEZ, J.M.L.; LAVENÉRE-WANDERLEY, A.A.O. Deltas de maré vazante e erosão costeira na Atalaia Velha e no Mosqueiro, Aracaju (SE) no período de 1965 a 2008. **Scientia Plena**. v. 11, n.01, p. 1-7, 2015.
- SANTANA, R.; TEIXEIRA, C.; LESSA, G. The impact of different forcing agents on the residual circulation in a tropical estuary (Baía de Todos os Santos Brazil). **Journal of Coastal Research**. v. 34, n.3, p. 544-558, 2018.
- SANTOS, J.P.S.; ANDRADE, A.C.S.; NASCIMENTO, P.S.R.; RAMOS, L.P. Erosão costeira e faixas de recuo em praias arenosas do sul de Sergipe, Brasil. **Revista Geociências**. v. 40, n. 4, p. 1047-1061, 2021.
- SEDUR. 2014. **Relatório diagnóstico da Ilha de Itaparica**. Disponível em: <<http://www.sedur.ba.gov.br/arquivos/File/diagnostico.pdf>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2020. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15561>.
- STIVE, M.J.F.; AARNINKHOF, S.G.J.; HAAM, L.; HANSON, H., LARSON, M.; WINJNBERG, K.M.; NICHOLLS, R.J.; CAPOBIANCO, M. Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering**, v. 47, n. 1, p. 211-235, 2002.
- THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L; ERGUL, A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey Report nº 2008-1278, 79p. 2009.
- WETHERSPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Itaparica no ano todo**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31058/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Itaparica-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

CAPÍTULO III: Conclusão

O presente trabalho apresentou os resultados da análise do comportamento tempo-tempo-espacial da linha de costa de duas praias arenosas contíguas a um delta de maré, de regiões tropicais em regime de mesomars. Como exemplo, foram analisadas as praias, estuarinas e oceânicas, de Cacha Pregos e Ponta dos Garcez, situadas no litoral da Bahia, nordeste do Brasil. O estudo apresentou o comportamento qualitativo e quantitativo da linha de costa em duas escalas temporais: curto (2021-2022) e médios prazos (1984-2020 e 2003-2019).

Na análise qualitativa de médio prazo, no período de 36 anos (1984-2020), a acumulação de areia predominante na parte barlamar do delta de mare vazante causou a deflexão do canal de vazante para sul, justificando a configuração assimétrica do delta. A linha de costa oceânica de Cacha Pregos, à barlamar, teve pouca variação. Em contrapartida, na parte oceânica da Ponta dos Garcez, à sotamar da embocadura do canal de Itaparica, ocorreu grande variação, com períodos alternados de progradação e recuo da linha de costa. Nos períodos de progradação, a linha de costa à sotamar do canal de Itaparica ficou deslocada no sentido do oceano (*offset*), enquanto no máximo erosivo, as linhas de costa ficaram aproximadamente alinhadas em ambos os lados do canal. Adicionalmente, o estudo de 36 anos mostrou que a morfologia assimétrica do delta de maré vazante para SW indica que não houve variação no sentido do transporte longitudinal de sedimentos. A longo prazo, o depósito de sedimento como um todo pode permanecer estável, porém parte da areia das barras é recirculada em médio prazo de um lado para outro da embocadura do canal de Itaparica, alimentando as linhas de costa, conforme verificada nessa análise.

O período de análise histórica da linha de costa, de médio prazo (16 anos – 2003 a 2019), subdividido em intervalos de tempo de oito anos (2003 a 2011 e 2011 a 2019), permitiu verificar a tendência tempo-espacial da linha de costa em erosão ou acreção. A alternância tempo-espacial dos processos de erosão e/ou acreção da linha de costa à barlamar e à sotamar do canal de Itaparica mostrou que predomina a atuação de duas células individuais de transporte longitudinal de sedimentos; cada célula engloba as partes oceânicas de baixa e alta variabilidade morfológica de cada célula. A remoção (erosão) ou a retenção (acreção) de sedimentos à sotamar ou à barlamar do transporte longitudinal em cada célula explica o comportamento tempo-espacial da linha de costa. Não houve um incremento no comportamento erosivo ao longo do tempo, de 2003-2011 a 2011-2019, reforçando a atuação das células de transporte longitudinal de sedimentos em ambos os períodos de oito anos e em ambos os lados da embocadura do canal de Itaparica.

A parte de baixa variabilidade não possui influência direta do delta de maré vazante. No entanto, a parte de alta variabilidade mostra influência do delta de maré vazante como reservatório de sedimentos de médio prazo, com *bypass* de sedimentos e barras de embocadura se acoplando às praias, conforme verificado nos estudos qualitativos e quantitativos, de médio prazo, desse trabalho. Os resultados obtidos reforçam a influência local/regional na dispersão de sedimentos nesse setor do litoral baiano.

