



Variação da linha de costa entre os anos de 1988 e 2019 no Município de Barra dos Coqueiros-SE

Variation of the coastline between the years of 1988 and 2019 in the Barra dos Coqueiros City, SE

K. A. L. Santos^{1*}; J. M. Bonfim²; B. dos S. Ferreira¹; M. I. S. Gonzaga³; L. A. Mendes⁴; M. M. Fernandes⁵; A. Q. de Almeida²

¹PRORH/SERGEIO, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

³Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

⁴Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

⁵Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

*karen.geologist@gmail.com

(Recebido em 06 de maio de 2024; aceito em 08 de agosto de 2024)

As praias urbanas brasileiras vem sofrendo um acelerado processo de erosão. Portanto, o objetivo do trabalho foi estimar a taxa de variação da faixa de areia em um trecho de praia do município de Barra dos Coqueiros-SE, entre os anos de 1988 e 2019. A variação da linha de costa foi analisada por mapeamento multitemporal em imagens orbitais de satélite da série Landsat, com resolução espacial de 30 metros. As taxas de variação foram obtidas por dois diferentes métodos: taxa por regressão linear e taxa por ponto de terminação. A variação da linha de costa apresentou valores de taxas entre -7,9 e 20,43 m.ano⁻¹ e predominou o comportamento de acreção ao longo do tempo. O envelope de variação da linha de costa apresentou valores mínimos de 17,27 m, na margem esquerda do rio Sergipe e na extensão das praias, após o limite da praia de Atalaia Nova. Já os maiores valores ocorreram em transectos localizados na Praia da Atalaia Nova, na Barra dos Coqueiros (633,55 m). Podemos concluir que as imagens da série Landsat conseguiram modelar a variação da linha de costa e que existe uma tendência predominante de acreção para o intervalo de tempo analisado. Esses resultados permitiram identificar a dinâmica da área costeira em médio a longo prazo e subsidia a ocupação da terra em regiões com maior grau de variabilidade.

Palavras-chave: erosão costeira, landsat, google earth engine.

Urban Brazilian beaches have been suffering an accelerated process of erosion. In light of this, our research aimed to estimate the variation rate in the sand strip on a stretch of beach in the municipality of Barra dos Coqueiros-SE between the years 1988 through 2019. The variation in the coastline was analyzed by multitemporal mapping in satellite orbital images from the Landsat series, with a spatial resolution of 30 meters. The rates of change were obtained by two different methods: rate by linear regression and rate by termination point. The variation of the coastline presented rate values between -7.9 and 20.43 m.year⁻¹ and the accretion behavior predominated over time. The coastline variation envelope presented minimum values of 17.27 m, on the left bank of the Sergipe River and along the beaches, after the limit of Atalaia Nova beach. The highest values occurred in transects located at Praia da Atalaia Nova, in Barra dos Coqueiros (633.55 m). We can conclude that the Landsat series images were able to model the variation of the coastline and that there is a predominant tendency of accretion for the analyzed time interval. These results not only help us understand the dynamics of the coastal area in the medium to long term but also provide valuable insights to support land occupation in regions with a greater degree of variability.

Keywords: coastal erosion, landsat, google earth engine.

1. INTRODUÇÃO

Praias arenosas são ambientes deposicionais que representam grande parte da zona costeira do Brasil, e nas últimas décadas têm sofrido processo de erosão [1]. Da mesma forma, no litoral sergipano, tem sido identificada uma maior variabilidade no comportamento da linha de costa e a ocorrência frequente de eventos erosivos, contrariando a tendência prográdacional do modelo tradicional [2]. No estado de Sergipe, a zona costeira é formada por uma planície costeira que tem modelo clássico de formação de costas que avançam em direção ao oceano, caracterizada por

apresentar tendência prográdacional da linha de costa [3], expondo uma ampla planície arenosa de depósitos praias.

O estudo de eventos costeiros e variação da linha de costa é geralmente realizado em uma série de dados temporais, obtidos por diferentes técnicas [4-8] como a análise de fotografias aéreas [9, 10], imagens de satélite óticas [11-13], imagens de radar [14, 15] ou dados obtidos em campo [4]. O processamento desses dados demanda tempo e capacidade computacional, contudo com os avanços tecnológicos, hoje é possível automatizar essa rotina com uso do sensoriamento remoto, geoprocessamento, programação computacional em nuvem e ferramentas afins.

Estudos vêm sendo implementados com tecnologia para análise de dados em nuvem, denominada de Google Earth Engine (GEE), sem a necessidade de demandar grandes capacidades computacionais e de tempo. A plataforma, que foi concebida com a finalidade de dar suporte a questões ligadas à sociedade e proteção ambiental, realiza processamento de dados em nuvem para análises geoespaciais em escala planetária [16]. Através dessa ferramenta é possível ter acesso a coleções de dados geoespaciais pré-processados, a exemplo dos produtos do satélite Landsat, usados nessa pesquisa.

