

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE TURBIDEZ DE DIFERENÇA NORMALIZADA (NDTI) PARA AVALIAÇÃO DO APORTE DE SEDIMENTOS NO RESERATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES-MG

Elisangela de **Araujo**¹, Rômulo Amaral Faustino **Magri**², Rodrigo César de Vasconcelos dos **Santos**³

(1 – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICT-Sorocaba), elisangela.araujo@unesp.br, <https://orcid.org/0000-0002-7715-2956>, 2- Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Instituto de Ciências do Mar, romulo.magri@unifesp.br, <https://orcid.org/0000-0002-9510-3330>, 3 - Universidade Federal de Viçosa - UFV, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, rodrigo.vasconcelos@ufv.br, <https://orcid.org/0009-0006-9452-8587>)

Resumo: A principal fonte geradora de energia elétrica no Brasil ocorre por meio da energia hidráulica, todavia, a construção de reservatórios artificiais para este fim, altera a estrutura de comunidades aquáticas, regime fluvial, qualidade da água e hidrodinâmica do transporte de sedimentos. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o aporte de sedimentos no Reservatório da Usina Hidrelétrica Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), no período seco e chuvoso, entre 2015 a 2023, por meio de técnicas de sensoriamento remoto com o uso do Índice de Diferença Normalizada de Turbidez (NDTI). A metodologia envolveu a aquisição de imagens de satélite, construção do índice espectral NDTI e sua avaliação. Os resultados demonstraram que o índice é efetivo na avaliação do aporte de sedimentos em corpos hídricos. No reservatório de Marechal Mascarenhas de Moraes, a ocorrência de águas turvas predomina nas áreas à leste e sul e um de seus tributários, o rio São João, apresentou significativa incidência de turbidez em dois anos do período chuvoso e um ano do período de seca. Observa-se que o carreamento de sedimentos para o reservatório se intensifica no período chuvoso, visto que, os maiores valores de turbidez foram encontrados nesse período, todavia, os valores se equiparam a alguns anos de estiagem.

Palavras-chave: Reservatórios artificiais. Turbidez. Sensoriamento remoto.

APPLICATION OF THE NORMALIZED DIFFERENCE TURBIDITY INDEX (NDTI) TO EVALUATE SEDIMENT INPUT IN THE MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES HYDROPOWER RESERVOIR, BRAZIL

Abstract: The primary source of electricity generation in Brazil is hydroelectric power. However, the construction of artificial reservoirs for this purpose alters aquatic community structures, river flow regimes, water quality, and the hydrodynamics of sediment transport. This study aimed to evaluate sediment input into the Marechal Mascarenhas de Moraes Hydroelectric Power Plant reservoir (MG) during both dry and rainy seasons, from 2015 to 2023, using remote sensing techniques based on the Normalized Difference Turbidity Index (NDTI). The methodology involved the acquisition of satellite imagery, development of the NDTI spectral index, and its subsequent analysis. Results demonstrated that the index is effective in assessing sediment input in aquatic environments. In the Marechal Mascarenhas de Moraes reservoir, turbid waters predominantly occurred in the eastern and southern areas. One of its tributaries, the São João River, exhibited significant turbidity in two rainy seasons and one dry season. Sediment transport into the reservoir was more intense during the rainy periods, as indicated by higher turbidity values, although in some dry years, turbidity levels were comparable.

Keywords: Artificial reservoirs. Turbidity. Remote sensing.

APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE TURBIDEZ DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDTI) PARA LA EVALUACIÓN DEL APOORTE DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MARECHAL MASCARENHAS DE MORAES, BRAZIL

Resumen: La principal fuente de generación de energía eléctrica en Brasil proviene de la energía hidráulica. Sin embargo, la construcción de embalses artificiales con este propósito altera la estructura de las comunidades acuáticas, el régimen fluvial, la calidad del agua y la hidrodinámica del transporte de sedimentos. El objetivo de este estudio fue evaluar el aporte de sedimentos en el embalse de la Central Hidroeléctrica Marechal Mascarenhas de Moraes (MG),

durante las estaciones seca y lluviosa, entre 2015 y 2023, mediante técnicas de teledetección utilizando el Índice de Diferencia Normalizada de Turbidez (NDTI). La metodología incluyó la adquisición de imágenes satelitales, la elaboración del índice espectral NDTI y su análisis. Los resultados demostraron que dicho índice es efectivo para evaluar el aporte de sedimentos en cuerpos de agua. En el embalse de Marechal Mascarenhas de Moraes, predominan aguas turbias en las zonas este y sur, y uno de sus afluentes, el río São João, presentó una incidencia significativa de turbidez en dos años del período lluvioso y en un año del período seco. Se observa que el transporte de sedimentos hacia el embalse se intensifica durante la temporada de lluvias, dado que los valores más altos de turbidez se registraron en ese período; no obstante, en algunos años de sequía, los valores fueron comparables.

Palabras clave: Embalses artificiales. Turbidez. Teledetección.

Introdução

No Brasil, as usinas hidrelétricas são a principal fonte geradora de energia elétrica, sendo cerca de 71% da matriz energética do país composta pela produção de energia hidráulica, enquanto que a média global é de aproximadamente 17%. Apesar de sua importância, a construção desses ambientes promove alterações na estrutura das comunidades aquáticas, no regime fluvial, na qualidade da água e na hidrodinâmica do transporte de sedimentos (Costa et al., 2022).

A alteração de um ambiente lótico para lântico devido ao represamento de rios para a geração de eletricidade, controle de vazão e/ ou armazenamento de água, modifica o regime hídrico dos corpos d'água, além de suas características químicas, físicas e biológicas (Ruocco, 2020).

A expansão urbana e as mudanças desordenadas no uso e ocupação da terra interferem na qualidade do meio ambiente. A alteração da paisagem tem influência direta nos recursos hídricos e na qualidade da água de uma bacia hidrográfica. O aumento dos sólidos em suspensão nos corpos hídricos, que ocasiona a turbidez, proporciona impactos negativos no ecossistema aquático, devido à sua interferência nos processos fotossintéticos e na cadeia trófica (Dezordi, 2020).

Nos últimos anos, o uso de técnicas e produtos do Sensoriamento Remoto (SR), baseado na reflectância da água e de imagens de satélite, têm-se mostrado vantajosas e efetivas na análise da qualidade da água, na avaliação da flora aquática e na concentração de sedimentos. O estudo da vegetação, do solo e da água pelo sensoriamento remoto óptico permite quantificar características desses alvos pelo uso de índices espectrais, os quais são variáveis adimensionais provenientes da reflectância espectral do elemento utilizando-se duas ou mais bandas (Jesus et al., 2023; Santos et al., 2023).

Em relação à disponibilidade de imagens, estas, podem ser adquiridas de diversos satélites, com diferentes resoluções espectrais, temporais e espaciais, tais como LANDSAT, SENTINEL, CBERS, etc.

A *Norway's International Climate and Forests Initiative* (NICFI), lançada em 2015, viabilizou o acesso a mosaicos elaborados com imagens do satélite *PlanetScope* para áreas tropicais ao redor do mundo. O principal propósito dessa iniciativa é mitigar a perda de florestas tropicais, combater as mudanças climáticas, preservar a biodiversidade e fomentar o desenvolvimento de produtos sustentáveis para usos não comerciais (Planet, 2023).

Os sensores presentes nestas plataformas artificiais captam a interação entre a radiação eletromagnética, que tem como fonte o Sol, e os objetos na superfície terrestre em distintas faixas do Espectro Eletromagnético (EEM), gerando imagens com canais de diferentes resoluções espectrais. O EEM é dividido em cinco regiões espectrais definidas como: visível (400 – 700 nm); infravermelho próximo (700 – 1.100 nm); infravermelho de ondas curtas (1.000 – 2.500 nm); infravermelho médio (2.500 – 7.500 nm); e infravermelho de ondas longas (7.500 – 14.500 nm) (Barbosa et al., 2019).

