

UTILIZAÇÃO DO DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM PARA ANÁLISE DA LINHA DE COSTA NA PLANÍCIE DE CARAVELAS - BA (1984-2024)

Karina Costa de Almeida ¹
Beatriz Abreu Machado ²
Pablo Sergio Marques Simões ³
Guilherme Borges Fernandez ⁴
Thaís Baptista da Rocha ⁵

INTRODUÇÃO

Mais da metade da população brasileira, cerca de 111 milhões de pessoas (54,8%), vive a até 150 km da linha de costa, segundo o Censo Demográfico de 2022 (IBGE) e dados do IPEA (2023). Essa concentração populacional intensifica a pressão sobre ecossistemas costeiros, fundamentais para a proteção contra eventos extremos. Esses fatores combinados voltam os olhares para estratégias de gestão costeira, a fim da necessidade de mitigar e preservar ecossistemas litorâneos. Portanto, a análise da linha de costa é crucial para entender as mudanças morfológicas e processos erosivos que impactam essas regiões ao longo do tempo.

Segundo Boak e Turner (2005), a linha de costa é a interseção entre a água e a terra, no entanto a posição da linha de costa sofre influência das forças oceanográficas, como os ciclos de maré, as correntes de deriva litorânea e as ondas a tornando extremamente dinâmica. Como a posição da linha de costa pode variar até mesmo em horas, devido à maré, para o mapeamento são utilizados indicadores que atuam como proxy para a linha de costa. Boak e Turner (2005) discorrem sobre diferentes indicadores discerníveis visualmente, como a linha d'água, escarpa das dunas frontais e ,em especial para a etapa de mapeamento deste trabalho, o limite da vegetação em contato com a areia da praia.

O Digital Shoreline Analysis System (DSAS) versão 6 é uma aplicação autônoma que calcula a mudança da linha de costa ao longo do tempo. O DSAS cria transectos perpendiculares à linha de base definida, cruzando as linhas costeiras e

¹ Mestranda do Curso de Dinâmica dos Oceanos e da Terra - UFF, karinacosta@id.uff.br;

² Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, abreu_beatriz@id.uff.br;

³ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, pablosimoes@id.uff.br;

⁴ Professor orientador: Doutor, Universidade Federal Fluminense - UFF, guilhermefernandez@id.uff.br;

⁵ Professora orientadora: Doutora, Universidade Federal Fluminense - UFF, thaisbaptista@id.uff.br.

medindo a distância entre a linha de base e os pontos de interseção ao longo do transecto. Com essas medidas e datas, o sistema gera várias métricas de alteração da linha de costa. (HIMMELSTOSS, *et al.*, 2021 e HIMMELSTOSS, *et al.*, 2024). Utilizando a versão 5 do DSAS, Luijendijk *et al.* (2018) analisou a dinâmica mundial de praias arenosas nas últimas três décadas.

As imagens orbitais e as fotografias aéreas têm sido o instrumento mais utilizado para mapeamento da linha de costa em periódicos nacionais (ROCHA e FERNANDEZ, 2020). Andrade (2002), utilizou evidências de campo e comparação de fotografias aéreas tomadas em diferentes épocas para mapear a erosão na planície. Azevedo, Carvalho e Guerra (2016), mapearam a dinâmica de pontais arenosos entre 1987 e 2001 utilizando imagens landsat intervaladas em 2 anos.

A planície de Caravelas, no sul da Bahia, próxima ao complexo recifal de Abrolhos (Figura 1), é protegida pela presença dos recifes que reduzem o impacto das ondas, segundo Leão (1999). A região tem dois padrões sazonais de ondas: na primavera e verão, as ondas de nordeste/leste, com até 1 metro de altura, geram uma deriva litorânea para o sul na parte norte da Ponta da Baleia; no outono e inverno, as ondas de sudeste e sul-sudoeste, com até 1,5 metros, causam uma deriva para o norte na parte sul da Ponta da Baleia (LEÃO, 1999). O transporte de sedimentos pela costa propicia a formação de *spits*, que são feições arenosas desenvolvidas com apenas uma de suas extremidades conectadas ao continente, alongando-se paralelamente à costa.