Atualmente, existem softwares disponíveis para realizar a análise da variação da linha de costa, fundamentada em princípios de processamento digital de imagens [13, 17-19]. O Digital Shoreline Analysis System (DSAS), é um módulo de extensão no ArcGIS 10.4 -10.6, desenvolvido originalmente na década de 1990, que permite ao usuário calcular estatísticas de taxa e mudança da linha de costa, a partir de dados históricos [17], alterando os parâmetros necessários a cada situação.

A variação da linha de costa tem sido objeto de diversos estudos em todo o mundo [1, 5, 6, 13, 20]. No litoral central do estado de Sergipe alguns trabalhos já abordaram a temática até o momento [21-23]. Em outros setores do estado, como no litoral Norte e Sul, Santos et al. (2021) [24] e Correia et al. (2021) [25] utilizaram técnicas automatizadas para investigação da variação da linha de costa e processos de erosão. Essa pesquisa tem como objetivo estimar a taxa de variação da faixa de areia na margem esquerda da foz do rio Sergipe e praias da Atalaia Nova e Costa, ambos no município da Barra dos Coqueiros, entre os anos de 1988 e 2019.

Visto que a variação da linha de costa pode ocasionar o desaparecimento de praias, afetando o desenvolvimento urbano, turístico e econômico de uma região [26]; e que a região analisada neste estudo passou por eventos erosivos ao longo das últimas décadas, provocando perdas de estruturas urbanas e naturais, o acompanhamento da variação da linha de costa auxilia no planejamento e gestão das áreas costeiras em processo de urbanização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A execução do trabalho envolveu as seguintes etapas: (1) Aquisição de imagens de satélite LANDSAT na plataforma Google Earth Engine (GEE) [26]; (2) mapeamento multitemporal da linha de costa no programa Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (HIMMELSTOSS et al., 2018; 17); (3) e análise estatística da taxa de variação da linha de costa e cálculo do envelope de variação da linha de costa [27] entre os anos de 1988 e 2019. O fluxograma que descreve a análise digital da linha de costa é apresentado na Figura 1.

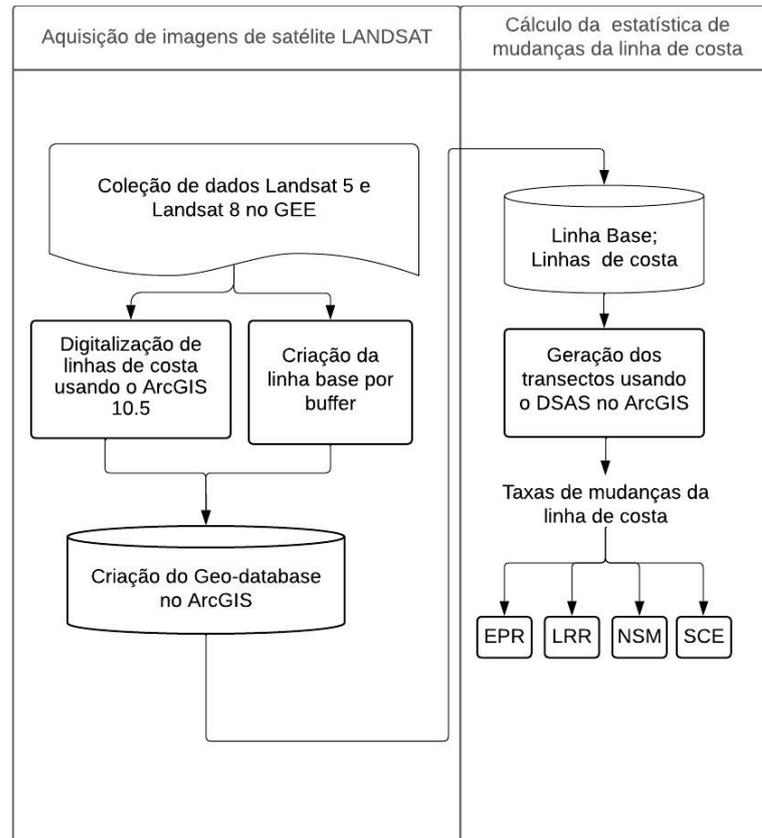


Figura 1- Fluxograma do processamento dos dados digitais de imagens de satélite para análise da variação da linha de costa.

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende trecho do litoral do município da Barra dos Coqueiros, entre as praias do Porto, praia da Costa e margem esquerda do rio Sergipe, no município de Barra dos Coqueiros (Figura 2).

