

USO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA IDENTIFICAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NO BAIXO CURSO DE RIO NO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ, CEARÁ, BRASIL.

Weslyane Braga Rodrigues¹
Antônio Rodrigues dos Santos Neto²
Wallason Farias de Souza³
Davis Pereira de Paula⁴

INTRODUÇÃO

Os rios são componentes fundamentais das bacias hidrográficas, ricos em recursos naturais essenciais para a interação, evolução e reprodução dos seres vivos. Além disso, os rios desempenham um papel crucial no suporte de atividades socioeconômicas (ROSS e PRETTER, 1998). O regime fluvial de um rio depende de um contexto geomorfológico e climático onde o mesmo tem um papel fundamental na evolução do relevo e modificação da paisagem a partir de processos de erosão fluvial ocorrendo transporte e acúmulo de sedimentos em determinadas regiões da bacia (GUERRA, 2000; Morán-Tejeda *et al.*, 2011).

No nordeste brasileiro, os rios em sua maioria são do tipo intermitentes, em que dependem de condições meteorológicas para aumentar a vazão d'água (Da Silva *et al.*, 2020). A quadra chuvosa no Nordeste, especificamente no estado do Ceará, se concentra nos primeiros meses do ano, sendo influenciada pela ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) (Kouadio *et al.*, 2012). Devido a isso, os rios do estado tendem a comportar mais volume de água nos períodos entre janeiro e junho.

No entanto, apesar de ser o único curso de água doce no município de Icapuí, o Rio Arrombado ao longo de sua extensão tem sofrido alterações, devido ao manejo inadequado, desmatamento de matas ciliares, no qual facilitam o assoreamento no leito (Soares, 2020). Diante disso, o uso do sensoriamento remoto pode ser eficaz para o

¹ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, weslyane.braga@aluno.uece.br;

² Graduado do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, toin.rodrigues@aluno.uece.br;

³ Professor do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, wallason.farias@uece.br;

⁴ Professor do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, davis.paula@uece.br.

monitoramento diverso, inclusive, para o monitoramento de sedimentos em suspensão (Simões *et al.*, 2021).

Dito isto, o Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma de computação em nuvem que foi desenvolvida pela Google em 2010 e possui um conjunto de dados de sensoriamento remoto com acesso gratuito (Amani *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021). O GEE tem sido uma ferramenta muito utilizada em diversos setores científicos e possui o objetivo de disponibilizar dados geoespaciais em escala planetária (Vijayakumar *et al.*, 2024). Além disso, na plataforma pode-se desenvolver funções para cálculos raster permitindo que diversas técnicas sejam executadas, dentre elas, os índices espectrais (Montero *et al.*, 2022; Liu, Chen e Chen, 2023; Cai, Shi e Liu, 2024).

Diante do exposto, o rio Arrombado possui grande importância para as águas superficiais e subterrâneas, contribuindo na manutenção dos recursos hídricos do município, devido a esse fator, torna-se crucial a análise de turbidez da água, visto que este recurso é bastante utilizado ao longo do seu curso. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade do Índice de Turbidez por Diferença Normalizada (NDTI) no *Google Earth Engine*.