Esses diversos comprimentos de onda da Radiação Eletromagnética (REM) provocam comportamentos espectrais específicos nos distintos objetos da superfície, devido às suas características físicas, químicas e estrutura atômica (Padolfi et al., 2018). A análise da vegetação, do solo e da água por meio do Sensoriamento Remoto Óptico possibilita a avaliação quantitativa de características desses elementos mediante o uso de índices espectrais, os quais são métricas adimensionais derivadas da reflectância espectral do alvo, utilizando duas ou mais bandas (Jesus et al., 2023).

Os índices espectrais resultam de operações matemáticas entre os valores numéricos dos pixels das bandas de uma imagem por meio da combinação de canais espectrais, sendo empregados para indicar a presença, condição e vigor de determinado alvo (Jesus et al., 2023). Seu emprego possibilita a integração e combinação de diferentes parâmetros. As bandas referentes ao comprimento de onda do infravermelho, por exemplo, devido à sua associação com a emissão de calor, são amplamente utilizadas em trabalhos de Sensoriamento Remoto (Fitz, 2008).

Diversos são os índices espectrais e inúmeros são os seus usos, existem aqueles que possibilitam estudos sobre aspectos da vegetação, da água e sua qualidade, etc. O NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*) é útil em estudos que avaliam a turbidez em corpos hídricos. Esse índice varia de -1 a 1 e utiliza as bandas verde e vermelho, considerando que, para águas claras, a reflectância eletromagnética é maior na banda verde, enquanto que, para águas turvas, é maior na banda do vermelho (Oronoz, 2023). Um estudo realizado por Somvanshi et al. (2011) demonstrou que o uso do NDTI é eficaz na análise da qualidade da água e sua relação com a turbidez, por meio da comparação com dados *in situ*.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi aplicar Índice de Diferença Normalizada de Turbidez (NDTI) para avaliar o aporte de sedimentos no Reservatório da Usina Hidrelétrica Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), no período seco e chuvoso, entre os anos de 2015 a 2023. Além disso, pela capacidade do uso das informações geradas por meio da análise de dados espaciais em processos de tomadas de decisão, auxiliar na gestão e planejamento desses ambientes.