A região enquadra-se no tipo climático As', segundo a classificação de Köppen-Geiger (1928), como tropical seco no verão, caracterizado por ser um clima úmido, quente com estação seca no verão [28]. O período chuvoso é compreendido entre abril e agosto, concentrado nos meses de maio, junho e julho [29]. O litoral em estudo tem a ocorrência de ventos alísios que vêm do Atlântico e penetram no continente propiciando totais pluviométricos anuais mais elevados entre 1200 e 1600 mm diminuindo em direção ao interior e temperatura média anual entre 24°C e 26°C [30].

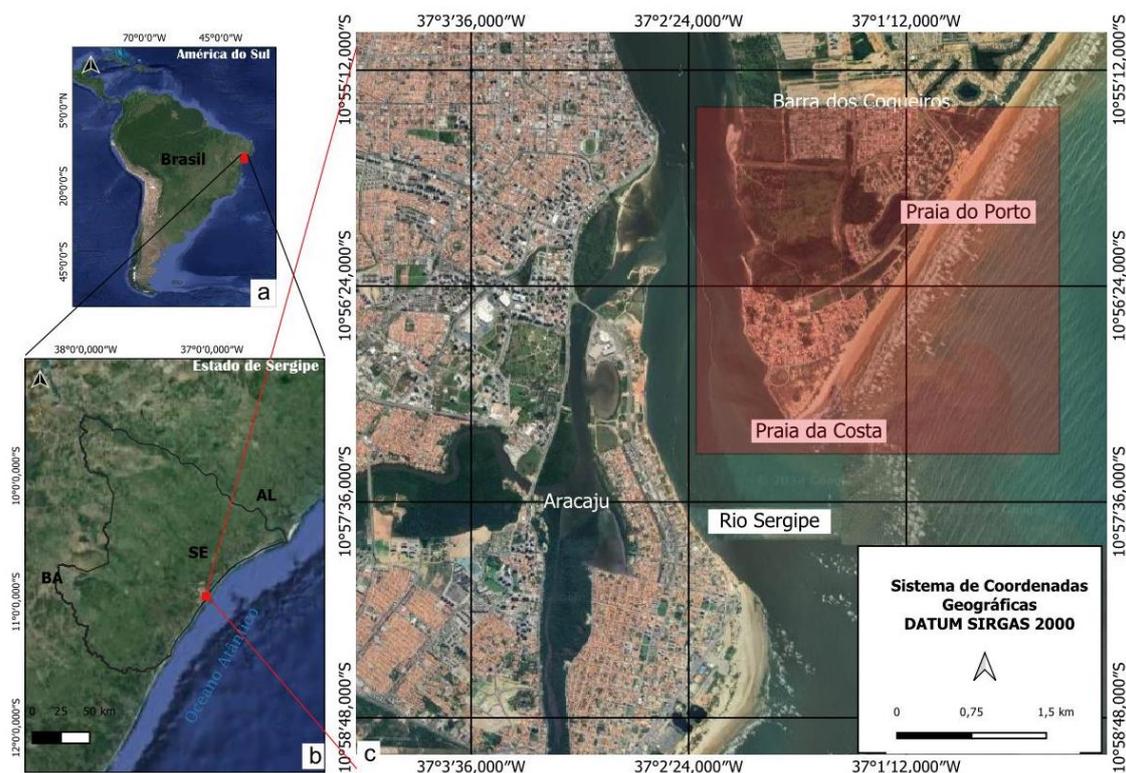


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo (em vermelho) na América do Sul (a), entre as praias do Porto, Praia da Costa e margem esquerda do rio Sergipe, no município de Barra dos Coqueiros, Estado de Sergipe(c). Fonte: Imagem do Satélite Google, 2021. Organizada pelos autores.

A geologia da área equivale aos depósitos das Formações Superficiais Cenozoicas que recobrem a Bacia Sedimentar Sergipe/ Alagoas [31], formados pela variação da linha de costa, por processos de regressão e transgressão marinha [32]. Ao longo desses depósitos são desenvolvidas as unidades geomorfológicas de idades holocênicas e pleistocênicas da Planície Costeira sob a forma de terraços marinhos, depósitos de mangues e depósitos eólicos, com altitudes máximas de 4 metros acima do nível do mar [3, 32].

Na área predomina o solo Espodosolos e em menor proporção são encontrados os Neossolos formados por areias quartzosas distróficas e Gleissolos constituído por areias quartzosas e solos indiscriminados de mangue [30, 33, 34]. O terreno é drenado pelo rio Sergipe [33].

Os dados meteorológicos da região indicam que ventos de leste e sudeste dominam durante todo o ano. Ventos de SE ocorrem principalmente na estação chuvosa, enquanto os ventos de NE e E predominam no período seco [35].