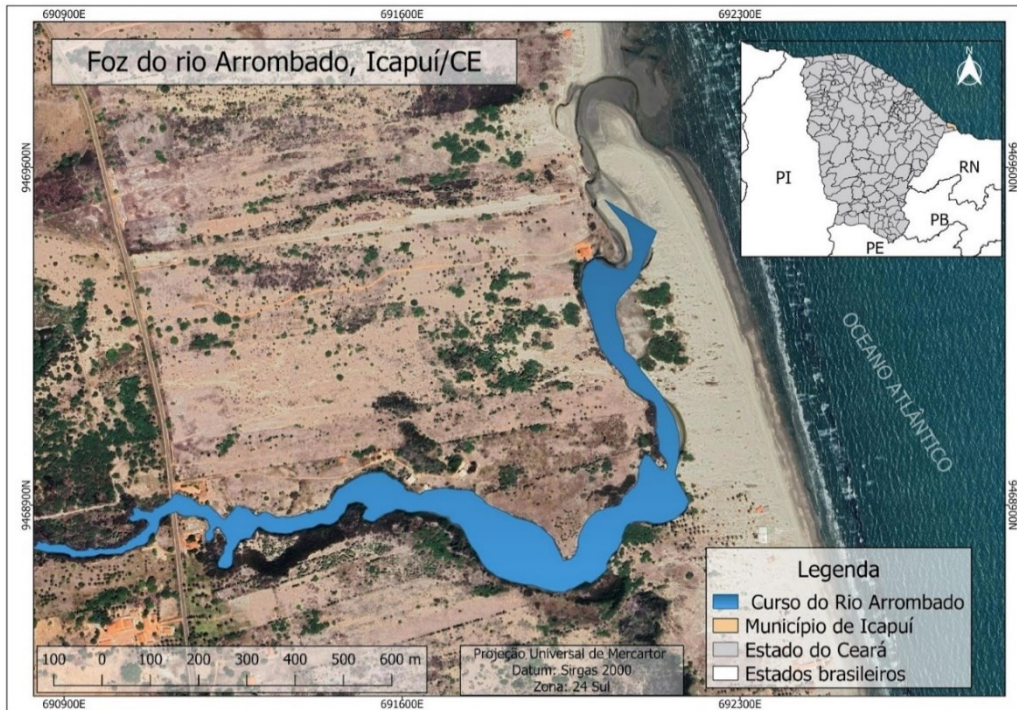
METODOLOGIA

O município de Icapuí está localizado no extremo leste do estado do Ceará e faz divisa com o estado do Rio Grande do Norte (figura 1), e a população é estimada em 21.433 habitantes (IBGE, 2022). Apresenta um clima do tipo Tropical Semiárido Brando (IPEC, 2016), as direções predominantes dos ventos são de SE, ESE, E e NE (Barros, 2018), as marés são do tipo semi-diurna, com regime de mesomaré (2-4 metros). O regime de ondas dominante é marcado por alturas significativas variando de 0,5 m a 1,0 m, período entre 6s e 9s e direção no quadrante E-SE (Morais, 1996).

O município conta com a presença de um único curso fluvial superficial, com sua nascente na Mata Fresca no município de Aracati e desembocadura na praia de Manibú, em Icapuí, dando origem à vegetação de mangue e carnaúbas (Meireles, Souza e Lima, 2016). De acordo com Silva (2021), a extensão da bacia hidrográfica do rio no município estima-se 18 quilômetros. Ainda de acordo com o autor, o rio Arrombado recebe esse nome devido ao arrombamento de uma barragem que a comunidade de

Manibu almejava, anteriormente o rio se chamava Cuipiranga, que significa terra vermelha.

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2024)

Os processos metodológicos para a identificação de sedimentos em suspensão no baixo curso do Rio Arrombado foram adotados com base no trabalho de Santos et al. (2024), que propõe uma abordagem detalhada e sistemática entre os períodos chuvosos e secos. Será analisado o intervalo de tempo das imagens de satélite onde se teve o barramento dentro da quadra chuvosa do Ceará no ano de 2003, e o período chuvoso de 2024 que não se encontra mais o barramento.

O pré-processamento dos dados foi organizado utilizando o *Google Earth Engine* (GEE), aplicando a linguagem de programação *JavaScript* para filtrar e baixar as imagens de satélites da coleção Sentinel-2A, com resolução de 10 metros por pixel, para o ano de 2024 no mês de janeiro, e do Landsat 8, com resolução de 30 metros por pixel, para o ano 2003 mês de fevereiro que se encontrava um barramento próximo a sua foz, onde houve um maior acúmulo de água. Logo após com a ferramenta “Desenhar uma forma” foi possível delimitar o recorte do Rio Arrombado para 2003 apresentando uma área de 0.17 km² e para o ano 2024 com cerca de 0.21 km².