A análise de curto prazo permitiu avaliar a tendência sazonal das linhas de costa estuarinas e oceânica de alta variabilidade em anos sob influência de La Niña. O estudo sazonal reforça a presença do reservatório de sedimentos de curto prazo, no qual sedimentos migram metros para dentro e para fora do canal a cada ciclo de maré, interferindo no comportamento da linha de costa das praias estuarinas e, de médio prazo, no qual os sedimentos ficam circulando decorrentes da dinâmica do delta de maré vazante. Por fim, não foi possível avaliar, de uma forma mais determinante, a influência dos eventos atmosféricos e/ou oceanográficos na dispersão de sedimentos em regiões sob influência na dinâmica dos deltas de maré vazante. Seria necessário ampliar o tempo de investigação na análise sazonal, porém incluindo um monitoramento de décadas, e com isso, englobando períodos normais (sem eventos), de El Niño e La Niña,

A ocupação humana na linha de costa é outro aspecto a ser avaliado. A praia estuarina de Cacha Pregos apresenta ocupação humana. Para proteger as estruturas antrópicas, foi instalada uma estrutura de contenção. No entanto, independente da estação do ano, essa parte da praia está em erosão crônica, resultado de *déficit* contínuo de sedimentos. A presença das estruturas de contenção não evitou o desaparecimento da faixa de areia, independente da maré, e da praia seca, na maré alta. Dessa forma, a praia utilizada para fins recreativos, perde sua função, sendo gerado assim conflitos de uso. A erosão verificada nas demais partes da área investigada, sem ocupação antrópica bordejando a linha de costa, foi aguda, ou seja, não é permanente, podendo estar relacionada a eventos sazonais e/ou atmosféricos-oceanográficos (La Niña), que modificam a dinâmica costeira. Esses eventos associados às marés de sizígia causam uma sobre-elevação do nível do mar de curto período favorecendo a erosão, porém com possibilidade de recuperação em momentos subsequentes, conforme verificado com os geoindicadores de campo.

Os depósitos sedimentares inconsolidados presentes na retaguarda da praia, a exemplo dos terraços marinhos, constituem estoque sedimentar para a praia e para a linha de costa. Em períodos de *déficit* sedimentar, favorecem a sua recuperação natural,

evitando a necessidade de instalação de estruturas de proteção costeira. Nas áreas de elevada variabilidade morfológica, a linha de costa também não deve ser ocupada. Em períodos de acreção, a ocupação humana tende a avançar sobre as áreas progradadas, criando uma falsa ideia de local seguro. Então o melhor a fazer é não ocupar a linha de costa, deixando a linha recuar ou avançar livremente, pois assim em períodos de erosão, as estruturas antrópicas não serão destruídas.

A metodologia empregada no trabalho, com o uso de dados de geoindicadores (dados sazonais, curto prazo) e de dados históricos da linha de costa (médio prazo) foi adequada, pois permitiu avaliar a dispersão de sedimentos em diferentes escalas temporais e espaciais. Os geoindicadores de erosão e acreção-estabilidade refletem os processos associados aos parâmetros oceanográficos (ondas, marés, correntes etc.), sendo boas ferramentas para avaliações sazonais, devido à instabilidade da linha de costa frente a atuação de eventos oceanográficos e/ou atmosféricos-oceanográficos. Reitera-se a necessidade de avaliar mais de um indicador em campo. Além disso, é necessário que o monitoramento seja feito de forma contínua, com a atualização constante dos dados de linha de costa, históricos e sazonais, por períodos mais longos (décadas).

Os cenários de variação da linha de costa apresentados neste trabalho podem alterar tempo-espacialmente devido à complexa dinâmica que afeta as linhas de costas contíguas a deltas de maré vazante. Além disso, as atuações dos eventos oceanográficos-atmosféricos (El Niño, La Niña e sem eventos), assim como as projeções futuras de elevação do nível do mar, devido ao aquecimento global, devem intensificar os valores futuros das taxas de variação da linha de costa. Recomenda-se para trabalhos futuros a aquisição e tratamento de mais dados de sensoriamento remoto, dados oceanográficos (ondas etc.), entre outros, para que seja possível avaliar a influência de eventos atmosféricos e/ou oceanográficos na dispersão de sedimentos.

Por fim, esse trabalho forneceu, de forma qualitativa e quantitativa, dados da variação e do comportamento da linha de costa, assim como analisou fatores que podem influenciar na dispersão de sedimentos em praias arenosas contíguas a deltas de maré vazante de regiões tropicais. A existência ou não de ciclicidade no padrão de erosão e acreção da linha de costa em ambos os lados da embocadura-foi apresentada e discutida. Compreender essas questões é fundamental para entender a dinâmica temporal e espacial das linhas de costa quando influenciadas por barras de embocadura, fundamental para o planejamento ambiental.