As praias são tipicamente dissipativas, resultante da combinação de maior exposição à energia das ondas (ausência de construções de recifes e beachrock) e predominância de areia fina [36]. Na região Nordeste do Brasil, as ondas têm a direção predominante de E, SE e S e apresentam alturas que variam entre 1 a 3 m, a depender da estação do ano [37]. As marés que afetam a área de estudo são do tipo mesomarés, semiduras, com maiores amplitudes nos meses de março, abril, agosto e setembro, em torno de 2 metros [38].

2.2 Mapeamento multitemporal da linha de costa

Para o mapeamento da variação temporal da linha de costa no Digital Shoreline Analysis System (DSAS) [17, 27] foram realizadas as seguintes etapas: (1) Delimitação das linhas costeiras dos respectivos anos (1988 – linha cor roxo, 1999- linha rosa, 2010 - linha ciano, 2019- linha amarela), (2) criação de linha de base (linha preta), (3) geração automática dos transectos (linha marrom), e (4) cálculo estatístico das mudanças da linha costeira.

O indicador de linha de costa adotado neste trabalho foi o limite terra/água indicado na imagem de satélite pela variação na cor, e que indica a borda de água instantânea [6, 9].

A linha base (baseline) foi delineada na porção do continente (onshore) para as imagens das quatro datas, estando totalmente a oeste do conjunto de linhas de costa delimitadas. A base de dados foi gerada no Software ArcGis e posteriormente analisado com a ferramenta Digital Shoreline Analysis System (DSAS), desenvolvida pela United States Geological Survey em 1990 e desde então aprimorada. A ferramenta funciona como extensão no software ArcGIS, e tem como ponto de partida os transectos gerados pelo DSAS no cálculo da taxa de movimento e variação da linha de costa [17].

2.3 Estatística da variação da linha de costa

A taxa de variação da linha de costa foi calculada em 105 transectos gerados perpendiculares à linha de costa com equidistância de 50 metros entre si e extensão de 650 metros cada (Figura 3).

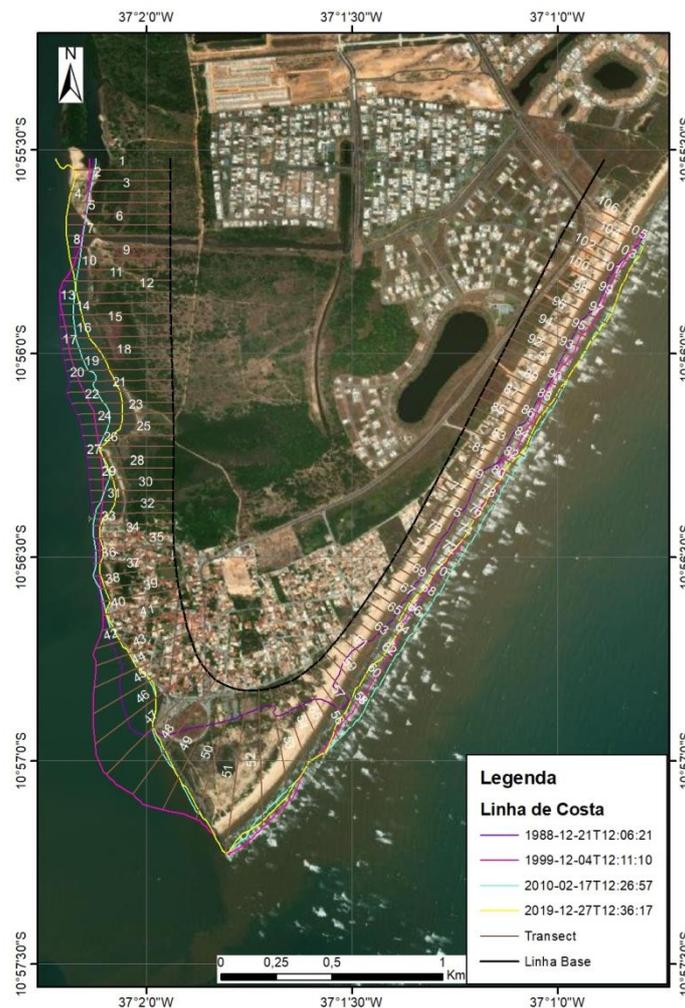


Figura 3 - Mapa de linha de base, linha de costa e transectos para análise de mudanças na linha de costa ao longo da Praia da Costa, Praia da Atalaia Nova e foz do Rio Sergipe, no município de Barra dos Coqueiros, Estado de Sergipe. Fonte: World Imagery, Esri, Maxar, Earthstar Geographics e usuários da comunidade GIS. Organizado pelos autores.

Foram utilizadas quatro métricas para análise estatística dos dados, taxa de regressão linear (*linear regression rate* - LRR), taxa de ponto de terminação (*end point rate* - EPR), movimento

líquido da linha de costa (*Net Shoreline Movement- NSM*) e envelope de variação da linha de costa (*shoreline change envelope - SCE*) [17] (Tabela 1).