Em seguida, aplicou-se o Índice de Turbidez por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Turbidity Index* – NDTI) utilizando a função "*img.normalizedDifference*". Esta função calcula a diferença normalizada entre duas bandas, auxiliando na identificação do nível de turbidez da água a partir das bandas do vermelho e verde. O índice é definido como $NDTI = (Green - Red) / (Green + Red)$, a resposta espectral na faixa do vermelho é maior, justificando a inversão dos comprimentos de ondas do vermelho e do verde. (Lacaux *et al.*, 2007; Pizani e Maillard, 2023).

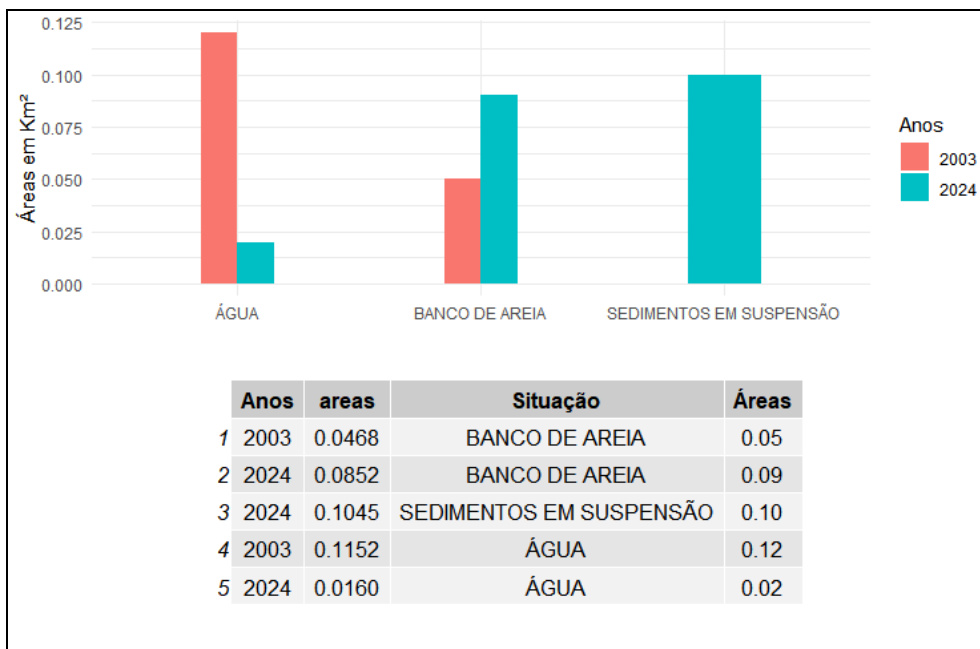
Após o processamento das imagens de satélite para o índice, foi exportado para o software Qgis 3.28 para a confecção dos mapeamentos e representação gráfica e análise dos dados. Para elaboração do gráfico foi utilizado a linguagem R para analisar a variação das áreas com acúmulo de água, sedimentos em suspensão e bancos de areia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação do NDTI na área de estudo, observou-se que o acúmulo de sedimentos em suspensão em janeiro de 2024 foi superior ao observado em fevereiro de 2003. Embora ambos os meses pertençam à quadra chuvosa, em 2003 houve pouca quantidade de sedimentos em suspensão e um grande acúmulo de água resultante de um barramento na sua foz.

De acordo com Silva (2021), os barramentos sequenciais ao longo do rio foram realizados com o intuito de manter trechos do rio perenizados durante as estiagens. O barramento na foz interferiu diretamente no fluxo hídrico e sedimentar, afetando a flora e a fauna estuarinas. Em 2024, apesar do menor acúmulo de água, os sedimentos em suspensão e os bancos de areia se mostram mais presentes, como pode ser observado na (Figura 2).