Apêndice I:

Dados da linha de costa de Cacha Pregos, para os períodos de 2003 a 2011, obtidos no Digital Shoreline Analysis System

OBJECT ID	Transect ID	Baseline ID	Group ID	Trans Order	Shr Azimuth	Shr Count	TCD	SHAPE_ Length	SCE	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95
1	3	1	1	3	334,54	8	200	600	21,31	2,56	2,14	3,17	0,75	4,53	1,85
2	4	1	1	4	332,92	8	300	600	22,13	3,34	2,14	3,44	0,75	4,92	2
3	5	1	1	5	329,86	8	400	600	24,26	2,63	2,14	3,48	0,64	6,41	2,61
4	6	1	1	6	329,86	8	500	600	24,08	2,2	2,14	3,18	0,67	5,45	2,22
5	7	1	1	7	334,09	8	600	600	23,62	2,86	2,14	3,75	0,71	5,91	2,41
6	8	1	1	8	334,09	8	700	600	28,49	2,59	2,14	3,53	0,62	6,71	2,73
7	9	1	1	9	334,09	8	800	600	15,95	1,25	2,14	2	0,56	4,34	1,77
8	10	1	1	10	334,09	8	900	600	20,2	-0,56	2,14	0,87	0,08	7,28	2,97
9	11	1	1	11	334,09	8	1000	600	32,02	-0,73	2,14	1,35	0,11	9,55	3,89
10	12	1	1	12	334,09	8	1100	600	33,69	-0,52	2,14	1,38	0,09	10,55	4,3
11	13	1	1	13	328,61	8	1200	600	37,8	0,32	2,14	2,15	0,19	10,77	4,39
12	14	1	1	14	326,64	8	1300	600	25,75	-0,12	2,14	1,42	0,15	8,4	3,42
13	15	1	1	15	326,64	8	1400	600	34,58	-1,34	2,14	0,56	0,01	11,48	4,67
14	16	1	1	16	326,64	8	1500	600	36,73	-2,07	2,14	0,28	0	11,9	4,85
15	17	1	1	17	326,64	8	1600	600	35,02	-1,79	2,14	0,21	0	12,58	5,12
16	18	1	1	18	326,64	8	1700	600	45,12	-1,85	2,14	0,04	0	14,78	6,02
17	19	1	1	19	326,64	8	1800	600	58,27	-2,53	2,14	0,16	0	18,45	7,51
18	20	1	1	20	325,57	8	1900	600	63,56	-2,62	2,14	-0,17	0	21,64	8,81
19	21	1	1	21	325,57	8	2000	600	78,1	-1,51	2,14	0,45	0	26,61	10,84
20	22	1	1	22	325,57	8	2100	600	70,27	-2,53	2,14	-0,69	0,01	23,56	9,59
21	23	1	1	23	328,15	8	2200	600	70,67	-1,84	2,14	-0,73	0,01	24,91	10,15
22	24	1	1	24	328,61	8	2300	600	68,26	-1,77	2,14	-1,04	0,01	24,82	10,11
23	25	1	1	25	331,17	8	2400	600	69,01	0,17	2,14	0,57	0	26,61	10,84
24	26	1	1	26	337,89	8	2500	600	74,53	-0,17	2,14	-1,85	0,02	31,67	12,9
25	27	1	1	27	351,38	8	2600	600	132,21	0,85	2,14	-5,1	0,05	54,39	22,15
26	28	1	1	28	3,37	8	2700	600	182,7	5,92	2,14	-3,67	0,01	78,77	32,08
27	29	1	1	29	6,39	8	2800	600	164,16	6,14	2,14	-0,64	0	73,05	29,75
28	30	1	1	30	10,84	8	2900	600	145,22	7,16	2,14	4,95	0,06	49,16	20,02
29	31	1	1	31	33,69	8	3000	600	94,61	13,62	2,14	11,29	0,49	28,21	11,49
30	32	1	1	32	33,69	8	3100	600	75,07	9,26	2,14	9,45	0,63	17,87	7,28
31	33	1	1	33	41,35	8	3200	600	57,98	6,64	2,14	6,91	0,51	16,44	6,7
32	34	1	1	34	41,35	8	3300	600	34,5	2,54	2,14	1,78	0,11	12,43	5,06
33	35	1	1	35	52,09	8	3400	600	27,46	-0,47	2,14	-0,17	0	10,91	4,44
34	36	1	1	36	56,02	8	3500	600	19,92	-1,58	2,14	-1,69	0,28	6,66	2,71
35	37	1	1	37	62,74	8	3600	600	21,47	-0,89	2,14	-0,51	0,02	8,22	3,35

OBJECTID (identificação do objeto), TransectID (identificação do transecto), BaselineID (identificação da linha de base), GroupID identificação do grupo), TransOrder (Ordem dos transectos), Azimuth (azimute em unidade de graus), ShrCount (número total de linhas de costa intersectadas pelo transecto), TCD (distância acumulada total em metros), Shape_Lnght (comprimento dos transectos em metros), SCE (envelope da linha de costa em metros), EPR (taxa de ponto final em metros/ano), EPRunc (incerteza da taxa de ponto final em metros/ano), LRR (taxa de regressão linear em metros/ano), LR2 (R-quadrado da regressão linear em metros/ano), LSE (erro padrão da regressão linear em metros/ano), LCI95 (intervalo de confiança da regressão linear).