A taxa de variação da linha de costa foi obtida pelos métodos EPR e LRR. A EPR expressa o movimento entre a linha de costa mais antiga e a mais recente ao longo do tempo decorrido [17]. Já o método LRR, inclui os dados de todas as datas, gerando a linha de tendência para todos os pontos, equivalente a inclinação da reta da regressão [17]. O NSM corresponde à distância, em metros, entre a linha de costa mais antiga e a mais recente para cada transecto. O SCE indica a maior distância entre as linhas de costa mapeadas, independente do tempo [17].

Tabela 1 - Síntese das informações sobre estatísticas aplicadas para identificar a variação da linha de costa.

Estatística do DSAS	Descrição	Equação
NSM- Net Shoreline Movement (Movimento líquido da linha de costa)	Distância, em metros, entre as linhas costeiras mais antigas e mais novas para cada transecto.	-
SCE- Shoreline Change Envelope (Envelope de Variação da Linha de Costa)	Equivale a distância em metros, relativa a maior distância entre todas as linhas de costa que cruzam determinado transecto.	-
EPR- End Point Rate (Taxa de ponto de terminação)	$EPR = \frac{NSM(m)}{Tempodecorrido(anos)}$	1
LRR – Linear Regression Rate (Taxa de regressão linear)	Equação de regressão linear com a forma: $L = b + mx,$ Onde (L) representa a distância (m), da linha de base, (x) intervalo de datas costeiras (anos), (m) a inclinação da linha instalada (m/ano) (ou seja, representa a taxa de mudança costeira, LRR) e (b) é o y-intercept.	2

Fonte: Adaptada de Himmelstoss et al. (2018) [27].

Valores positivos de EPR, LRR e NMS indicam o deslocamento da linha de costa em direção ao mar, já valores negativos indicam o deslocamento em direção ao continente [17]. As taxas de variação da posição da linha de costa nos respectivos anos, calculados para o litoral central do Estado de Sergipe foram distribuídas segundo as classes acrescida ($> +0,5 \text{ m.ano}^{-1}$), estável ($+0,5$ a $-0,5 \text{ m.ano}^{-1}$), erodida ($-0,5$ a -1 m.ano^{-1}), intensamente erodida (-1 a -3 m.ano^{-1}), erosão severa (-3 a -5 m.ano^{-1}) e erosão extrema ($< -5 \text{ m.ano}^{-1}$) [1] em cada transecto mapeada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trecho em análise, no município da Barra dos Coqueiros, apresentou taxa de variação média de $0,97 \text{ m.ano}^{-1}$ pelo método EPR; $0,86 \text{ m.ano}^{-1}$ pelo método LRR. Conforme os valores mensurados por LRR, no trecho predomina o comportamento de acreção (63,81%), com valor máximo de acreção na transect 51 ($18,75 \text{ m.ano}^{-1}$), localizada na praia da Atalaia Nova e valor máximo de erosão nas proximidades do transect 46 ($-7,9 \text{ m.ano}^{-1}$) localizado na margem esquerda do Rio Sergipe que fica na direção oposta à Coroa do Meio (Figura 4).

A região teve envelope de variação da linha de costa (SCE) médio de 129,57 m. A maior distância entre as linhas de costa mapeadas ocorreu no transecto 51 (633,55 m), ao longo da Praia de Atalaia Nova, já os menores valores de SCE ($< 200 \text{ m}$) estão concentrados na extensão da

margem esquerda da foz do Rio Sergipe e na extensão das Praias da Barra dos Coqueiros, marcados pela menor variação da linha de costa. Os maiores valores de SCE (transecto 45 a 55) no setor, indicam que o trecho passou por episódios de erosão e acreção ao longo do tempo e apresentam alta variabilidade, devido à proximidade da desembocadura associada a dinâmica do delta de maré vazante, conforme relatado por Bittencourt, Oliveira e Dominguez (2006) [2].

