

# UTILIZAÇÃO DO GOOGLE EARTH ENGINE PARA ANÁLISE TEMPORAL DA MORFOLOGIA DE UM ESPORÃO ARENOSO NA PRAIA DE RETIRO GRANDE(ICAPUÍ-CE)

Hadassah Carvalho de Andrade <sup>1</sup>  
Antônio Rodrigues Santos <sup>2</sup>  
Davis Pereira de Paula <sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

Na costa brasileira podem ser encontrados diferentes tipos de sistemas costeiros e formas de relevo (MORAES, 2007). Os esporões arenosos (sand spit) são formas de relevo deposicionais altamente dinâmicas que são definidos como uma faixa de areia que se estende da costa para o mar, associado aos processos litorâneos (EVANS, 1942; TOLDO, 1994). Devido à sua natureza dinâmica, a forma e o tamanho, os esporões arenosos podem variar significativamente em curtos intervalos de tempo (PETERSEN; DEIGAARD; FREDSE, 2008; CHACANZA et al., 2022). Esse tipo de sistema possui sua dinâmica controlada por uma variedade de fatores, como deriva litorânea (VALOIX et al., 2023), correntes de maré, fornecimento de sedimentos fluviais (NASS; VIEIRA, 2017) e a refração e o ângulo de aproximação das ondas (MAY; TANNER, 1973). A análise temporal dessas morfologias é essencial para compreender as dinâmicas costeiras e avaliar os impactos potenciais das mudanças geomorfológicas e da atividade humana.

Neste contexto, o uso de imagens de satélite surge como uma ferramenta importante para o monitoramento e a quantificação precisa e contínua da evolução dos Sand Spits. Nos últimos anos, avanços tecnológicos têm viabilizado uma análise mais detalhada e acessível dessas imagens, facilitando o estudo de fenômenos geomorfológicos em escalas temporais e espaciais amplas. Estudos como o de Azevedo et al. (2016), destacam como essas tecnologias têm permitido uma observação mais aprimorada e uma modelagem mais precisa das dinâmicas dos spit.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará- CE, [hadassah.carvalho@aluno.uece.br](mailto:hadassah.carvalho@aluno.uece.br);

<sup>2</sup> Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará- CE, [96rodrigues.santos@gmail.com](mailto:96rodrigues.santos@gmail.com) ;

<sup>3</sup> Professor orientador: Professor de Geografia, Universidade Estadual do Ceará- CE, [davispp@gmail.com](mailto:davispp@gmail.com).

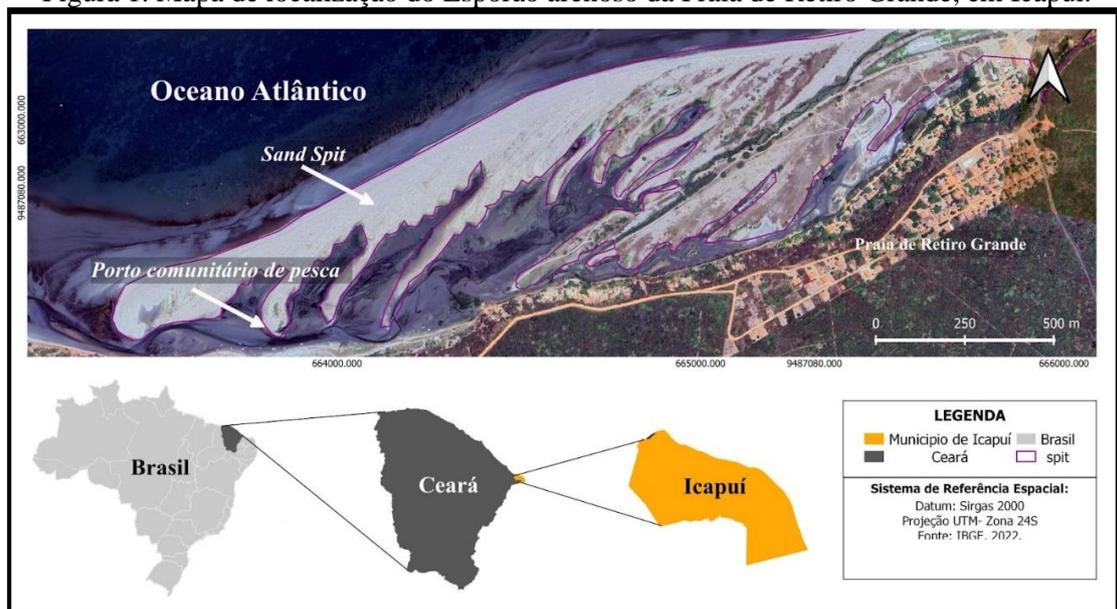
Diante disso, este estudo tem como objetivo quantificar a evolução morfológica do esporão arenoso localizado na praia de Retiro Grande, no município de Icapuí, estado do Ceará, utilizando imagens de satélite processadas no Google Earth Engine.

## METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

### Área de estudo

A praia de Retiro Grande está localizada no município de Icapuí, costa leste do Ceará, estando distante 201 km da cidade de Fortaleza, capital do Ceará. O esporão arenoso (sand spit) estudado possui direção E-W, apresentando aproximadamente 2 km de extensão e uma largura média de 164 m. A Praia de Retiro Grande possui um pequeno porto abrigado na parte interna do esporão, com um canal de navegação que se interconecta com o mar durante os períodos de preamar.

Figura 1. Mapa de localização do Esporão arenoso da Praia de Retiro Grande, em Icapuí.



Fonte: Elaboração própria.

### Aquisição de Dados

Metodologicamente, o estudo foi estruturado com base em um levantamento bibliográfico dos principais sites de periódicos (e.g., Google Acadêmico, *ResearchGate*, *Scielo*, *ScienceDirect*), utilizando estudos pertinentes ao assunto, como os realizados por (LIMA et al., 2002; NASS; VIEIRA, 2017; AZEVEDO; CARVALHO; GUERRA, 2016).

O pré-processamento iniciou-se com a delimitação da área de estudo utilizando a ferramenta "Desenhar forma" na plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Essa ferramenta permite criar uma geometria na área desejada e filtrar dados para o período de 2013 a 2024. Em seguida, foi elaborado um script em JavaScript, desenvolvido no Google

Earth Engine (GEE), capaz de filtrar imagens de satélite das coleções Sentinel 2A, com resolução de 10 metros por pixel, e Landsat 8, com resolução de 30 metros por pixel. Foi adotado um critério de até 20% de cobertura de nuvens para selecionar as imagens de satélite a serem baixadas.