Material e métodos

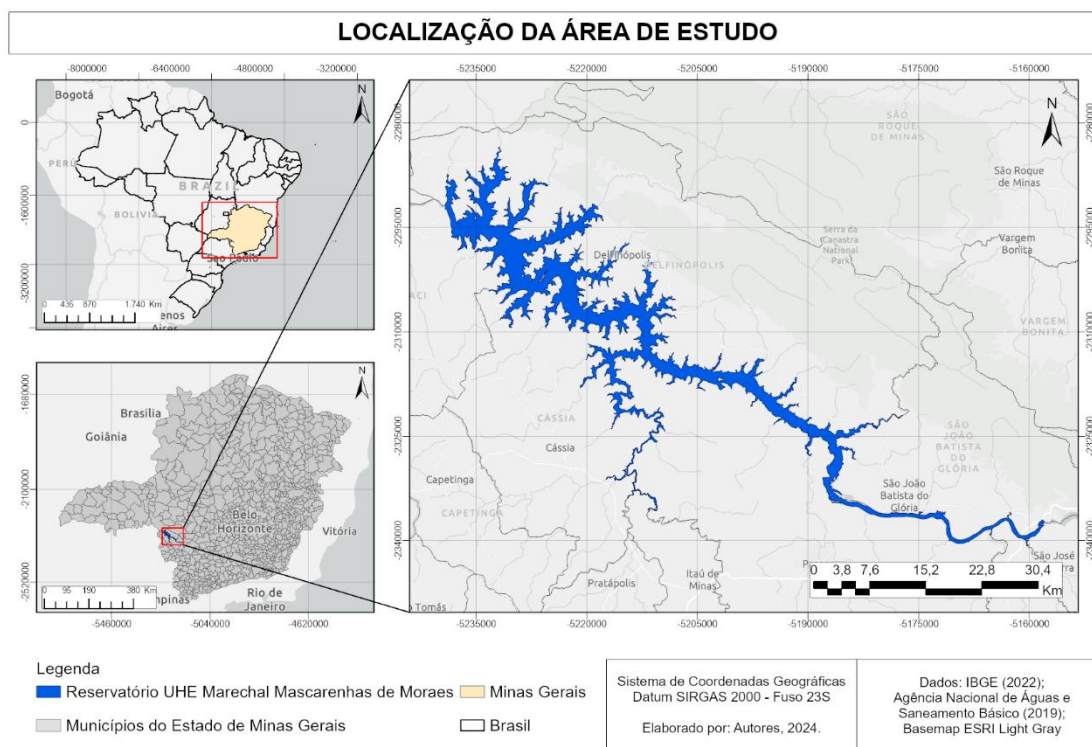
Área de estudo

O reservatório da Usina Hidrelétrica Marechal Mascarenhas de Moraes (Figura 1), que represa as águas do Rio Grande, pertencente à região hidrográfica do Rio Paraná, foi delimitado como a área de estudo desta pesquisa. Destaca-se que, o polígono do reservatório utilizado para a área de estudo foi obtido do catálogo de metadados da ANA que dispõe de dados sobre as

Usinas Hidrelétricas do Brasil

(<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b8f0487a-df73-4f8d-8b22bb49cf9f3683>).

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: os autores, 2024.

A UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, também conhecida como Peixoto, cuja barragem do tipo arco e gravidade situa-se no município de Ibiraci (MG), foi inaugurada em abril de 1957, entre as usinas de Furnas e Luiz Carlos Barreto de Carvalho e, sua represa, intersecta a área dos municípios de Alpinópolis, Cássia, Delmiópolis, Ibiraci, Itaipópolis, São João Batista do Glória e São José da Barra, e apresenta como principais tributários os seguintes rios e riachos: Ribeirão do Esmeril, Córrego da Onça, Ribeirão Grande, Rio São João, Ribeirão Bocaina, Ribeirão São Pedro, Ribeirão Cavalão, Ribeirão do Engano, Ribeirão Fumal, Ribeirão Bom Jesus, Ribeirão Cancan, Ribeirão Conquista e Ribeirão do Ouro (Branquinho et al., 2016; Memória da Eletricidade, 2023).

Mascarenhas de Moraes é um reservatório antigo localizado em uma região de grande uso e ocupação da terra, que contribui para aumento de problemas relacionados à poluição e assoreamento. Aliado a isto, tem-se diversas atividades desenvolvidas em relação direta com o reservatório, como a navegação, lazer, pesca, entre outros.