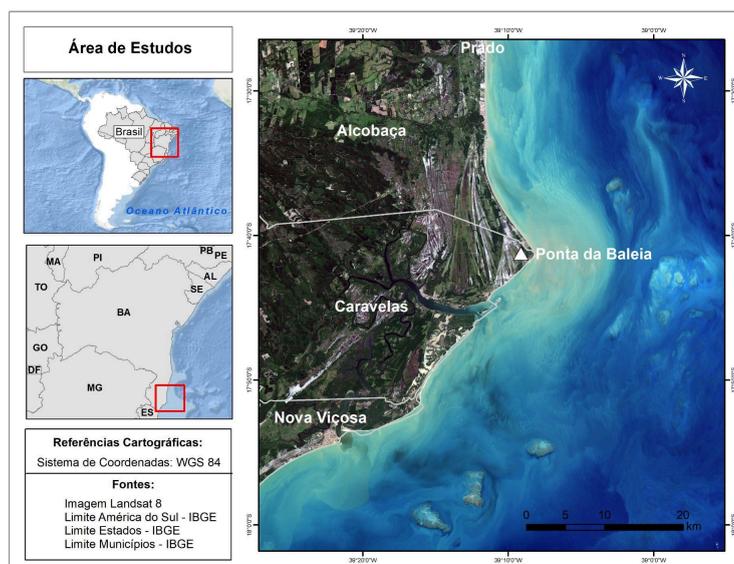


Figura 1: Área de Estudos

Nesse contexto, o litoral da planície de Caravelas apresenta diferentes processos geomorfológicos resultantes de uma complexa dinâmica costeira. Alinhado a isso, este trabalho tem como objetivo mapear a linha de costa da planície de Caravelas nos últimos 40 anos, utilizando intervalos de 10 anos. Além disso, busca identificar os processos geomorfológicos que ocorrem em sua extensão, bem como espacializar os momentos de recuo, acreção e estabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o mapeamento das linhas de costa da planície de Caravelas, foram utilizadas coleções de imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1984, 1994 e 2004, e do satélite Landsat 8 para os anos de 2014 e 2024. As imagens foram obtidas por meio da plataforma Google Earth Engine, desenvolvida pela Google, que permite o processamento e exportação de dados geoespaciais na nuvem.

A vetorização da linha de costa foi realizada em escala 1: 30.000 na aplicação ArcMap do Software ArcGIS 10.5. O indicador selecionado para vetorização da linha de costa foi o contato da vegetação com a areia da praia devido a resolução das imagens Landsat serem de 30 metros, dificultando a assertividade na utilização do indicador de contato úmido - seco. Entretanto, ressaltamos que no decorrer da planície foram identificadas formações de spits, por serem feições costeiras muito dinâmicas, há casos onde não é possível identificar a formação de vegetação estabelecida, sendo traçada a linha de costa através do indicador da linha d'água.

Com as linhas de costas mapeadas, os próximos passos consistiram em produzir os arquivos utilizados pelo Digital Shoreline Analysis System (DSAS) para criação dos resultados. No Arcgis, as linhas de costa foram unidas para geração de buffer de 150 metros. O resultado do buffer é utilizado como base para criação do arquivo de Baseline, ou seja, a linha de referência estabelecida no interior do continente (onshore). Ainda no Arcgis, os arquivos da Baseline e as linhas de costa foram convertidos em arquivos GeoJson (extensão padrão para utilização no DSAS).

No DSAS, foram gerados os transectos e calculadas as estatísticas para os intervalos: 1984 - 1994, 1994 - 2004, 2004 - 2014, 2014 - 2024 e por fim, 1984 - 2024. Para realizar a análise estatística foi utilizado o método de End Point Rate (EPR), onde a distância da movimentação da linha de costa é dividida pelo tempo decorrido entre a

linha de costa mais antiga e a mais recente. Por fim, os dados foram exportados e manipulados no ArcMap para confecção dos mapas.

