



APLICAÇÃO DO *COASTSNAP* E DO *GOOGLE EARTH ENGINE* NO MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO DE UM *SPIT* NO LITORAL LESTE DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Samyra Costa de Freitas¹
Antônio Rodrigues dos Santos Neto²
Ana Julia Leite da Silva³
Amanda Nara Santos da Silva⁴
Vitória de Araújo Paiva⁵
Eduardo Lacerda Barros⁶
Antonio Raylton Rodrigues Bendô⁷
Matheus Cordeiro Façanha⁸
Davis Pereira de Paula⁹

RESUMO

Os Spits arenosos são formações costeiras dinâmicas, constituídas por acumulações estreitas e alongadas de sedimentos. No litoral semiárido brasileiro, destacam-se cordões arenosos extensos, como o esporão do tipo spit na praia de Retiro Grande, município de Icapuí (CE), que possui cerca de 2 km de extensão e é historicamente utilizado como porto natural por comunidades pesqueiras locais. Para monitorar as mudanças dessa feição, o trabalho associa a metodologia participativa do projeto *CoastSnap*, que utiliza fotografias ao processamento de imagens de satélite via Google Earth Engine (GEE). Foram analisadas 194 imagens entre junho de 2023 e abril de 2024, permitindo observar o crescimento da vegetação no spit, validado pelo Índice de Vegetação Aprimorado (EVI) aplicado às imagens Sentinel-2A. Os resultados indicam um aumento significativo da cobertura vegetal, com variações relacionadas aos períodos chuvoso e seco, no Spit. O estudo demonstra que a integração do *CoastSnap* com o GEE constitui uma ferramenta eficiente, de baixo custo e replicável para o monitoramento costeiro, fortalecendo a ciência cidadã e subsidiando a gestão ambiental das zonas costeiras.

INTRODUÇÃO

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, samyra.freitas@aluno.uece.br;

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, antonio.santos@funceme.br;

³ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, julia.leite@aluno.uece.br;

⁴ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, amanda.nara@aluno.uece.br;

⁵ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, vitoriaaraujo.paiva@aluno.uece.br;

⁶ Doutor em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará - UFC, eduardo.lgco@gmail.com;

⁷ Doutorando em Engenharia Costeira na Universidade Tecnológica de Delft - TU Delft, A.R.RodriguesBendo@tudelft.nl;

⁸ Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, matehuscordfacanha@gmail.com;

⁹ Professor orientador: Doutor em Geografia, da Universidade Estadual do Ceará - UECE, davis.paula@uece.br;



Os esporões arenosos estão amplamente distribuídos ao longo das costas em todo o mundo. Essas formações, de relevo altamente dinâmico, são definidas como acumulações subaéreas estreitas e alongadas de sedimentos que se conectam ao continente.(Evans,1942; Davis & Fitzgerald,2004).

Os esporões arenosos, ou barreiras arenosas, são formações costeiras que atuam na proteção do litoral, reduzindo impactos de inundações e dissipando a energia das ondas (Pinho *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022). Essas estruturas favorecem o crescimento da vegetação, (e.g. restinga, mangue) devido ao solo arenoso e à influência marinha. Além de sua função protetiva, oferecem serviços ecossistêmicos importantes, como suporte à pesca e ao turismo (Reid *et al.*, 2005; Richter *et al.*, 2013; Nahon *et al.*, 2019; Roca *et al.*, 2022).

Segundo Diniz e Oliveira (2016), a costa semiárida brasileira é caracterizada pelo predomínio de formas deposicionais em relação às erosivas ao longo da linha de costa. Destacam-se cordões arenosos estreitos, porém extensos, que sofrem interrupções principalmente nas desembocaduras fluviais e em áreas de falésias vivas.

No litoral de Icapuí, Ceará, na praia de Retiro Grande, localiza-se um esporão arenoso do tipo *spit* com aproximadamente 2 km de extensão, orientado no sentido leste-oeste (Andrade, Santos N. & Paula,2024). Historicamente utilizado como porto natural por comunidades de pescadores e marisqueiras (Gondim N, 2022).