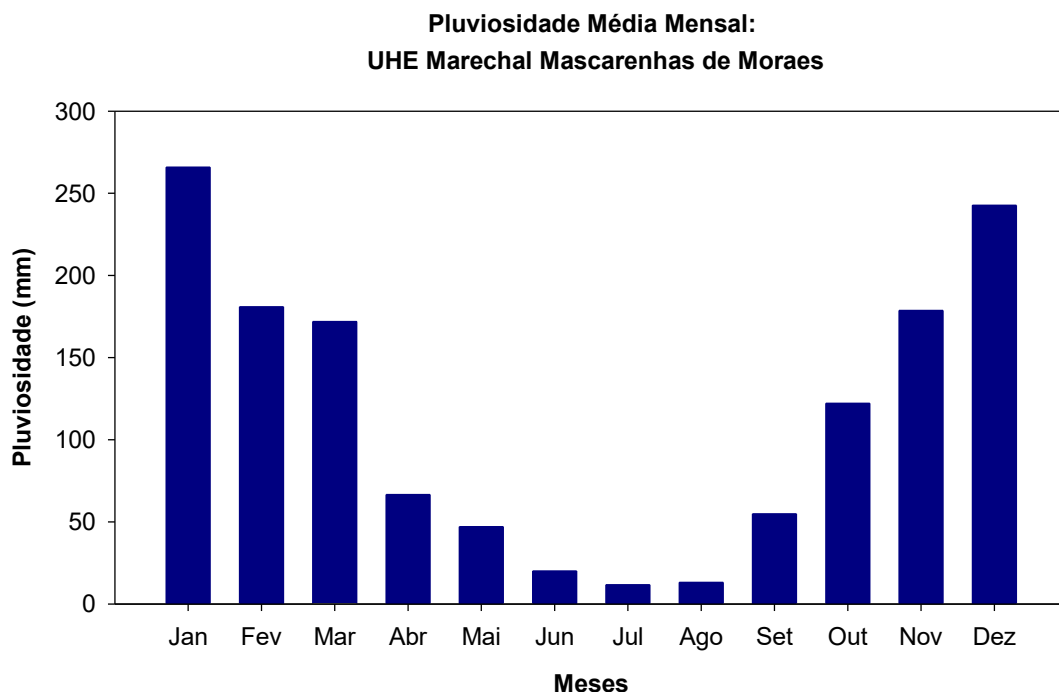
Aquisição das imagens de satélite

As utilizadas referem-se às imagens Planet, adquiridas utilizando o *Google Earth Engine* (GEE) após o cadastro na plataforma da *Norway's International Climate and Forests Initiative* (NICFI). Com o uso de filtros de data e localização foram obtidos mosaicos de imagens que compõem o reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, considerando épocas de cheia e de seca.

Os períodos de cheia e seca foram definidos considerando a média histórica da precipitação nos municípios que intersectam a área do reservatório (Figura 2). Nesse contexto, ressalta-se que, o período chuvoso considera os meses de outubro a janeiro, portanto, o período chuvoso de determinado ano começa em outubro deste mesmo ano e termina em março do ano subsequente; já o período seco ocorre entre os meses de abril a setembro. Observa-se que, os meses de maior pluviosidade se concentram no período de janeiro a março e outubro a dezembro, com chuvas que variam entre 122,2 mm a 265,9 mm, enquanto que o período de estiagem ocorre entre os meses de abril a setembro, com pluviosidade média entre 11,7 mm a 66,6 mm.

Em relação aos mosaicos de imagem, estes, são gerados e disponibilizados para download através da plataforma da NICFI, advindos constelação *PlanetScope*, capturado pelo sensor *Dove CubeSats*. Os usuários podem se cadastrar na plataforma e acessar as informações gratuitamente, com a condição de utilização para fins não lucrativos. Além disso, recentemente, em parceria com a Google, tornou-se possível utilizar o produto através do catálogo de dados do *Google Earth Engine* (GEE) (Vizzari, 2022). Na Tabela 1 são apresentadas as características desse satélite.

Figura 2 – Pluviosidade média mensal dos últimos 10 anos no entorno do reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes



Fonte: os autores, 2024.

Tabela 1. Principais características do satélite *PlanetScope*

ÁREA	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL
Regiões tropicais globais	4,77 m	R: <i>red</i>	Dezembro (2015) – Agosto (2020): bianual Setembro (2020) – Atual: mensal
		G: <i>green</i>	
		B: <i>blue</i>	
		N: <i>near-infrared</i>	

Fonte: Planet, 2023.

Considerando à disponibilidade dos mosaicos, a análise para o período chuvoso ocorreu de 2015 a 2022, enquanto que para o período seco foi avaliado os anos de 2016 a 2023 (Quadro 1).