APÊNDICE II:

Dados de linha de costa de Cacha Pregos, para os períodos de 2011 a 2019, obtidos no Digital Shoreline Analysis System

OBJECT ID	TransectID	BaselineID	GroupID	Trans Order	Shr Azimuth	Shr Count	TCD	SHAPE Length	SCE	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95
1	3	1	1	3	334,54	5	200	600	19,95	-1,66	1,81	-1,54	0,62	5,32	2,24
2	4	1	1	4	332,92	5	300	600	22,25	-2,08	1,81	-1,7	0,59	6,14	2,58
3	5	1	1	5	329,86	5	400	600	18,02	-1,45	1,81	-1,06	0,39	5,85	2,46
4	6	1	1	6	329,86	5	500	600	19,36	-1,11	1,81	-0,81	0,19	7,28	3,06
5	7	1	1	7	334,09	5	600	600	20,28	-0,99	1,81	-0,59	0,08	9,06	3,81
6	8	1	1	8	334,09	5	700	600	21,78	-2,05	1,81	-1,37	0,36	7,9	3,33
7	9	1	1	9	334,09	5	800	600	28,08	-2,8	1,81	-2,29	0,67	6,98	2,94
8	10	1	1	10	334,09	5	900	600	17,2	-1,42	1,81	-1,34	0,63	4,51	1,9
9	11	1	1	11	334,09	5	1000	600	18,8	-1,33	1,81	-0,98	0,25	7,36	3,09
10	12	1	1	12	334,09	5	1100	600	21,21	-1,31	1,81	-1,3	0,39	7,13	3
11	13	1	1	13	328,61	5	1200	600	18,45	-1,63	1,81	-1,48	0,6	5,27	2,22
12	14	1	1	14	326,64	5	1300	600	21	-0,94	1,81	-1,33	0,33	8,31	3,5
13	15	1	1	15	326,64	5	1400	600	13,05	0,62	1,81	0,4	0,08	5,87	2,47
14	16	1	1	16	326,64	5	1500	600	17,36	0,96	1,81	0,74	0,14	7,82	3,29
15	17	1	1	17	326,64	5	1600	600	20,61	1,49	1,81	1,14	0,3	7,53	3,17
16	18	1	1	18	326,64	5	1700	600	23,51	2,85	1,81	2,1	0,71	5,86	2,46
17	19	1	1	19	326,64	5	1800	600	26,7	3,4	1,81	3,16	0,8	6,87	2,89
18	20	1	1	20	325,57	5	1900	600	45,49	4,36	1,81	4,83	0,82	9,84	4,14
19	21	1	1	21	325,57	5	2000	600	56,85	5,94	1,81	6,78	0,94	7,39	3,11
20	22	1	1	22	325,57	5	2100	600	58,06	7,21	1,81	7,12	0,98	4,97	2,09
21	23	1	1	23	328,15	5	2200	600	50,58	4,98	1,81	6,09	0,96	5,72	2,41
22	24	1	1	24	328,61	5	2300	600	60,86	5,79	1,81	7,1	0,95	7,46	3,14
23	25	1	1	25	331,17	5	2400	600	73,76	6,73	1,81	7,78	0,84	14,72	6,19
24	26	1	1	26	337,89	5	2500	600	90,07	6,65	1,81	9,1	0,86	16,02	6,74
25	27	1	1	27	351,38	5	2600	600	84,34	8,51	1,81	10,45	0,94	11,17	4,7
26	28	1	1	28	3,37	5	2700	600	33,18	3,19	1,81	3,46	0,88	5,69	2,39
27	29	1	1	29	6,39	5	2800	600	25,35	-1,43	1,81	-2,43	0,74	6,27	2,64
28	30	1	1	30	10,84	5	2900	600	53,49	-6,78	1,81	-6,87	1	2,05	0,86
29	31	1	1	31	33,69	5	3000	600	106,14	-13,58	1,81	-10,28	0,77	24,72	10,4
30	32	1	1	32	33,69	5	3100	600	126,71	-16,21	1,81	-12,93	0,83	25,15	10,58
31	33	1	1	33	41,35	5	3200	600	122,45	-15,67	1,81	-13,35	0,91	18,25	7,68
32	34	1	1	34	41,35	5	3300	600	65,36	-8,36	1,81	-5,95	0,75	15,11	6,35
33	35	1	1	35	52,09	5	3400	600	12,33	-1,58	1,81	-1,15	0,81	2,43	1,02
34	36	1	1	36	56,02	5	3500	600	33,68	1,7	1,81	2,34	0,47	10,88	4,58
35	37	1	1	37	62,74	5	3600	600	13,25	0,13	1,81	0,34	0,05	6,11	2,57