Dados de sensoriamento remoto aéreo e orbital têm sido amplamente empregados no monitoramento de mudanças costeiras, oferecendo informações ópticas importantes sobre feições morfológicas e alterações no uso da terra (Lucas *et al.*, 2002). Contudo, novas abordagens vêm sendo incorporadas, como a participação social e o uso de softwares, plataformas e linguagens de programação, que tornam os processos de coleta, análise e organização dos dados mais rápidos, integrados e eficientes.

A iniciativa *CoastSnap*, criada em 2017 na Austrália, baseia-se na participação voluntária da população na coleta de dados sobre a zona costeira. Seu objetivo é monitorar mudanças nas linhas costeiras com uma metodologia de baixo custo, por meio de fotografias tiradas com smartphones em pontos fixos (Harley & Kinsela, 2022). As imagens capturam paisagens como praias, dunas e falésias, permitindo o acompanhamento das mudanças ambientais ao longo do tempo. Os participantes, chamados de cientistas cidadãos, enviam as fotos para análise científica.



Já o uso da computação em nuvem, como no caso do Google Earth Engine (GEE), contribui significativamente para o processamento e análise de dados orbitais de satélites, facilitando o monitoramento das mudanças no ambiente costeiro. Trata-se de uma ferramenta gratuita e acessível, que permite a visualização, o tratamento e a edição dos dados de forma rápida e eficiente.

Dessa forma, ao longo dos anos, diversos estudos foram desenvolvidos com a aplicação do GEE e da metodologia participativa *CoastSnap* no monitoramento costeiro. Entre esses trabalhos, destaca-se o estudo de Vos.K *et al.* (2019), que utilizou o GEE para extrair e delimitar a linha de costa a partir de imagens de satélite, permitindo uma análise precisa da sua dinâmica ao longo do tempo.

Além disso, Andrade, Santos N. & Paula (2024), ao investigarem a evolução temporal de um esporão arenoso do tipo *spit* no município de Icapuí, especificamente na Praia do Retiro Grande, também utilizaram imagens de satélite processadas no GEE, identificando o crescimento contínuo da formação sedimentar ao longo dos anos.

Lins *et al.* (2023) utilizaram o projeto *CoastSnap* no monitoramento das praias do Rio de Janeiro, com o intuito de analisar as dinâmicas físicas e socioambientais da região. Pode-se destacar também o estudo de Freitas (2025), que aplicaram a metodologia *CoastSnap* para identificar e validar o risco de movimentos de massa e em falésias costeiras ativas, localizadas na Praia do Pacheco, no município de Caucaia, Ceará.

Esses autores reforçam a importância da metodologia participativa do projeto *CoastSnap* atrelado ao uso do GEE no monitoramento costeiro e suas dinâmicas. Diante desse contexto, o objetivo principal deste trabalho é demonstrar a aplicação da metodologia *CoastSnap* no monitoramento da vegetação presente no *Spit*, integrando imagens de satélite e computação de nuvem como ferramentas complementares de suporte à análise ambiental.