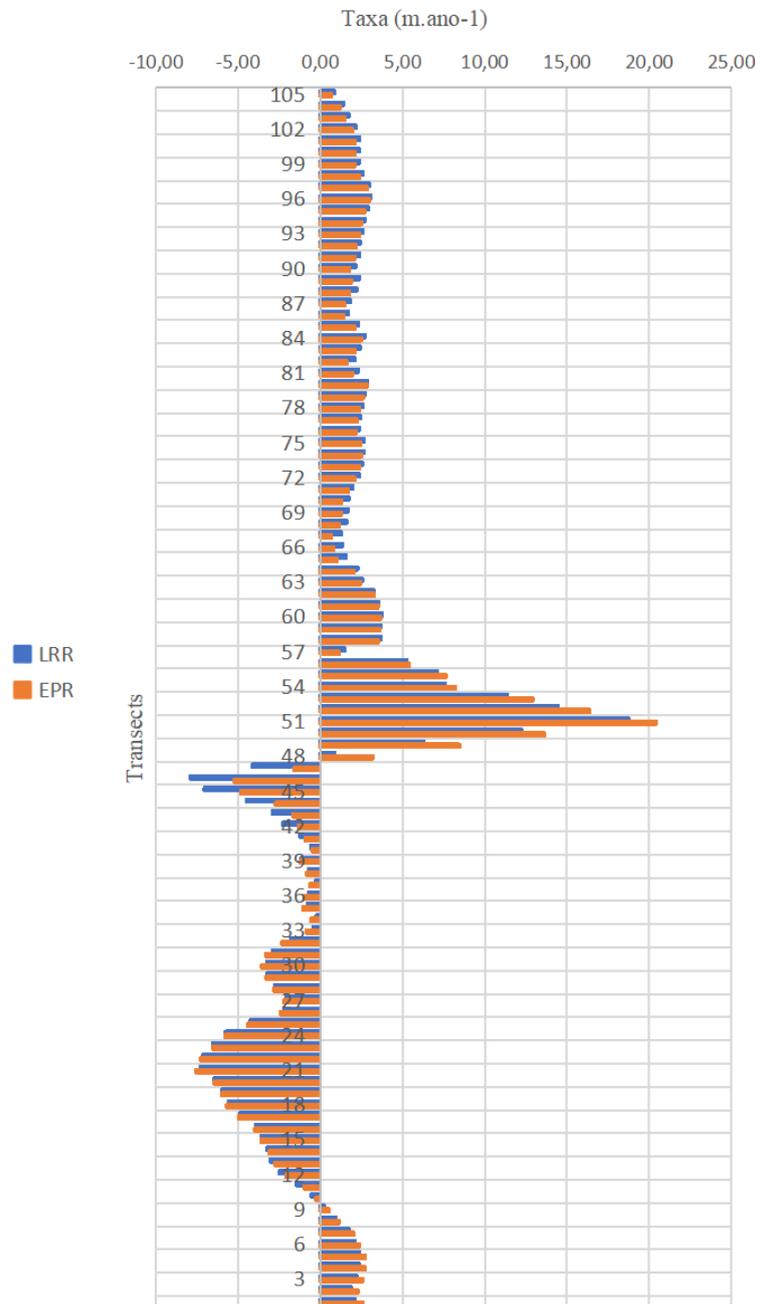


Figura 4 - Evolução da linha de costa entre 1988 e 2019 em litoral do Município Barra dos Coqueiros, mensurada pelos métodos EPR (taxa de ponto de terminação) e LRR (Taxa de regressão linear).

A tendência prográdacional identificada na área da Atalaia Nova, desde o transecto 48 até o transecto 105, já foi relatada em outros trabalhos, relacionada a instalação do molhe para contenção a erosão na margem esquerda da foz do rio Sergipe [2, 23, 39-41]. Ocorrendo desta forma um crescimento artificial da praia de Atalaia motivada pela construção de estruturas de contenção.

Nota-se que, no geral, os valores de taxa de variação por ambos os métodos apresentam uma relação linear positiva com coeficiente de correlação de 0,97 (Figura 5).

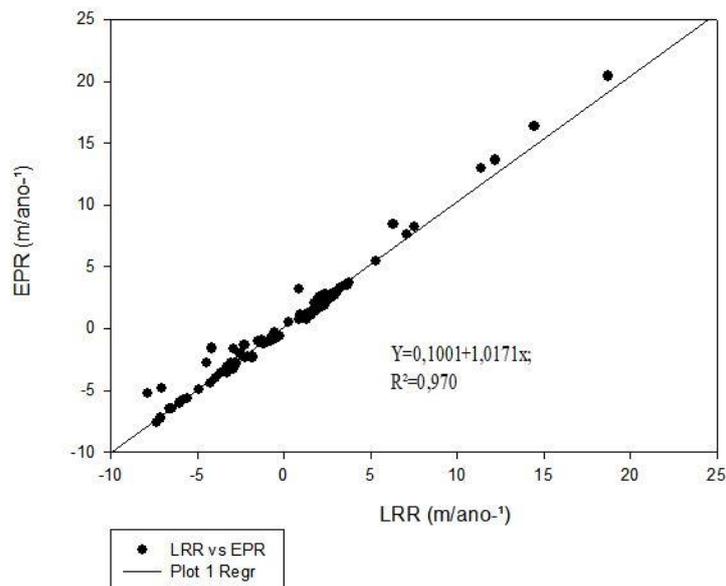


Figura 5 - Correlação entre as taxas de variação da linha de costa obtidas por diferentes métodos (EPR, LRR) o litoral da Barra dos Coqueiros.