Figura 2. Gráfico das Áreas do Rio Arrombado dos anos de 2003 e 2024



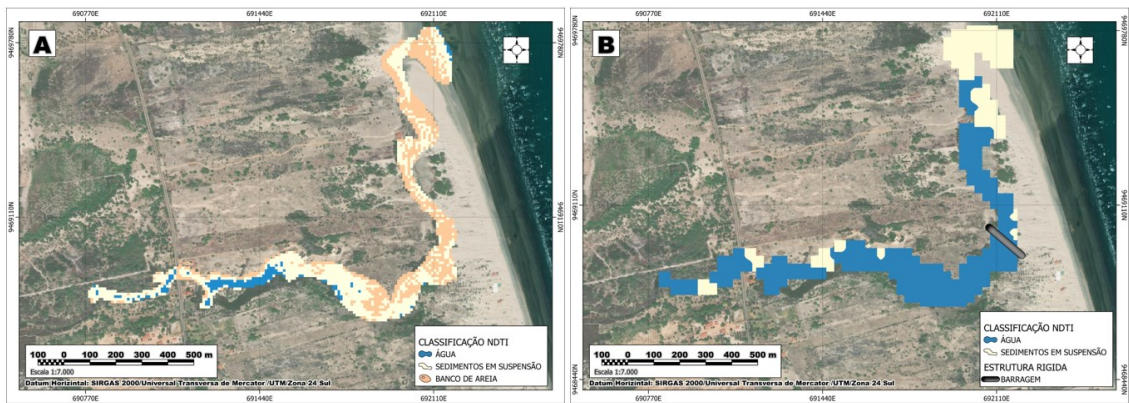
Fonte: Autores (2024)

Ao observar a variação temporal no trecho do baixo curso do Rio Arrombado na Figura 3, notamos que em 2003 seu estuário apresentava um acúmulo significativo de sedimentos, formando bancos de areia, apesar de ter uma área de 0.12 km² de água, o barramento impede a descarga de água e o transporte dos sedimentos.

Em 2024 a jusante do Rio é predominantemente coberta por sedimentos e bancos de areia, apresentando apenas uma área de 0,02 km² de água . Conforme Silva (2021), registra-se que a bacia hidrográfica do Rio Arrombado mantém a formação de aporte no primeiro quadrimestre devido às chuvas. Ao longo da extensão do rio, observam-se depósitos aluvionares constituídos por sedimentos areno-argilosos.

Ainda segundo Silva (2021), a foz do Rio Arrombado apresenta trechos com predominância de formação de dunas, que se estendem na direção do leito. Há mudanças periódicas na região da desembocadura, associadas às descargas de água durante os períodos de maior concentração.

Figura 3. Mapa das Classificação no Índice (NDTI). Figuras A - Representa o ano de 2024 e Figura B- o ano de 2003



Fonte: Autores (2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso vital para estruturação, organização social e cultural no nordeste brasileiro. Além disso, é um recurso essencial para a manutenção de ecossistemas. O Rio Arrombado, único curso fluvial do município de Icapuí, é extremamente importante por contribuir de forma social, econômica e ambiental para o município. Perante isso, justifica-se a necessidade de compreensão desse ambiente, bem como estudos práticos e precisos para o monitoramento contínuo do corpo hídrico.

Diante do exposto, a utilização do sensoriamento remoto permitiu a análise da evolução do rio. O GEE demonstrou eficácia na aplicação do Índice de Turbidez por Diferença Normalizada, permitindo sua análise em uma escala temporal de 21 anos. Importante ressaltar que o estudo da turbidez da água deve se dar também através de amostras de água coletadas em campo e devidamente tratadas. No entanto, o objetivo do trabalho foi ressaltar a eficácia da técnica.

Portanto, a utilização do GEE em conjunto do índice espectral utilizado (NDTI) mostrou-se eficaz destacando a modificação do acúmulo de sedimentos e de água em períodos da quadra chuvosa do município. Além disso, foi possível observar também as modificações após a construção da barragem na foz do Rio Arrombado. Por fim, destacamos a importância da proteção deste recurso, além da relevância da análise da turbidez da água, visto que permite garantir o melhor uso e melhores práticas de manejo.