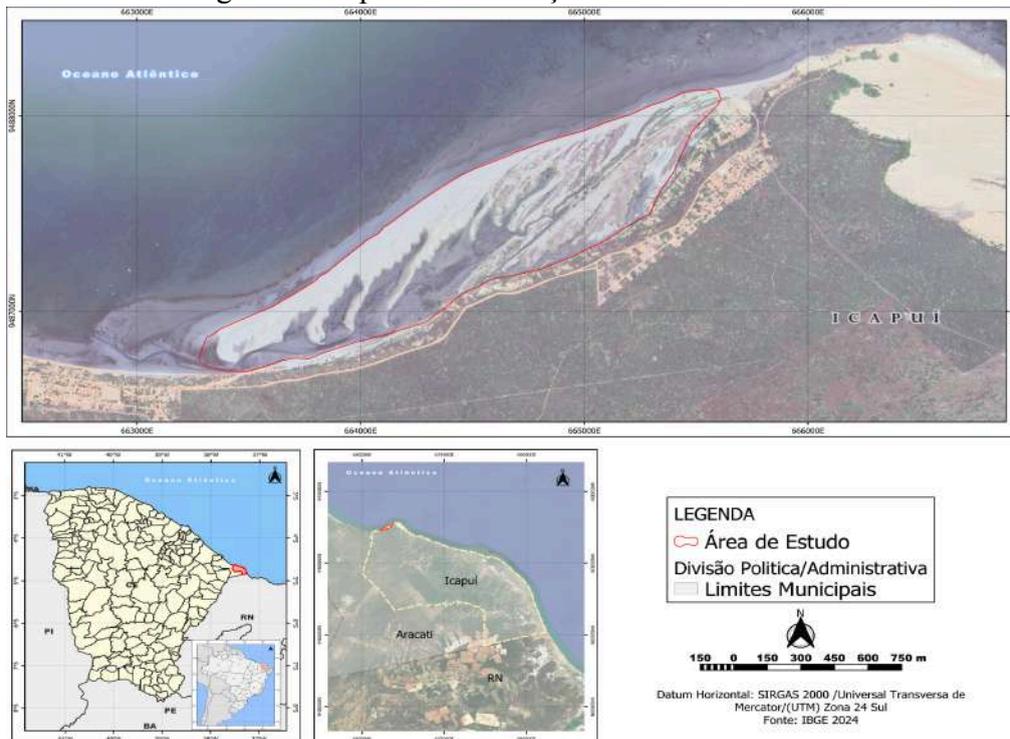
METODOLOGIA

Localização da Área de Estudo

A praia de Retiro Grande situada no município de Icapuí, no extremo leste do Ceará, a aproximadamente 200 km da Cidade de Fortaleza. É composta por uma comunidade de pescadores, cuja renda vem da exploração dos recursos costeiros

(Moretz-Sohn, 2018). Trata-se de uma área arenosa, com um perfil de praia plano e presença de falésias costeiras (Souza, 2016). A estação *CoastSnap* NE foi instalada no local para monitorar o desenvolvimento do *spit*, que é usado como porto pela comunidade (Figura 1).

Figura 1- Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Autores

A base metodológica deste trabalho envolve, inicialmente, o levantamento bibliográfico de estudos relacionados ao tema (Harley & Kinsela, 2022; Santos, Monteiro & Nascimento; Andrade, Santos N. & Paula, 2024; Freitas, 2025). Além disso, foram utilizadas ferramentas, softwares e técnicas que auxiliaram na execução da pesquisa, como o *CoastSnap* e o *Google Earth Engine* (GEE).

O *CoastSnap* funciona com base na participação voluntária dos frequentadores da praia que se dirigem a uma estação de monitoramento. Essa estação consiste em um tronco de madeira fixo, com um suporte de aço no topo para posicionar o smartphone horizontalmente, permitindo que a fotografia capture a paisagem e os pontos de controle selecionados. Além disso, há placas informativas que explicam como contribuir, incluindo um *QR Code* que conduz ao *WhatsApp* do projeto. As imagens recebidas são

arquivadas no banco de dados do projeto, acompanhadas de todas as informações necessárias, como dia, mês, ano, hora e minuto em que cada fotografia foi registrada.

Figura 2- Estação *CoastSnap* NE localizada em Retiro Grande, Icapuí-CE



Fonte: autores

Imagens do *spit* foram selecionadas com o intuito de observar outras modificações além da linha de costa, como é o caso do crescimento da vegetação presente na área de estudo. Assim, foram analisadas 194 imagens durante o período de junho de 2023 a abril de 2024, em que foi identificado um crescimento na vegetação presente no Spit, podendo estar relacionado também aos períodos de chuva e estio. O GEE, com base em um script criado em linguagem JavaScript, foi utilizado para validar o crescimento da vegetação no Spit. O código acessa e exporta imagens orbitais provenientes do satélite Sentinel-2A, disponibilizadas pelo Programa Copernicus da União Europeia. As imagens possuem resolução espacial de 10 metros por pixel podendo ser filtradas a partir da porcentagem da cobertura de nuvens variando entre 3% e 30%, dependendo do período analisado.