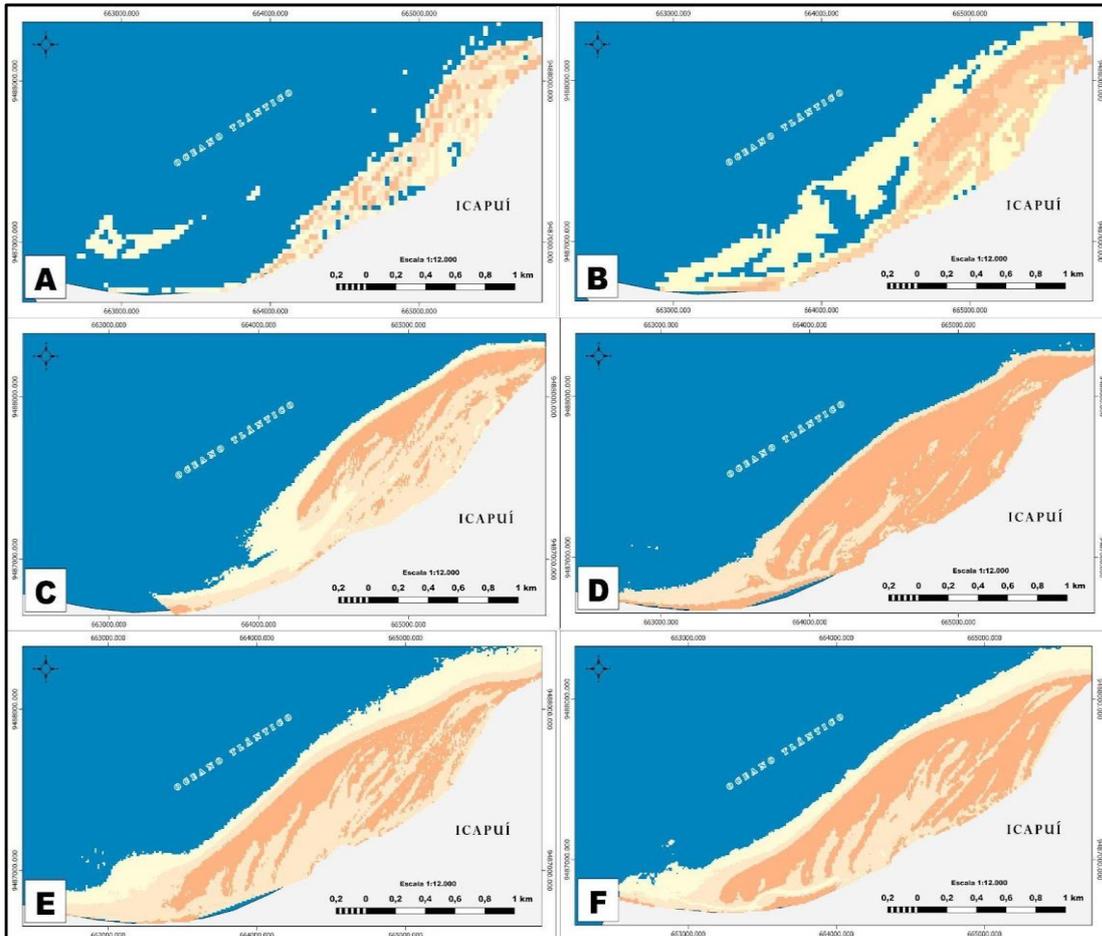
Ainda com o uso do GEE, foi aplicado o Índice de Turbidez de Diferença Normalizada (Normalized Difference Turbidity Index - NDTI), definido pela fórmula  $NDTI = (B04 - B03) / (B04 + B03)$ . Este índice utiliza a banda espectral do vermelho (Red) e a banda do verde (Green), variando de -1 a 1. Valores negativos são classificados como "água" e valores positivos como "não água", permitindo assim a identificação precisa das áreas de água e terra.

Para confecção dos mapas foram utilizadas ferramentas e técnicas do software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.22. A partir dos dados coletados dos mapeamentos foi aplicada a linguagem de programação R para a análise e organização dos dados, visando à confecção do gráfico.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As séries temporais de imagens do Sentinel 2A e do Landsat 8, representadas na Figura 2, revelam mudanças morfológicas significativas no esporão arenoso de Retiro Grande ao longo do período estudado. A análise dessas imagens demonstra o alongamento progressivo da ponta de areia à oeste, com uma expansão contínua do esporão/spit, apresentando um aumento constante de aproximadamente 0,116 km<sup>2</sup> por ano.

**Figuras 2.** séries temporais da evolução do Spit com imagens de satélite, variando entre os anos de: A) 2013; B) 2016; C) 2018; D) 2020; E) 2022 e F) 2024.