Para a classificação dos resultados gerados pelo método End Point Rate (EPR), foram utilizados os intervalos de valores já apontados nos trabalhos de Luijendickj *et al.* (2018) e Machado (2020), sendo: Acreção: $> 0,5\text{m/ano}$; Estabilidade: $-0,5\text{m/ano}$ a $0,5\text{m/ano}$; Erosão: $-0,5\text{m/ano}$ a -1m/ano , Erosão severa $-1,0\text{m/ano}$ a -3m/ano e Erosão extrema: $< -3\text{m/ano}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, foi realizado o mapeamento das mudanças na linha de costa da planície de Caravelas, na Bahia, ao longo dos últimos 40 anos, seguindo os intervalos de análise. Além disso, foi dado enfoque aos mapeamentos da linha de costa nas áreas onde ocorre a formação de *spits* e ilha barreira.

Observando o intervalo temporal que abrange toda a série histórica, de 1984 a 2024, foi notório a ocorrência dos três processos de avanço, recuo e estabilidade da linha de costa (Figura 2), já identificados no trabalho de Andrade (2002). No Norte do município de Alcobaça, podem ser observadas todas as classes de mapeamento, desde a acreção até a erosão severa. Essa dinamicidade está relacionada à formação de *spits* na área. Seguindo em direção à Ponta da Baleia, predomina a estabilidade da linha de costa, corroborando o resultado obtido por Andrade (2002). Ao sul do pontal, já no litoral do município de Caravelas, acreção e estabilidade se intercalam até a ocorrência de erosão severa, esse resultado difere da classificação de Andrade (2002), que mapeou o estado de erosão para todo o litoral do município de Caravelas.

Além disso, ainda no município de Caravelas, a linha de costa é marcada pelos estados de erosão extrema e severa. Seguindo para sul, a acreção predomina até a fronteira com o município de Nova Viçosa, onde se inicia um perímetro dominado pela erosão extrema, seguida de erosão severa, interrompida brevemente por uma área de estabilidade. No trabalho de Andrade (2002), esse trecho foi classificado como linha de costa com mudanças generalizadas. Diferente disso, na linha de costa mais ao sul, prevalece a acreção, corroborando a classificação de Andrade (2002).

Ao analisar os intervalos temporais menores, entre 1984 e 1994, observa-se uma predominância de acreção ao norte da Ponta da Baleia, com erosão extrema apenas na área onde o *spit* foi totalmente erodido. No litoral do município de Caravelas, ocorrem

todos os processos desde a acreção até a erosão extrema. A erosão extrema e severa predominam na linha de costa da ilha barreira e em parte da porção sul do município. A acreção ao sul está associada ao crescimento de um *spit*. Chegando ao município de Nova Viçosa, a acreção é substituída por uma extensa erosão severa, enquanto ao sul, ocorre apenas acreção e estabilidade.