Quadro 1 - Datas de aquisição das imagens de satélite utilizadas no estudo

PERÍODO SECO	PERÍODO CHUVOSO
-	Dezembro/ 2015
Junho/ 2016	Dezembro/ 2016
Junho/ 2017	Dezembro/ 2017
Junho/ 2018	Dezembro/ 2018
Junho/ 2019	Dezembro/ 2019
Setembro/ 2020	Março/ 2021
Setembro/ 2021	Março/ 2022
Setembro/ 2022	Março/ 2023
Agosto/ 2023	-

Fonte: Os autores, 2024.

Índice de Turbidez de Diferença Normalizada (NDTI)

Após a aquisição das imagens, o NDTI foi calculado também no ambiente do GEE, seguindo o proposto por Lacaux et al. (2007), conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Equação para cálculo do NDTI

ÍNDICE ESPECTRAL	EQUAÇÃO	ESCALA DE VARIAÇÃO	AUTOR
NDTI	$NDTI = \frac{RED - GREEN}{RED + GREEN}$	-1 a +1	Lacaux; Tourre; Vignolles; Ndione; Lafaye, 2007.

Fonte: os autores, 2024.

Considerando que as áreas adjacentes ao reservatório (margens) incluem trechos de solo exposto, que poderiam gerar incertezas nos resultados, foi aplicado um buffer invertido de 60 metros ao seu limite, com o objetivo de remover estas áreas e preservar ao máximo somente a presença de água na análise.

Resultados e discussão

Os resultados encontrados apontam variações sazonais significativas no aporte de sedimentos no Reservatório da Usina Hidrelétrica Marechal Mascarenhas de Moraes, conforme avaliado pelo Índice de Diferença Normalizada de Turbidez (NDTI). Espacialmente, observa-se que a ocorrência de localidades com valores significativos do NDTI incide em sua maioria

nas porções sul e leste do reservatório, a montante da barragem. Esse mesmo padrão, foi observado no trabalho de Santos et al. (2023), em que puderam observar que, as porções próximas a localidade da barragem, com maiores profundidades do reservatório, exibiram menores valores de NDTI, enquanto que, a maior quantidade de sedimentos em suspensão foi observada na porção a montante do reservatório.