OBJECTID (identificação do objeto), TransectID (identificação do transecto), BaselineID (identificação da linha de base), GroupID (identificação do grupo), TransOrder (Ordem dos transectos), Azimuth (azimute em unidade de graus), ShrCount (número total de linhas de costa intersectadas pelo transecto), TCD (distância acumulada total em metros), Shape_Lnght (comprimento dos transectos em metros), SCE (envelope da linha de costa em metros), EPR (taxa de ponto final em metros/ano), EPRunc (incerteza da taxa de ponto final em metros/ano), LRR (taxa de regressão linear em metros/ano), LR2 (R-quadrado da regressão linear em metros/ano), LSE (erro padrão da regressão linear em metros/ano), LCI95 (intervalo de confiança da regressão linear).

APÊNDICE III:

Dados de linha de costa de Ponta dos Garcez, para os períodos de 2003 a 2011, obtidos no Digital Shoreline Analysis System

OBJECT ID	Transect ID	Baseline ID	Group ID	Trans Order	Shr Azimuth	Shr Count	TCD	SHAPE Length	SCE	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95
1	3	1		3	209,48	8	200	600	25,65	1,76	1,76	2,2	0,57	5,74	1,91
2	4	1		4	220,11	8	300	600	33,11	0,78	1,76	1,94	0,25	10,13	3,37
3	5	1		5	223,53	8	400	600	19,37	-0,58	1,76	0,01	0	8,46	2,81
4	6	1		6	208,18	8	500	600	21,19	-0,45	1,76	-0,48	0,03	8,62	2,87
5	7	1		7	216,16	8	600	600	35,64	-4,43	1,76	-4,46	0,88	5	1,66
6	8	1		8	267,33	8	700	600	60,28	-3,58	1,76	-3,4	0,26	17,14	5,7
7	9	1		9	317,73	8	800	600	298,27	32,54	1,76	38,77	0,88	43,55	14,49
8	10	1		10	334,98	8	900	600	278,52	32,91	1,76	38,51	0,95	25,9	8,62
9	11	1		11	352,41	8	1000	600	263,09	32,71	1,76	32,13	0,94	23,42	7,79
10	12	1		12	349,97	8	1100	600	228,07	27,25	1,76	28,63	0,96	18,61	6,19
11	13	1		13	348,41	8	1200	600	182,9	21,93	1,76	24,72	0,89	26,35	8,77
12	14	1		14	344,19	8	1300	600	164,62	19,61	1,76	22,2	0,86	26,76	8,9
13	15	1		15	337,75	8	1400	600	159,31	17,11	1,76	19,12	0,75	32,75	10,9
14	16	1		16	337,75	8	1500	600	99,36	11,28	1,76	11,87	0,89	12,69	4,22
15	17	1		17	335,17	8	1600	600	81,69	6,76	1,76	8,91	0,84	11,55	3,84
16	18	1		18	335,17	8	1700	600	86,22	4,73	1,76	8,18	0,72	15,49	5,15
17	19	1		19	335,17	8	1800	600	65,68	7,15	1,76	8	0,89	8,54	2,84
18	20	1		20	335,17	8	1900	600	71,63	7,7	1,76	8,25	0,8	12,27	4,08
19	21	1		21	337,48	8	2000	600	72,99	6,84	1,76	8,22	0,83	11,06	3,68
20	22	1		22	337,48	8	2100	600	71	5,62	1,76	7,06	0,7	13,73	4,57
21	23	1		23	337,48	8	2200	600	59,96	3,91	1,76	5,42	0,65	11,96	3,98
22	24	1		24	337,48	8	2300	600	56,46	2,83	1,76	4,78	0,61	11,44	3,81
23	25	1		25	336,87	8	2400	600	51,6	2,21	1,76	4,23	0,61	10,25	3,41
24	26	1		26	333,56	8	2500	600	47,96	1,02	1,76	3,18	0,44	10,83	3,6
25	27	1		27	333,56	8	2600	600	49,22	-1,04	1,76	1,75	0,12	14,21	4,73
26	28	1		28	333,56	8	2700	600	36,37	-1,42	1,76	0,97	0,07	10,79	3,59
27	29	1		29	333,56	8	2800	600	29,7	-2,64	1,76	-0,11	0	10,78	3,59
28	30	1		30	333,56	8	2900	600	29,54	-3,37	1,76	-1,03	0,08	10,32	3,43
29	31	1		31	333,56	8	3000	600	25,36	-3,15	1,76	-1,23	0,14	9,34	3,11
30	32	1		32	333,56	8	3100	600	26,33	-3,27	1,76	-1,53	0,19	9,58	3,19
31	33	1		33	333,56	8	3200	600	29,58	-3,68	1,76	-1,78	0,25	9,36	3,11
32	34	1		34	333,56	8	3300	600	33,84	-4,21	1,76	-2,2	0,28	10,61	3,53
33	35	1		35	333,56	8	3400	600	35,16	-4,37	1,76	-2,29	0,23	12,46	4,15
34	36	1		36	333,29	8	3500	600	34,56	-4,28	1,76	-1,99	0,19	12,14	4,04
35	37	1		37	328,48	8	3600	600	31,51	-3,92	1,76	-1,68	0,15	12	3,99
36	38	1		38	328,48	8	3700	600	35,61	-4,43	1,76	-2,3	0,24	12,18	4,05
37	39	1		39	328,48	8	3800	600	35,04	-4,36	1,76	-2,42	0,3	11,2	3,73
38	40	1		40	328,48	8	3900	600	37,72	-4,69	1,76	-2,82	0,36	11,27	3,75
39	41	1		41	328,48	8	4000	600	44,13	-5,49	1,76	-3,3	0,43	11,48	3,82
40	42	1		42	328,48	8	4100	600	46,3	-5,76	1,76	-3,35	0,4	12,27	4,08
41	43	1		43	328,48	8	4200	600	43,49	-5,41	1,76	-3,24	0,41	11,62	3,87
42	44	1		44	328,48	8	4300	600	41,74	-4,68	1,76	-2,72	0,29	12,68	4,22