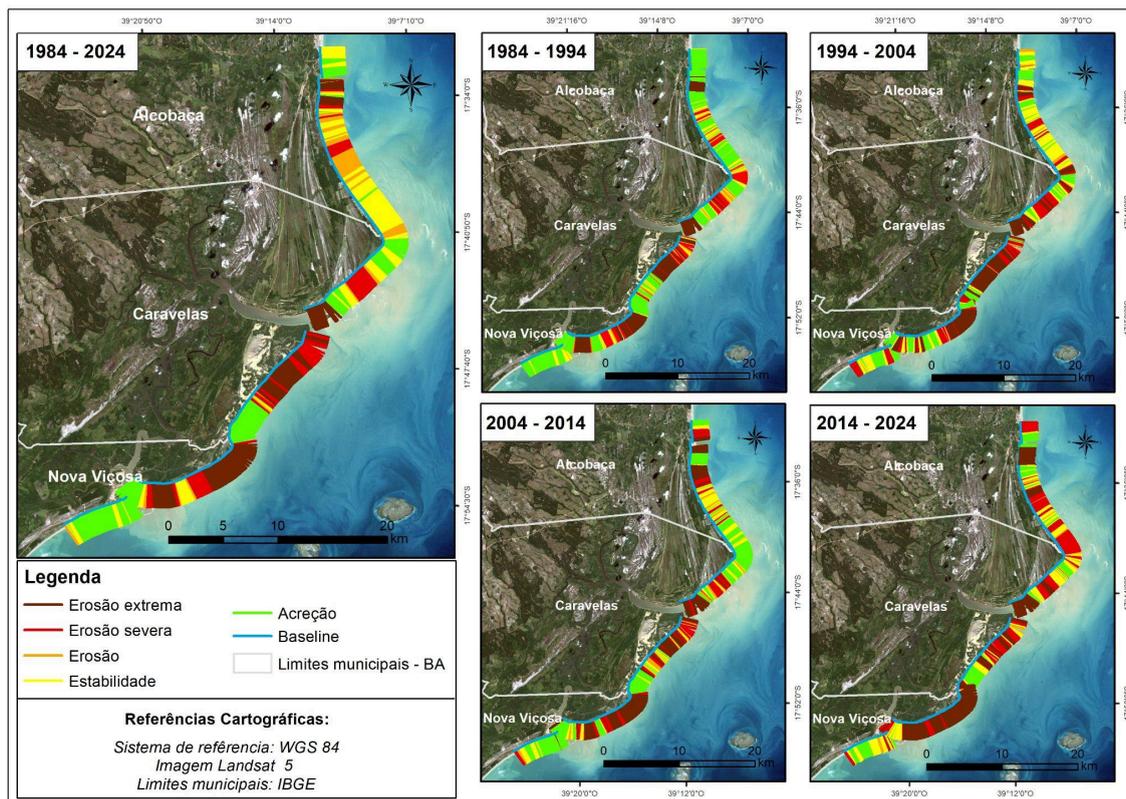


Figura 2: Mapeamento das mudanças na linha de costa da planície de Caravelas, na Bahia, ao longo dos últimos 40 anos

Entre 1994 e 2004, o litoral de Alcobaça apresentou uma predominância de estabilidade, com erosão extrema limitada às áreas de dinâmica dos *spits*. No litoral de Caravelas, a erosão extrema e moderada predominam, com a acreção surgindo em áreas pontuais. Em Nova Viçosa, a erosão extrema permaneceu na linha de costa que antecede a região dinâmica dos *spits*, seguida por uma área de acreção próxima à foz. Entretanto, ao sul da foz, onde anteriormente predominava a acreção, surgem agora áreas em erosão.

No intervalo entre 2004 e 2014, ocorreu um aumento da erosão extrema na área do *spit*, enquanto a acreção dominou na Ponta da Baleia. No litoral de Caravelas, em comparação ao intervalo anterior, houve uma leve substituição de áreas de erosão por

áreas estáveis, mantendo-se a acreção na região do *spit*. Em Nova Viçosa, a erosão severa persistiu na porção norte do município, e, em direção à foz, as áreas de acreção se tornam mais evidentes.

Entre 2014 e 2024, o estágio de erosão prevaleceu no litoral de Alcobaça, com o *spit* sendo incorporado à planície, isolando alguns corpos lagunares. Na Ponta da Baleia, os transectos de estabilidade se alternam com os de erosão. No litoral de Caravelas, houve uma redução da erosão extrema em relação ao intervalo anterior, com a acreção concentrada na região de crescimento do *spit*. Enquanto isso, na porção norte de Nova Viçosa, predomina quase totalmente a erosão extrema, enquanto a porção sul intercala, em sua maioria, áreas de estabilidade e acreção.