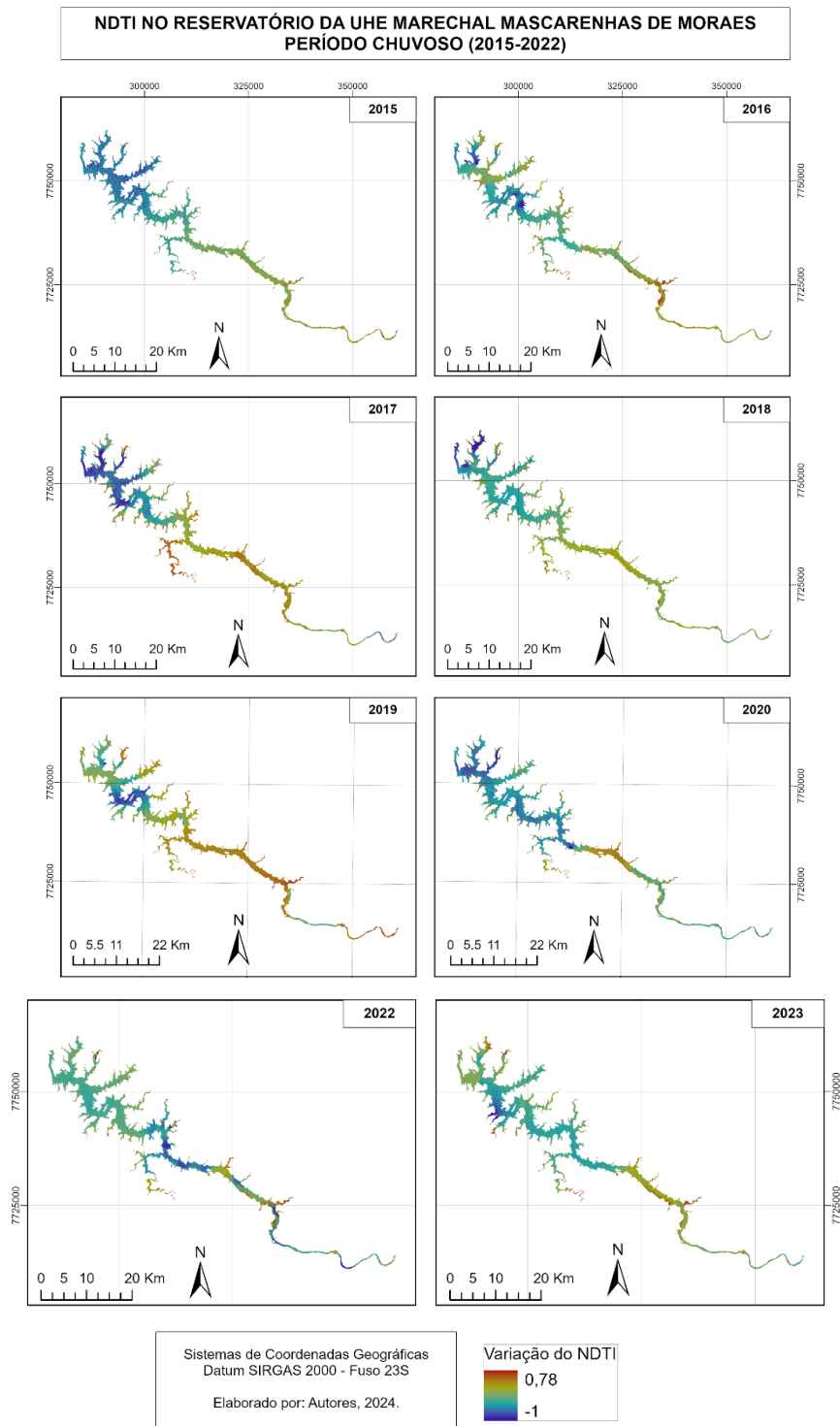
As Figuras 2 e 3 mostram a variação do Índice de Turbidez de Diferença Normalizada no reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, no período chuvoso e seco, respectivamente.

Durante o período de cheias, caracterizado pelas estações chuvosas, observou-se uma variabilidade no NDTI com valores variando entre -1 a 0.78. Os anos de 2015, 2020, 2021 e 2022 apresentaram os maiores registros desse índice durante este período, com valores iguais a 0.78, 0.72, 0.70 e 0.66, respectivamente. Por outro lado, na época de estiagem, representativa das estações secas, os maiores registros aconteceram em 2017, 2020, 2021, 2022 e 2023, com valores de 0.76, 0.58, 0.64, 0.66 e 0.76, respectivamente.

Santos et al. (2023), demonstraram que no mês de maio e setembro, que representam o fim e o início do período chuvoso, respectivamente, exibiram os valores mais altos, entre 0 e 0.3.