4. CONCLUSÃO

Os resultados da análise da variação da linha de costa ao longo da área de estudo e período analisado, mostram que 63,18% dos transectos foram submetidos a acreção com avanço máximo de 633,55 metros (transecto 51), enquanto 36,19% foram sujeitos a erosão com recuo máximo de 235,35 metros (transecto 21).

A análise do envelope da variação da linha de costa durante os anos de 1988 a 2019, demonstrou que o ponto de maior variação espacial da linha de costa ocorreu na *transecto* 51 com valor de 633,55 metros na praia da Atalaia Nova na Barra dos Coqueiros. Sua alta variabilidade está associada à sua posição, na foz do rio Sergipe, sendo influenciado pela dinâmica de maré vazante e pelo deslocamento do canal fluvial ao longo do tempo. Os resultados apresentados indicam maior variabilidade da linha de costa neste ponto.

Os resultados também mostram que os agentes antrópicos instalados na área exercem forte influência nas alterações, quando somados ao dinamismo natural típico de área de estuário.

Portanto, os resultados apresentam a dinâmica da área costeira ao longo de três décadas e permitem identificar o comportamento predominante de acreção, quando considerada toda a faixa temporal em análise. Ressalta-se a relevância dessa pesquisa como subsídio ao planejamento de áreas costeiras, especialmente na área do estudo, a qual está em constante alteração por intenso urbanismo.

5. AGRADECIMENTOS

A Universidade federal de Sergipe (UFS), ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH-UFS), ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) por disponibilizarem estrutura física, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo na ocasião.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Luijendijk A, Hagenaars G, Ranasinghe R, Baart F, Gennadii D, Arninkhof S. The state of the world's beaches. *Sci Rep.* 2018;8(1):6641. doi: 10.1038/s41598-018-24630-6
2. Bittencourt ACSP, De Oliveira MB, Dominguez JML. Erosão e progradação do litoral brasileiro-Sergipe. In: Muehe D, editor. *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. 2. ed. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente; 2006. p. 213-8.
3. Dominguez JML, Bittencourt ACSP, Martin L. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sediment Geol.* 1992;80:213-32.
4. Smith G, Zarillo G. Calculating long-term shoreline recession rates using aerial photographic and beach profiling techniques. *J Coast Res.* 1990;6(1):111-20.
5. Moore LJ. Shoreline mapping techniques. *J Coast Res.* 2000;16(1):111-4.
6. Boak EH, Turner IL. Shoreline definition and detection: A review. *J Coast Res.* 2005;21(4):688-703.
7. Alesheikh AA, Ghorbanali A, Nouri N. Coastline change detection using remote sensing. *Int J Environ Sci Technol.* 2007;4:61-6. doi: 10.1007/BF03325962.
8. Gens R. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *Int J Rem Sens.* 2010;31:1819-36. doi: 10.1080/01431160902926673
9. Stafford DB, Langfelder J. Air photo survey of coastal erosion. *Photogramm Eng.* 1971;37:565-75.
10. Dolan R, Hayden B, Heywood JA. New photogrammetric method for determining shoreline erosion. *Coast Eng.* 1978;2:21-39. doi: 10.1016/0378-3839(78)90003-0.
11. Liu C, Xiao Y, Yang J. A coastline detection method in polarimetric SAR images mixing the region-based and edge-based active contour models. *IEEE Trans Geosci Remote Sens.* 2017;55(7):3735-47. doi: 10.1109/TGRS.2017.2679112
12. Yadav A, Dodamani BM, Dwarakish GS. Shoreline analysis using Landsat-8 satellite image. *ISH J Hydraul Eng.* 2018;27(3):347-55. doi: 10.1080/09715010.2018.1556569
13. Vos K, Splinter KD, Harley MD, Simmons JA, Turner IL. CoastSat: A google earth engine-enabled python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environ Model Softw.* 2019;22:1-7. doi: 10.1016/j.envsoft.2019.104528
14. Zollini S, Alicandro M, Cuevas-González M, Baiocchi V, Dominici D, Buscema PM. Shoreline extraction based on an Active Connection Matrix (ACM) image enhancement strategy. *J Mar Sci Eng.* 2020;8(1):9. doi: 10.3390/jmse8010009
15. Dominici D, Zollini S. Remote sensing in coastline detection. *J Mar Sci Eng.* 2020;8(7):498. doi: 10.3390/jmse8070498.
16. Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens Environ.* 2017;202:18-27. doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031
17. Thieler ER, Himmelstoss EA, Zichichi JL, Ergul A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey Report. 2009. OpenFile Report 2008-1278. doi: 10.3133/ofr20081278
18. Coastal Analysis Via Satellite Imagery Engine – CASSIE [Internet]; c2007 [acesso em 17 fev 2020]. Disponível em: <https://cassiengine.org/>
19. Almeida LP, De Oliveira IE, Lyra R, Dazzi RLS, Martins VG, Da Fontoura Klein AH. Coastal analyst system from space imagery engine (CASSIE): Shoreline management module. *Environ Model Softw.* 2021;140:105033. doi: 10.1016/j.envsoft.2021.105033
20. Amaro VE, Gomes LRS, Lima FGF, Scudelari AC, Neves CF, Busman DV, et al. Multitemporal analysis of coastal erosion based on multisource satellite images, Ponta Negra beach, Natal city, Northeastern Brazil. *Marine Geodesy.* 2014 Jun;38(1):1-25. doi: 10.1080/01490419.2014.904257
21. Jesus LV, Andrade ACS. Taxas de variação da linha de costa e faixas de proteção nas áreas contíguas à desembocadura do rio Sergipe, Aracaju, Sergipe. *Pesqui Geociênc.* 2018;45:1-17. doi: 10.22456/1807-9806.91389
22. Mendonca Diniz MT, Silva DS, Dos Santos JR, e Souza RM, Da Silva JP. Variation of the coastline between the years of 1984 and 2017 in the State of Sergipe, Northeast Region, Brazil. *J Coast Res.* 2020;95(sp1):458-62. doi: 10.2112/SI95-089.1
23. Rodrigues TK, Jesus LV, Silva MG, Pereira DAS, Feitosa ESS, Andrade ACS, et al. Deltas de maré vazante e erosão costeira na Atalaia Velha e no Mosqueiro, Aracaju (SE) no período de 1965 a 2008. *Sci Plena.* 2015;11:1-7.
24. Santos JPS, Andrade ACS, Nascimento PSR, Ramos LP. Erosão costeira e faixas de recuo em praias arenosas do sul de Sergipe, BRASIL. *Geociências.* 2021;40(4):1047-61.