OBJECTID (identificação do objeto), TransectID (identificação do transecto), BaselineID (identificação da linha de base), GroupID identificação do grupo), TransOrder (Ordem dos transectos), Azimuth (azimute em unidade de graus), ShrCount (número total de linhas de costa intersectadas pelo transecto), TCD (distância acumulada total em metros), Shape_Lnght (comprimento dos transectos em metros), SCE (envelope da linha de costa em metros), EPR (taxa de ponto final em metros/ano), EPRunc (incerteza da taxa de ponto final em metros/ano), LRR (taxa de regressão linear em metros/ano), LR2 (R-quadrado da regressão linear em metros/ano), LSE (erro padrão da regressão linear em metros/ano), LCI95 (intervalo de confiança da regressão linear).

APÊNDICE IV:

Dados de linha de costa de Ponta dos Garcez, para os períodos de 2011 a 2019, obtidos no Digital Shoreline Analysis System

OBJECT ID	Transect ID	Baseline ID	Group ID	Trans Order	Shr Azimuth	Shr Coun	TCD	SHAPE_ Length	SCE	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95
1	3	1		3	209,48	5	200	700	20,49	-2,41	1,81	-2,52	0,97	1,85	0,78
2	4	1		4	220,11	5	300	700	15,44	-1,62	1,81	-1,88	0,92	2,43	1,03
3	5	1		5	223,53	5	400	700	16,7	-2,14	1,81	-1,84	0,88	2,94	1,25
4	6	1		6	208,18	5	500	700	22,44	-2,75	1,81	-2,81	0,92	3,65	1,54
5	7	1		7	216,16	5	600	700	34,43	-3,06	1,81	-4,15	0,92	5,24	2,22
6	8	1		8	267,33	5	700	700	29,93	-3,02	1,81	-3,33	0,87	5,64	2,39
7	9	1		9	317,73	5	800	700	33,06	0,75	1,81	2,35	0,38	13	5,5
8	10	1		10	334,98	5	900	700	173,13	1,99	1,81	14,74	0,45	70,94	30,01
9	11	1		11	352,41	5	1000	700	146,22	-7,09	1,81	7,69	0,16	75,31	31,86
10	12	1		12	349,97	5	1100	700	129,47	-2,92	1,81	8,51	0,25	64,16	27,14
11	13	1		13	348,41	5	1200	700	114,94	0,02	1,81	9,22	0,36	53,46	22,61
12	14	1		14	344,19	5	1300	700	133,79	1,41	1,81	11,12	0,44	54,71	23,14
13	15	1		15	337,75	5	1400	700	132,76	2,08	1,81	12,12	0,44	59,62	25,22
14	16	1		16	337,75	5	1500	700	204,67	1,22	1,81	17,55	0,38	96,53	40,84
15	17	1		17	335,17	5	1600	700	210,53	0,94	1,81	17,87	0,37	101,39	42,89
16	18	1		18	335,17	5	1700	700	144,21	0,75	1,81	11,79	0,36	67,73	28,65
17	19	1		19	335,17	5	1800	700	76,2	8,52	1,81	10,32	0,95	10,28	4,35
18	20	1		20	335,17	5	1900	700	78,11	8,95	1,81	9,58	0,95	9,16	3,88
19	21	1		21	337,48	5	2000	700	75,26	7,63	1,81	9,78	0,93	11,91	5,04
20	22	1		22	337,48	5	2100	700	54,43	3,69	1,81	6,13	0,78	14,03	5,94
21	23	1		23	337,48	5	2200	700	52,72	3,69	1,81	5,83	0,8	12,6	5,33
22	24	1		24	337,48	5	2300	700	46,2	3,02	1,81	5,27	0,75	13,35	5,65
23	25	1		25	336,87	5	2400	700	49,83	2,23	1,81	4,99	0,67	15,27	6,46
24	26	1		26	333,56	5	2500	700	51,22	2,42	1,81	5,26	0,69	15,49	6,55
25	27	1		27	333,56	5	2600	700	56,34	2,32	1,81	5,67	0,62	19,46	8,23
26	28	1		28	333,56	5	2700	700	55,28	1,68	1,81	5,14	0,59	18,75	7,93
27	29	1		29	333,56	5	2800	700	53,9	1,97	1,81	5,08	0,64	16,51	6,98
28	30	1		30	333,56	5	2900	700	51,62	2,18	1,81	5,15	0,64	16,94	7,17
29	31	1		31	333,56	5	3000	700	43,25	1,67	1,81	4,33	0,6	15,51	6,56
30	32	1		32	333,56	5	3100	700	37,76	1,62	1,81	3,88	0,6	13,64	5,77
31	33	1		33	333,56	5	3200	700	40,59	2,06	1,81	3,89	0,63	12,93	5,47
32	34	1		34	333,56	5	3300	700	39,92	2,2	1,81	4,13	0,68	12,28	5,19
33	35	1		35	333,56	5	3400	700	33,02	1,9	1,81	3,66	0,7	10,42	4,41
34	36	1		36	333,29	5	3500	700	29,06	1,54	1,81	2,9	0,64	9,44	3,99
35	37	1		37	328,48	5	3600	700	41,92	2,25	1,81	4,25	0,76	10,51	4,44
36	38	1		38	328,48	5	3700	700	36,3	2,72	1,81	4,09	0,88	6,67	2,82
37	39	1		39	328,48	5	3800	700	31,3	2,07	1,81	3,44	0,81	7,31	3,09
38	40	1		40	328,48	5	3900	700	29,84	1,76	1,81	3,13	0,77	7,53	3,18
39	41	1		41	328,48	5	4000	700	26,97	2,05	1,81	3,12	0,82	6,33	2,68
40	42	1		42	328,48	5	4100	700	32,78	1,92	1,81	3,2	0,74	8,19	3,46
41	43	1		43	328,48	5	4200	700	28,32	1,51	1,81	2,79	0,68	8,3	3,51
42	44	1		44	328,48	5	4300	700	26,37	1,21	1,81	2,72	0,65	8,6	3,64