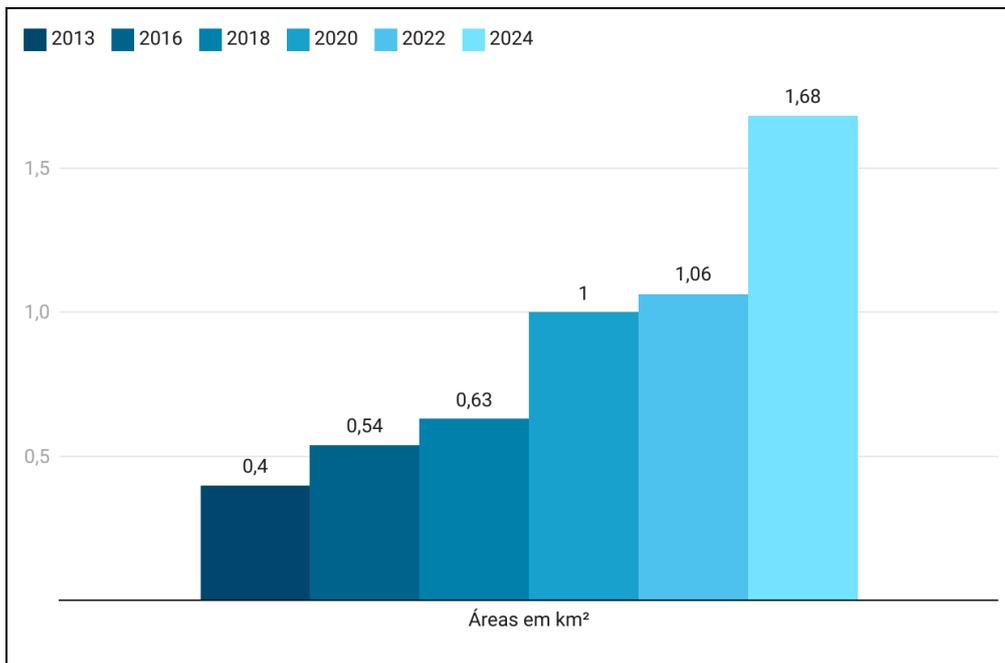
Fonte: Elaboração própria.

Essa tendência de crescimento indica um processo deposicional contínuo na região, sugerindo que o esporão arenoso está crescendo à medida que novos sedimentos são depositados. De maneira similar, o estudo de Ximenes, Souto e Duarte (2013) enfatiza que o spit de Retiro Grande se forma em sequência, com camadas sobrepostas ao longo do tempo, permitindo o acúmulo de sedimentos mesmo durante períodos de condições desfavoráveis.

O aumento de 0,4 km<sup>2</sup> para 1,68 km<sup>2</sup> ao longo de 11 anos (2013-2024) (Gráfico 1), evidencia uma acumulação sedimentar significativa, que pode ser atribuída a fatores como mudanças nos padrões de correntes e ondas, bem como no transporte sedimentar. Essa tendência está alinhada com as observações de Moura (2018), que descreve o spit de Retiro Grande como um exemplo bem preservado de barreira localizada em uma área confinada com falésias. De acordo com Moura (2018), a presença de um extenso canal de maré e a proteção contra a ação direta das ondas favorecem a deposição de sedimentos,

o que explica o crescimento contínuo e a expansão do esporão arenoso observado em nosso estudo. A evidência de um aumento mais acentuado na área do esporão arenoso entre 2020 e 2024, quando a área passou de 1,0 km<sup>2</sup> para 1,68 km<sup>2</sup>, está em consonância com o que Moura (2018) aponta sobre o processo deposicional que pode levar à incorporação do spit à linha de costa se a posição atual se mantiver e se processos deposicionais continuarem a superar os erosivos.

Gráfico 1. Crescimento da área do spit de Retiro Grande (em km<sup>2</sup>) ao longo dos anos de 2013 a 2024.



Fonte: Elaboração própria.

A presença de vegetação em processo de formação (Figura 3), com potencial para se desenvolver em um manguezal, pode também contribuir para a retenção de sedimentos e a estabilização do esporão arenoso. Miranda (2017) aponta que ambientes associados a manguezais são frequentemente encontrados em áreas protegidas por barreiras naturais, o que ajuda a explicar o papel da vegetação no processo de formação e expansão do esporão arenoso. Embora a vegetação ainda não esteja totalmente desenvolvida como um mangue, sua presença pode estar auxiliando na fixação de sedimentos e na formação de novos subsistemas.

Figura 3. Área de potencial manguezal em Retiro Grande, Icapuí.