No mesmo script, foram selecionadas três bandas espectrais: infravermelho próximo (NIR – B8), vermelho (RED – B4) e azul (BLUE – B2). A partir dessas bandas, foi aplicado o Índice de Vegetação Aprimorado (EVI – Enhanced Vegetation Index), com o objetivo de monitorar a cobertura vegetal da região ao longo de uma série temporal compreendida entre junho de 2023 a abril de 2024. A equação do EVI pode ser expressa como: $EVI = G * (NIR - RED) / (NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)$.

Utilizou-se os dados pluviométricos fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) do período abordado para comparação no crescimento da vegetação referente ao período de estiagem e chuvoso analisado. Por fim, seguida utiliza-se o software QGIS 3.30 para a confecção dos mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme as imagens obtidas através do banco de dados do *CoastSnap*, é possível monitorar o esporão arenoso e suas dinâmicas, principalmente quando se trata das mudanças ocorridas referente ao uso e cobertura presente no mesmo. Ao comparar as imagens é possível identificar o crescimento da vegetação sobre o *spit* ao decorrer do tempo, como pode ser observado na (Figura 3).

Figura 3- Comparação espaço temporal do *Spit* através das imagens obtidas do *CoastSnap* entre o período de 2023 e 2024

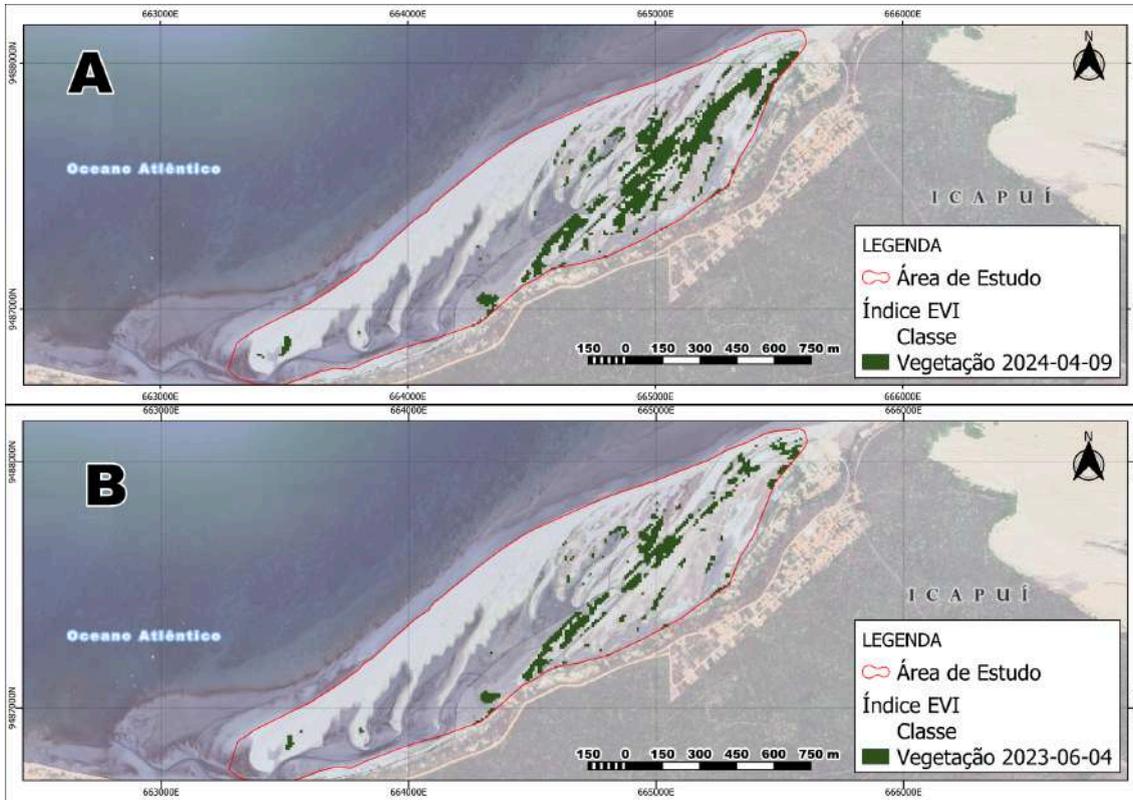


Fonte: Autores

Associado às imagens de satélite e a aplicação do índice de vegetação, possibilitou a identificação e a evolução temporal da vegetação na área de estudo. Segundo Santos, Monteiro e Nascimento (2022), ao analisar a variação da densidade vegetativa entre os períodos seco e chuvoso, demonstrou que o índice EVI é eficaz na detecção de áreas de vegetação presente no ambiente costeiro, mesmo durante o período seco. Assim, as variações observadas não foram suficientemente significativas para comprometer a análise da dinâmica temporal dessa vegetação durante o período de junho de 2023 a abril de 2024.