25. Correia I, Andrade ACS, Nascimento PSR. Erosão costeira e faixas de proteção no delta do rio São Francisco. *Quat Environ Geosci.* 2023;14(1):236-42. doi: 10.5380/abequa.v14i1.81671
26. Souza CRGA. Erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. *Rev Gestão Costeira Integr.* 2009;9(1):17-37.
27. Himmelstoss EA, Henderson RE, Kratzmann MG, Farris AS. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179; 2018. doi: 10.3133/ofr20181179
28. Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F, World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol Z.* 2006;15:259-63. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130
29. Cruz MAS. Regionalização de precipitação médias e prováveis mensais e anuais no estado de Sergipe. *Boletim de Pesquisa.* Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2009.
30. Jacomine PKT, Montenegro JO, Ribeiro MR. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife (PE): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; 1975.
31. Santos RA, Martins AAM, Neves JP. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. Brasília (DF): CPRM/DIEDIG/DEPAT/CONDIS; 1998.
32. Bittencourt ACSP, Martin L, Dominguez JML, Ferreira YA. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. *Rev Bras Geocienc.* 1983;13:93-7.
33. Sergipe. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Atlas digital sobre recursos hídricos. Aracaju (SE): SEMARH; 2015.
34. Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília (DF): Embrapa; 2018.
35. Barbosa LM, Dominguez JML. Coastal dune fields at the São Francisco river strandplain, Northeastern Brazil: Morphology and environmental controls. *Earth Surf Process Landf.* 2004;29:443-56.
36. Dominguez JML, Bittencourt ACSP, Nascimento AS, Nascimento L. The sandy beaches of the states of Sergipe and Alagoas. In: Short AD, Klein AHF, editors. *Brazilian beach systems*, Coastal research library. Dordrecht: Springer; 2016. p. 281-305.
37. Pianca C, Mazzini PL, Siegle E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. *J Oceanogr.* 2010;58(1):53-70.
38. Marinha do Brasil. Tábua de máres [Internet]; [acesso em 25 ago 2021]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/>
39. Wanderley LL. Paisagem da janela: Esse nosso inconstante rio Sergipe e a evolução de sua foz. In: Alves JHP, editor. *Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação.* São Cristóvão (SE): Editora UFS; 2006. p.165-94.
40. Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). Terra Viva Consultoria em Meio Ambiente e Geologia. RIMA –Relatório de Impacto Ambiental. Projeto de Urbanização da Orla de Atalaia Nova trechos V, VI, VII e VIII. Aracaju (SE); 2009.
41. Leite LS, Alves NMS. Dinâmica da planície costeira nos limites da praia de atalaia nova, Barra dos Coqueiros/SE. In: Perez Filho A, Amorim RR, organizadores. *Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento.* Campinas (SP): Instituto de Geociências UNICAMP; 2017. p. 2807-18. doi: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1988