OBJECTID (identificação do objeto), TransectID (identificação do transecto), BaselineID (identificação da linha de base), GroupID identificação do grupo), TransOrder (Ordem dos transectos), Azimuth (azimute em unidade de graus), ShrCount (número total de linhas de costa intersectadas pelo transecto), TCD (distância acumulada total em metros), Shape_Lnght (comprimento dos transectos em metros), SCE (envelope da linha de costa em metros), EPR (taxa de ponto final em metros/ano), EPRunc (incerteza da taxa de ponto final em metros/ano), LRR (taxa de regressão linear em metros/ano), LR2 (R-quadrado da regressão linear em metros/ano), LSE (erro padrão da regressão linear em metros/ano), LCI95 (intervalo de confiança da regressão linear).

ANEXO I:

Diretrizes para submissão do artigo

e-ISSN: 2236-5664

Peer-reviewed journal

REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA

Desde 2000
Since 2000

Sobre ▾ Atual Arquivos Notícias Submissões Contato

[Início](#) / [Submissões](#)

Submissões

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso. [Acesso](#) em uma conta existente ou [Registrar](#) uma nova conta.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

- ✓ A contribuição deve ser original e inédita, e que não esteja em processo de avaliação por outra revista.
- ✓ A língua oficial da revista é o português, aceitando-se artigos em espanhol e inglês.
- ✓ Os autores deverão encaminhar o artigo sem qualquer possibilidade de identificação pelos revisores para que seja garantida a avaliação às cegas.
- ✓ O resumo e o abstract não deverão ultrapassar o máximo de 200 palavras. O resumo deverá ser escrito em português e em inglês. O texto do artigo não deverá exceder 8000 palavras.
- ✓ O autor correspondente tem que cadastrar todos os autores do artigo (no sistema da revista) com seus respectivos vínculos institucionais e o número ORCID no processo de submissão do artigo.
- ✓ É de inteira responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo do manuscrito submetido.
- ✓ Os autores precisam declarar não haver qualquer potencial conflito de interesse, incluindo interesses políticos e/ou financeiros associados a patentes ou propriedade, provisão de materiais e/ou insumos e equipamentos utilizados no estudo pelos fabricantes.