Santos, Monteiro e Nascimento (2022) ao aplicarem o índice EVI na sua área de estudo resultou em uma maior sensibilidade na detecção do teor de água na vegetação, além disso, como também, na identificação de áreas com maior vigor vegetativo. Dessa forma, a Figura 4 ilustra a evolução da cobertura vegetal ao longo do período analisado com o uso do índice EVI.

Figura 4- Imagem (A) retrata o vigor vegetativo presente no período de 2024-04-09.
Imagem (B) apresenta o vigor vegetativo presente no período de 2023-06-04



Fonte: Autores

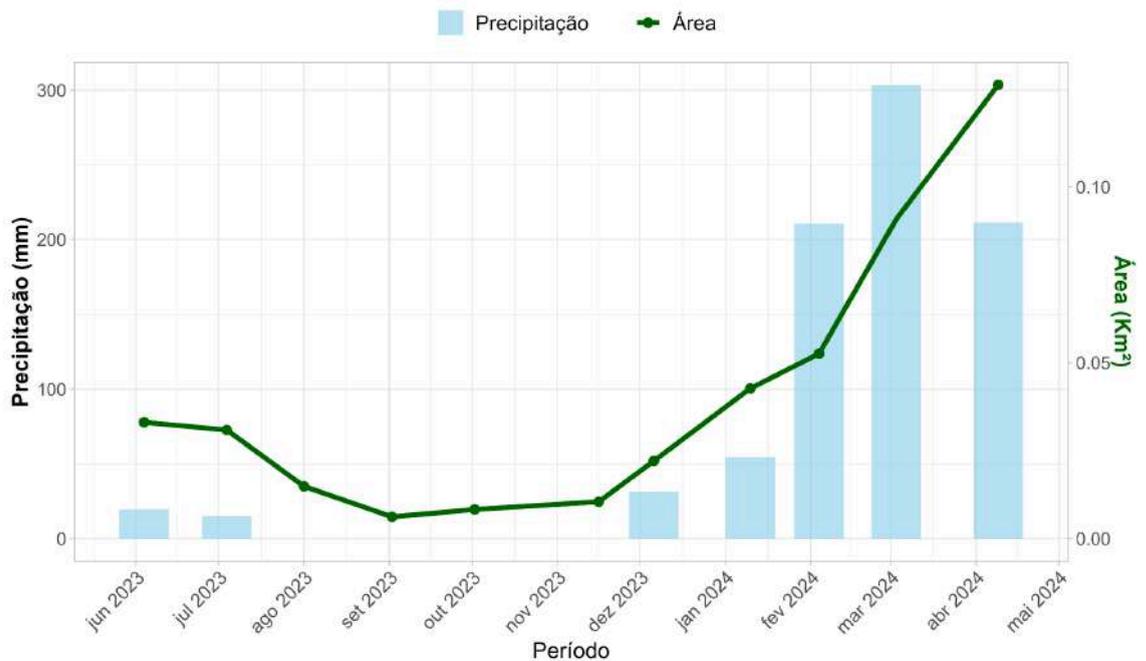
Segundo Andrade, Santos.N e Paula (2024) o *Spit* destaca-se pela presença de vegetação em processo de desenvolvimento. De acordo com Araújo e Maciel (1998) essas formações de relevo abrigam cobertura vegetal de fisionomia distintas e são definidas pelas condições dos solos e influência marinha, que pode ser caracterizada como uma vegetação de restinga.

Desse modo, a Figura 5 mostra que, durante a estiagem, há redução da cobertura vegetal de restinga, embora ainda seja possível monitorá-la. Isso se deve à resistência das espécies ao aerossol salino, aos ventos constantes e à escassez hídrica e sua importante adaptação morfológica. Esses mecanismos estruturais ajudam a reduzir a perda de água e garantem a sobrevivência da vegetação em condições adversas (Rizzini, 1992; Boeger e Wisniewski, 2002).