A partir dessas janelas temporais, foi possível identificar a distribuição espacial dos processos de acreção, estabilidade e recuo da linha de costa. Além disso, é importante ressaltar que na linha de costa da área de estudos, ocorrem processos dinâmicos relacionados ao transporte e deposição de sedimentos, ligados principalmente ao sentido da deriva litorânea e as alterações das ondulações, que durante o ano, variam entre nordeste/leste e sudeste/sul-sudoeste (LEÃO, 1999; DE AZEVEDO, CARVALHO e GUERRA, 2016).

Na Figura 3-A, é possível observar a erosão ocorrida na linha de costa de 1984, onde existiam duas protuberâncias, causadas pelo crescimento de *spit*, e, já em 1994, a linha de costa se torna mais retilínea. Em um segundo momento é possível observar que o *spit* que compunha a linha de costa de 2014 desaparece totalmente na linha de costa de 2024. No trabalho de Azevedo, Carvalho e Guerra (2016), os autores identificam o crescimento desses *spits* no sentido Norte-Sul, seguindo a direção da deriva litorânea.

Na Figura 3-B, estão mapeadas as linhas de costa da ilha barreira existente no litoral do município de Caravelas. Durante a série histórica, houve o predomínio do recuo da linha de costa voltada para o mar, enquanto a vertente interna se manteve mais próxima da estabilidade, corroborando o trabalho de Azevedo, Carvalho e Guerra (2016). Paralelamente, a ilha barreira também apresentou, durante toda série temporal, um crescimento longitudinal no sentido sul-norte, tornando-se mais estreita e comprida. No trabalho de Azevedo, Carvalho e Guerra (2016), com intervalo temporal de 1987 a 2001, não foi possível observar o crescimento longitudinal relevante, o que ressalta a importância da escala temporal na análise dos fenômenos costeiros.

Na Figura 3-C, foi feito o mapeamento da área onde ocorreu um ponto de inflexão, localizado na fronteira dos municípios Caravelas e Nova Viçosa. Durante toda a série histórica houve o crescimento longitudinal de um *spit* no sentido sul-norte, mesmo resultado obtido por Azevedo, Carvalho e Guerra (2016). Entretanto, logo ao sul observou-se o constante recuo da linha de costa, sugerindo que a deriva litorânea Sul-Norte transporta os sedimentos resultantes da erosão para o crescimento do *spit*.