Palavras-chave: Drenagem, Assoreamento, Sensoriamento Remoto, Sentinel.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Tecnologia (CNPq) pela concessão de bolsas de iniciação científica. Agradecemos a Universidade Estadual do Ceará (UECE) e ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) por todo apoio, ensinamento e infraestrutura fornecida.

REFERÊNCIAS

- AMANI, Meisam et al. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 13, p. 5326-5350, 2020.
- BARROS, Eduardo Lacerda. Erosão costeira no litoral do município de Icapuí-Ce na última década: causas, consequências e perspectivas futuras. 2018.
- BID, Sumanta; SIDDIQUE, Giyasuddin. Identification of seasonal variation of water turbidity using NDTI method in Panchet Hill Dam, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 5, p. 1179-1200, 2019.
- CAI, Yaotong; SHI, Qian; LIU, Xiaoping. Spatiotemporal Mapping of Surface Water Using Landsat Images and Spectral Mixture Analysis on Google Earth Engine. **Journal of Remote Sensing**, v. 4, p. 0117, 2024.
- DA SILVA, J. L. B. et al. Inferência Exploratória de Dados Espaço-Temporal da Precipitação Pluviométrica no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2019-2036, 2020.
- GARG, Vaibhav et al. Spectral similarity approach for mapping turbidity of an inland waterbody. **Journal of hydrology**, v. 550, p. 527-537, 2017.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal. Fortaleza: IPECE, 2016.
- KOUADIO, Yves K. et al. Heavy rainfall episodes in the eastern Northeast Brazil linked to large-scale Ocean-atmosphere conditions in the tropical Atlantic. **Advances in Meteorology**, v. 2012, n. 1, p. 369567, 2012.
- LACAUX, J. P. et al. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. **Remote sensing of environment**, v. 106, n. 1, p. 66-74, 2007.
- LIU, Zhisong; CHEN, Yankun; CHEN, Chao. Analysis of the Spatiotemporal Characteristics and Influencing Factors of the NDVI Based on the GEE Cloud Platform and Landsat Images. **Remote Sensing**, v. 15, n. 20, p. 4980, 2023.
- MEIRELES, A. J. A.; SOUZA, W. F.; LIMA, A. P. S. Atlas Socioambiental. Fortaleza, CE: Fundação Brasil Cidadão, 2016.
- MONTERO, David et al. spectral: awesome spectral indices deployed via the Google Earth engine JavaScript API. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 48, p. 301-306, 2022.
- MORAIS, Jader Onofre de. Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. **Revista de Geologia**, v. 9, n. 191, p. 242, 1996.
- MORÁN-TEJEDA, Enrique et al. River regimes and recent hydrological changes in the Duero basin (Spain). **Journal of Hydrology**, v. 404, n. 3-4, p. 241-258, 2011.

PIZANI, Fernanda Mara Coelho; MAILLARD, Philippe. Um Índice de Turbidez para Águas Relativamente Claras. 2023.

SILVA, José de Arimatea da. Sistemas geoambientais prioritários para proteção, planejamento e gestão na planície costeira de Icapuí-CE. 2021.

SIMÕES, Juliana Marestoni et al. Uso de sensoriamento remoto no monitoramento de sólidos em suspensão do reservatório de uma usina hidrelétrica na transição Cerrado-Amazônia. 2021.

SINGH, Raj; SARITHA, Vara; PANDE, Chaitanya B. Monitoring of wetland turbidity using multi-temporal Landsat-8 and Landsat-9 satellite imagery in the Bisalpur wetland, Rajasthan, India. **Environmental Research**, v. 241, p. 117638, 2024.

SOARES, Keverson Assis. Diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente no baixo curso da bacia do rio arrombado no município de Icapuí (CE). 2020.

VIJAYAKUMAR, Shanmugam et al. Google Earth Engine: empowering developing countries with large-scale geospatial data analysis—a comprehensive review. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 17, n. 4, p. 139, 2024.

ZHAO, Qiang et al. Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 13, n. 18, p. 3778, 2021.