Logo, entre junho de 2023 e abril de 2024, houve um aumento significativo na área de cobertura vegetal, passando de 0,033 km² para 0,129 km². Esse crescimento foi

mais expressivo entre o início de dezembro a abril. Apesar de abril ter registrado uma precipitação inferior à de março, a vegetação continuou se expandindo, impulsionada pelas chuvas intensas ocorridas no mês anterior.

Figura 5- Análise temporal do crescimento da vegetação entre o período de Junho de 2023 a Abril de 2024



Fonte: Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, os resultados demonstram que o *CoastSnap* constitui uma alternativa eficiente, de baixo custo e com grande potencial de replicabilidade para o monitoramento de ambientes praias, demonstrando que sua metodologia pode avaliar diversas mudanças, como a evolução da vegetação, que foi observado na área de estudo. A associação com imagens de satélite gratuitas amplia as possibilidades de análise espaço-temporal da paisagem e fornece uma base técnica robusta para a gestão ambiental. Além disso, a metodologia fortalece o envolvimento da sociedade em ações de ciência cidadã, aproximando a comunidade do meio acadêmico e promovendo a conscientização sobre a importância da conservação e do uso sustentável das zonas costeiras.

Palavras-chave: Monitoramento Costeiro; Barreira Arenosa, Ciência Cidadã, Vegetação, Zona Costeira.



AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) pelo apoio estrutural e à Universidade Estadual do Ceará (UECE), assim como os órgãos de fomento pelo financiamento, sejam eles: CNPq (Processos 420516/2022-0 e 309102/2022-7) e FUNCAP (PS1-0186-00333.01.00/21 e UNI-0210-00736.01.00/23).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Hadassah Carvalho De et al.. Utilização do google earth engine para análise temporal da morfologia de um esporão arenoso na praia de retiro grande(icapuí-ce). Anais do XX SGBFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente... Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118222>>. Acesso em: 20/06/2025

ARAUJO, D. S. D.; MACIEL, N. C. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 27–51, 1998.

CASTRO DOS SANTOS, G., & MELO E SOUZA, R. (2016). MORFODINÂMICA DO PONTAL ARENOSO E INTERFERÊNCIAS NA EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE DE MARÉ NA DESEMBOCADURA DO RIO SERGIPE – ARACAJU/SE. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 17(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i4.955>

DAVIS, Richard; FITZGERALD, Duncan. *Beaches and Coasts*. [S. l.: s. n.], 2004. ISBN 0632043083. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9aE0qOyVNC4C&oi=fnd&pg=PR4&ots=GSIrXpCUoI&sig=QXiq5k7U3waPhjzjn_kKhqDPzml&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12 jul. 2025.

DINIZ, M.T.M.; OLIVEIRA, G.P. Proposta de Compartimentação em Mesoescala para o Litoral do Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*.v.17, nº3 (2016)

EVANS, O. F. The origin of spits, bars and related structures. *Journal of Geology*, v. 50, p. 846–865, 1942.

RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1992. 747 p

SANTOS, J. E. B.; MONTEIRO, K. A.; NASCIMENTO, M. C. Avaliação do desempenho dos índices de NDVI, SAVI e EVI na análise da cobertura de uso do solo em um setor do município de Jequiá da Praia, Alagoas. *Revista GeoNordeste*, São Cristóvão, Ano XXXIII, n. 1, junho de 2022. p. 208-226. ISSN: 2318 2695. DOI: <https://doi.org/10.33360/10.33360/RGN.2318-2695.2021.i3>

Freitas, Samyra Costa de. Aplicação da ciência cidadã no monitoramento costeiro: O caso do projeto CoastSnap NE na praia do Pacheco, Caucaia-CE. 2025. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em 2025) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: <<http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=118000>> Acesso em: 8 de julho de 2025

Lins-de-Barros, F. M., Francisco, A. B., P.; Bizerra da Silva, L. C., Ribeiro, P.R.M., Milczewski, R.S. Sousa, R.E.J de. 2022. Contributions of Participatory Monitoring of sandy Beaches to Integrated Coastal Management from the Mar à Vista Project (UFRJ) and the CoastSnap Methodology. *Revista Costas*, Vol. Esp. 3: 117-148. doi: 10.25267/Costas.2023.v.3.i2.07



Lucas RM, Ellison JC, Mitchell A, Donnelly B, Finlayson M, Milne AK. Use of stereo aerial photography for quantifying changes in the extent and height of mangroves in tropical Australia. *Wetlands Ecology and Management* 2002;10:161–75.