- ✓ Os autores precisam declarar todas as fontes de financiamento ou suporte, institucional ou privado, para a realização do estudo.
-
- ✓ No caso de estudos realizados sem recursos financeiros institucionais e/ou privados, os autores devem declarar que a pesquisa não recebeu financiamento para a sua realização.
 - ✓ É obrigatório o envio de uma carta de apresentação (cover letter), inserido como arquivo complementar em formato .pdf (modelo da carta de apresentação para download).
-

O texto deve seguir os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos no documento modelo de [template](#) da revista. As referências bibliográficas precisam ser apresentadas ao final do trabalho, em ordem alfabética do último sobrenome do autor, seguindo os exemplos do padrão abaixo:

Para artigo científico:

ARATTANO, M.; FRANZI, L. On the evaluation of debris flows dynamics by means of mathematical models. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 3, n. 6, p. 539-544, 2003. DOI: 10.5194/nhess-3-539-2003

Para livro:

HUGGET, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. 2ª Ed. Londres: Taylor and Francis, 2007. 458p.

Para capítulo de livro:

CASTRO, S. S. Micromorfologia de Solos Aplicada ao Diagnóstico de Erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e Conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 127-163.

Para trabalhos em anais de eventos:

- ✓ NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; FREITAS, R. M.; MELACK, J.; SHIMABUKURO, Y. E.; PEREIRA FILHO, W. Distribuição sazonal de fitoplâncton no Lago Grande de Curuai em resposta ao pulso de inundação do Rio Amazonas a partir da análise de imagens MODIS. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 2005. p. 3175-3182. ISBN 85-17-00018-8.

Para dissertações e/ou teses:

MONTANHER, O. C. **Padrões espaço-temporais do transporte de sedimentos suspensos dos rios amazônicos de águas brancas: relações com o clima e mudanças na cobertura do solo**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2016. 253p.

Para relatório técnico, manual:

IPT. **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. 216p. Publicação IPT n. 1831.

Para documento cartográfico:

IBGE. **Estado de Roraima - Geologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Escala 1:250.000.

Para programas de computador (software):

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (versão 3.10)**. 2021. Disponível em:

<<http://qgis.osgeo.org>>.

Esri Inc. **ArcMap (versão 10.5.1)**. Redlands, Estados Unidos, 2016.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Áustria, 2020. Disponível em:

<<http://www.R-project.org/>>.

Diretrizes para Autores

Os manuscritos enviados à Revista Brasileira de Geomorfologia deverão estar formatados segundo o documento modelo (template) disponível em: <https://github.com/revbrgeomorfologia/template/raw/main/rbg-template.docx>. As submissões devem ser feitas em formato .docx (Microsoft Word). Manuscritos que não estiverem formatados de acordo com este modelo serão rejeitados na triagem editorial. As figuras e tabelas deverão estar inseridas ao longo do texto e não ao final do documento na forma de anexos.

É obrigatório o envio de uma carta de apresentação (*cover letter*), inserido como arquivo complementar em formato .pdf ([modelo da carta de apresentação para download](#)).

A Revista Brasileira de Geomorfologia aceita manuscritos dentro das seguintes opções: **Artigos de Pesquisa, Artigos de Revisão, Notas Técnicas e Errata**.

ANEXO II:

Comprovante de submissão do artigo

[RBG] Agradecimento pela submissão Externa Caixa de entrada x



Leonardo José Cordeiro Santos via Revista Brasileira de Geomorfologia <pen-bounces@emnuvens.com.br>
para mim ▾

qua., 19 de jul., 19:02 ★ ↶ ⋮

Olá,

Eduardo Afonso Nunes Nascimento submeteu o manuscrito, "DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, CACHA PREGOS E PONTA DOS GARCEZ, BAHIA, BRASIL" ao periódico [Revista Brasileira de Geomorfologia](#).

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Leonardo José Cordeiro Santos

[Revista Brasileira de Geomorfologia](#)
<https://rbgeomorfologia.org.br/>

Revista Brasileira de Geomorfologia

← Back to Submissões

Fluxo de Trabalho **Publicação**

Submissão **Avaliação** Edição de Texto Editoração

Arquivos da Submissão Buscar

Nome	Data	Descrição
386396356 Artigo_Final_RGB.docx	julho 19, 2023	Texto do Artigo
386396357 Carta_editor.pdf	julho 19, 2023	Carta de apresentação

Baixar Todos os Arquivos

Revista Brasileira de Geomorfologia

Submissões

Fila 1 **Arquivos** Ajuda

Minhas Submissões Designadas Buscar Filtros Nova Submissão

2447 Nunes Nascimento et al. DINÂMICA TEMPO-ESPACIAL DA LINHA DE COSTA ASSOCIADA A DELTA DE MARÉ VAZANTE, C...	Submissão Visualizar
---	--

ANEXO III: Justificativa de coautoria

Em acordo à resolução 01/2018 do colegiado do PGAB, segue a justificativa da participação do coautor no artigo aqui proposto (outro autor além do aluno do programa e seu orientador): **NÃO SE APLICA.**