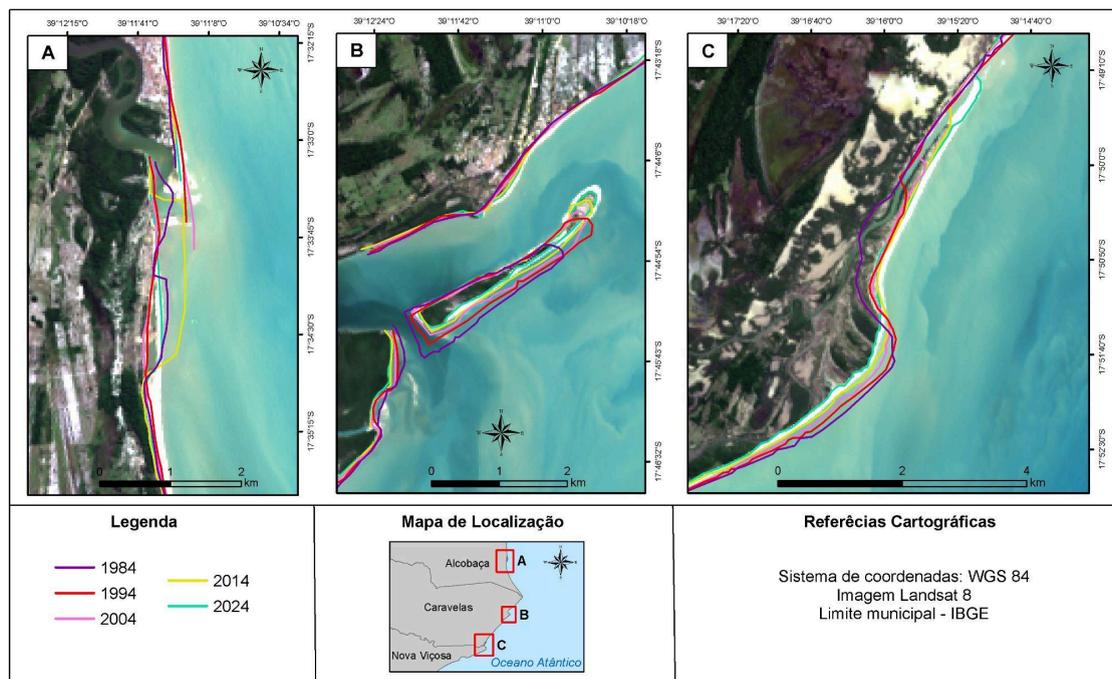


Figura 3 - Mapeamento da posição da linha de costa em áreas de crescimentos de *spits* e ilha barreira: (A) dinâmica de *spits* na linha de costa de Alcobaça, (B) Ilha barreira no litoral de Caravelas e (C) Recuo da linha de costa e crescimento de *spit* na fronteira dos municípios de Caravelas e Nova Viçosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise realizada ao longo dos últimos 40 anos da planície de Caravelas, foram identificados os processos de acreção, estabilidade e erosão que moldam a dinâmica da linha de costa. A pesquisa mostrou como os diferentes intervalos temporais apresentam variações significativas na linha de costa. Foi observado que a dinâmica dos *spits* e das ilhas barreira desempenha um papel crucial na geomorfologia da região, com a direção da deriva litorânea sendo um fator determinante no transporte e deposição de sedimentos. A combinação desses processos destaca a importância de estratégias de gestão costeira que considerem as variabilidades espaciais e temporais para a preservação dos ecossistemas litorâneos. O estudo contribui para a compreensão

da evolução costeira em resposta às mudanças ambientais, oferecendo subsídios para a mitigação dos impactos e a proteção das zonas costeiras.

Palavras-chave: Linha de Costa; DSAS; Erosão; *Spit*; Gestão Costeira.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ana Cláudia da Silva. Informações geológico-geomorfológicas como subsídios à análise ambiental: o exemplo da planície costeira de Caravelas-Bahia. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 51, p. 9-17, 2002.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 4.

DE AZEVEDO, Isabela Fortes; CARVALHO, Breylla Campos; GUERRA, Josefa Varela. Utilização de imagens de satélite Landsat para análise da variabilidade morfológica de pontais arenosos na planície costeira de Caravelas (NE do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 4, 2016.

HIMMELSTOSS, E. A.; HENDERSON, R. E.; FARRIS, A. S.; KRATZMANN, M. G.; BARTLETT, M. K.; ERGUL, A.; McANDREWS, J.; CIBAJ, R.; ZICHICHI, J. L.; THIELER, E. R. **Digital Shoreline Analysis System version 6.0**. U.S. Geological Survey software release, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5066/P13WIZ8M>.

HIMMELSTOSS, E. A.; HENDERSON, R. E.; KRATZMANN, M. G.; FARRIS, A. S. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide**. U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1091, 104 p., 2021. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Fronteiras do Brasil: primeiros resultados do censo demográfico de 2022**. Brasília, DF: Ipea, out. 2023. (Dirur: Nota Técnica, 41). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/dirur41>.

LEÃO, Z.M.; A.N. 1999. Abrolhos - O complexo recifal mais extenso do Oceano Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio090/sitio090.htm>

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018. DOI:10.1038/s41598-018-24630-6

MACHADO, B. A. **O comportamento da linha de costa na interação praia-duna no flanco sul do delta do rio Paraíba do Sul (RJ)**. 2020. 88 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2020.

ROCHA, T. B.; FERNANDEZ, G.B. Dinâmica da linha de costa: potencialidades, limitações e reflexões na geografia. In: LIMONAD, E.; BARBOSA, J. L. (organizadores). **Geografias Reflexões Leituras Estudos**. São Paulo: Editora Max Limonad, 2020.