Fonte: Elaboração própria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das séries temporais de imagens do Sentinel 2A, processadas através do Google Earth Engine (GEE), revelou mudanças morfológicas significativas no esporão arenoso de Retiro Grande, indicando uma expansão contínua ao longo do período estudado, reflete um processo deposicional ativo, influenciado por fatores naturais. A utilização do GEE foi crucial para o monitoramento detalhado e preciso dessas mudanças, permitindo a análise de grandes volumes de dados com diferentes resoluções espaciais e temporais. Essa abordagem demonstrou a eficácia do GEE em estudos de geomorfologia costeira, oferecendo uma ferramenta poderosa para a identificação de padrões e variações espaciais em áreas dinâmicas como a de Retiro Grande. Os resultados obtidos reforçam a importância do monitoramento contínuo com tecnologias avançadas, como o GEE, para a gestão e conservação das áreas costeiras.

**Palavras-chave:** Google Earth Engine; Esporão Arenoso; Retiro Grande; Morfologia; Costa brasileira.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE) pelo apoio de infraestrutura e a Fundação Cearense de Apoio e

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo financiamento dos projetos nº: PS1-00186-00333.01.00/21 e PVS-0215-00011.01.00/23.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, I. F. de; CARVALHO, B. C.; GUERRA, J. V.** 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, p. 533-544, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i4.843>.
- CHACANZA, Mário Silva et al.** Análise da variação da linha de costa no trecho entre as praias de Peroba e Redonda no município de Icapuí-Ceará, Brasil, a partir de imagens de satélite aplicando o DSAS. *Geociências*, v. 41, n. 4, p. 887-903, 2022.
- EVANS, O. F.** The origin of spits, bars and related structures. *Journal of Geology*, v. 50, p. 846–865, 1942.
- LIMA, Z. M. C.; ALVES, A. de L.; AMARO, V. E.; VITAL, H.** Evolução da linha de costa do esporão de Galinhos (NE Brasil) utilizando fotografias aéreas e imagens Landsat TM. *Pesquisas em Geociências*, v. 28, n. 2, p. 497-507, maio/ago. 2002. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20324>.
- MAY, J. P.; TANNER, W. F.** O gradiente litorâneo e as mudanças na linha costeira. In: COATES, D. R. (ed.) *Geomorfologia costeira*. Nova York: Universidade Estadual de Nova York, Binghamton, 1973. p. 43–60.
- MIRANDA, Italo Gois.** Caracterização dos sistemas de barreiras arenosas do litoral do Ceará. 2017. 52 f. TCC (Graduação em Oceanografia) - Curso de Oceanografia, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- MORAES, Antônio Carlos Robert.** Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. Annablume, 2007.
- MOURA, F. J. M.** Dinâmica de barreiras costeiras na costa semiárida brasileira: o caso do litoral de Acaraú e Itarema – Ceará. 2018. 266 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- NASS, D.; VIEIRA, C. V.** Evolução morfológica do esporão arenoso na foz do rio Itapocú, município de Barra Velha/SC. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 03, p. 674-689, 2017.
- PETERSEN, D.; DEIGAARD, R.; FREDSE, J.** Modelling the morphology of sandy spits. *Coastal Engineering*, v. 55, n. 7-8, p. 671–684, 2008. doi:10.1016/j.coastaleng.2007.11.
- TOLDO, E. E. JR; DILLENBURG, S. R.; CUNHA, L. O. B. P.; ALMEIDA, L. E. S. B.; TABAJARA, L. L.; MARTINS, R. R.** 1993.
- VALOIX, A.; MUÑOZ-SALINAS, E.; CASTILLO, M.; SANDERSON, D.; CRESSWELL, A.** Understanding the landscape evolution of El Mogote barrier spit, Baja California Sur, Mexico, using OSL dating, satellite images and a multivariate analysis. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 127, p. 104418, jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104418>.
- XIMENES, D. R. B.; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.** Análise multitemporal da linha de costa para avaliação da evolução costeira na região de Icapuí/CE, Nordeste brasileiro, no período de 1984 a 2011. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. *Anais*, 2013. p. 1618-162.