VOS, K.; SPLINTER, K. D.; HARLEY, M. D.; SIMMONS, J. A.; TURNER, I. L. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling & Software*, [S.l.], v. 122, p. 1–11, 2019. ISSN 1364-8152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815219300490>. Acesso em: 24 jul. 2025.

NAHON, Alphonse *et al.* Marcas do clima de ondas e das variações do nível médio do mar na dinâmica de uma faixa costeira nos últimos 250 anos: Cap Ferret, sudoeste da França. Superfície da Terra processos e formas de relevo, [s. l.], 2019. DOI <https://doi.org/10.1002/esp.4634>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.4634>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

Pinho, J., Iglesias, I., Melo, W., Bio, A., Avilez-Valente, P., Vieira, J., Bastos, L., e Veloso-Gomes, F.: Avaliação da morfodinâmica de uma restinga sob eventos extremos de inundação, Assembleia Geral da EGU 2021, online, 19–30 de abril de 2021, EGU21-5778, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-5778>, 2021.

REID, Walter V. *et al.* Ecosistemas e Humanos Bem-estar. [S. l.: s. n.], 2005. ISBN 1-59726-040-1. RICHTER, A. *et al.* Erosão de falésias de dunas e alteração da largura da praia nas pontas norte e sul de Sylt detectadas com Lidar multitemporal. *Catena*, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/catena>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ROCA, Mar *et al.* Monitoramento da Variabilidade da Ponta de Areia com o Sentinel-2 e o Google Earth Engine em um Estuário Mediterrâneo. Superfície da Terra processos e forma de relevo, [s. l.], 2022. DOI <https://doi.org/10.1002/esp.4634>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.4634>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SANTOS, J. E. B. dos; MONTEIRO, K. de A.; NASCIMENTO, M. C. do. Avaliação do desempenho dos índices de NDVI, SAVI e EVI na análise da cobertura de uso do solo em um setor do município de Jequiá da Praia, Alagoas. *Revista GeoNordeste*, São Cristóvão, v. 33, n. 1, p. 208–226, jun. 2022. DOI: 10.33360/RGN.2318-2695.2021.i3.

ZHANG, Chi *et al.* Parametrização do índice de rebentação de ondas próximas à costa. *Engenharia Costeira*, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/coastal-engineering>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

LI, Yuan *et al.* Investigação laboratorial sobre a resposta morfológica de um banco de areia artificial submerso e seu impacto na evolução da praia sob condições de ondas de tempestade. *Geologia Marinha*, [s. l.], 2022. DOI doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106668. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/marine-geology>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

Lins-de-Barros, F. M., Francisco, A. B., P.; Bizerra da Silva, L. C., Ribeiro, P.R.M., Milczewski, R.S. Sousa, R.E.J de. 2022. Contributions of Participatory Monitoring of sandy Beaches to Integrated Coastal Management from the Mar à Vista Project (UFRJ) and the CoastSnap Methodology. *Revista Costas*, Vol. Esp. 3: 117-148. doi: 10.25267/Costas.2023.v.3.i2.07

GONDIM NETO, Leopoldo. Território e alimentação em Icapuí (CE): o festival gastronômico da lagosta e as identidades dos povos do mar. 2022. 126 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69019>>. Acesso em: 8 de julho de 2025

MORETZ-SOHN, Clarissa Dantas. Dinâmica de uso e ocupação em paisagens costeiras no Município de Icapuí-Ce. 2018.

SOUZA, Wallason Farias de. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à análise da evolução espaço-temporal da linha de costa do município de Icapuí, Ceará-Brasil. 2016.