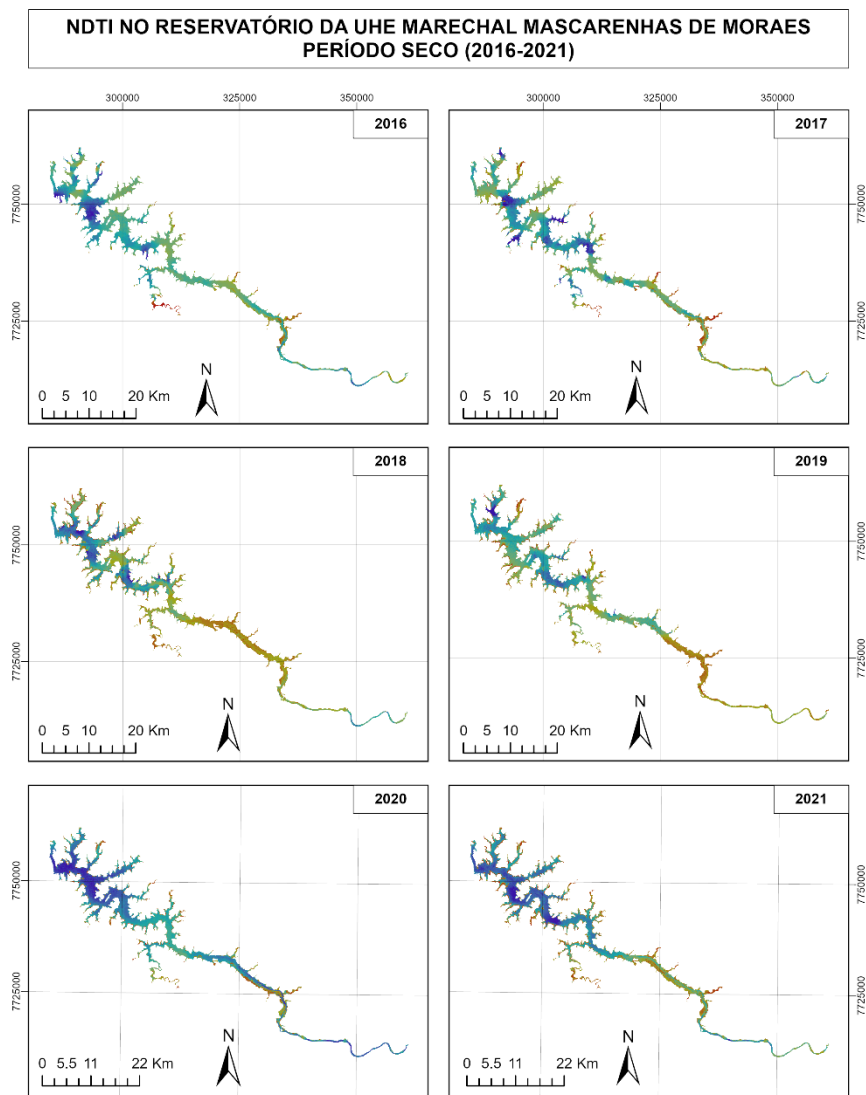
Essas variações sazonais nos valores do NDTI podem ser atribuídas a uma série de fatores, incluindo padrões de precipitação (Zhang et al., 2020), erosão do solo, uso da terra na bacia hidrográfica e práticas de manejo da terra (Jiang & Huang, 2021). Em relação à precipitação, pode-se afirmar que no entorno do reservatório em estudo, durante os períodos chuvosos ocorre um aumento na erosão do solo devido ao escoamento superficial (Magri, 2013), levando a uma maior carga de sedimentos transportados para o reservatório.

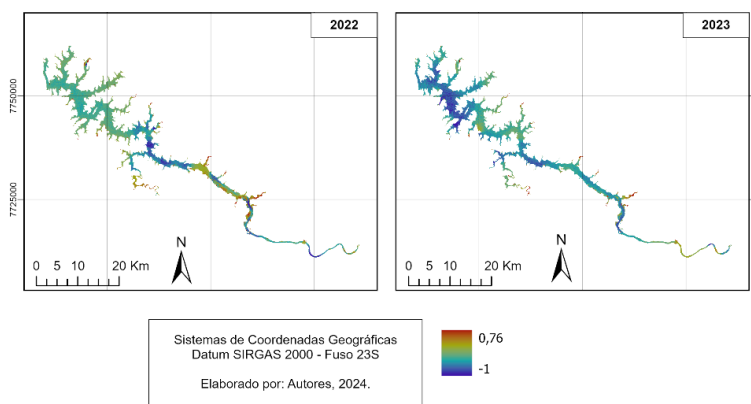
Figura 3. Índice de Turbidez de Diferença Normalizada no reservatório da Usina Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), no período chuvoso (2015-2022)



Fonte: os autores, 2024.

Figura 4. Índice de Turbidez de Diferença Normalizada no reservatório da Usina Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), no período seco (2016-2023)





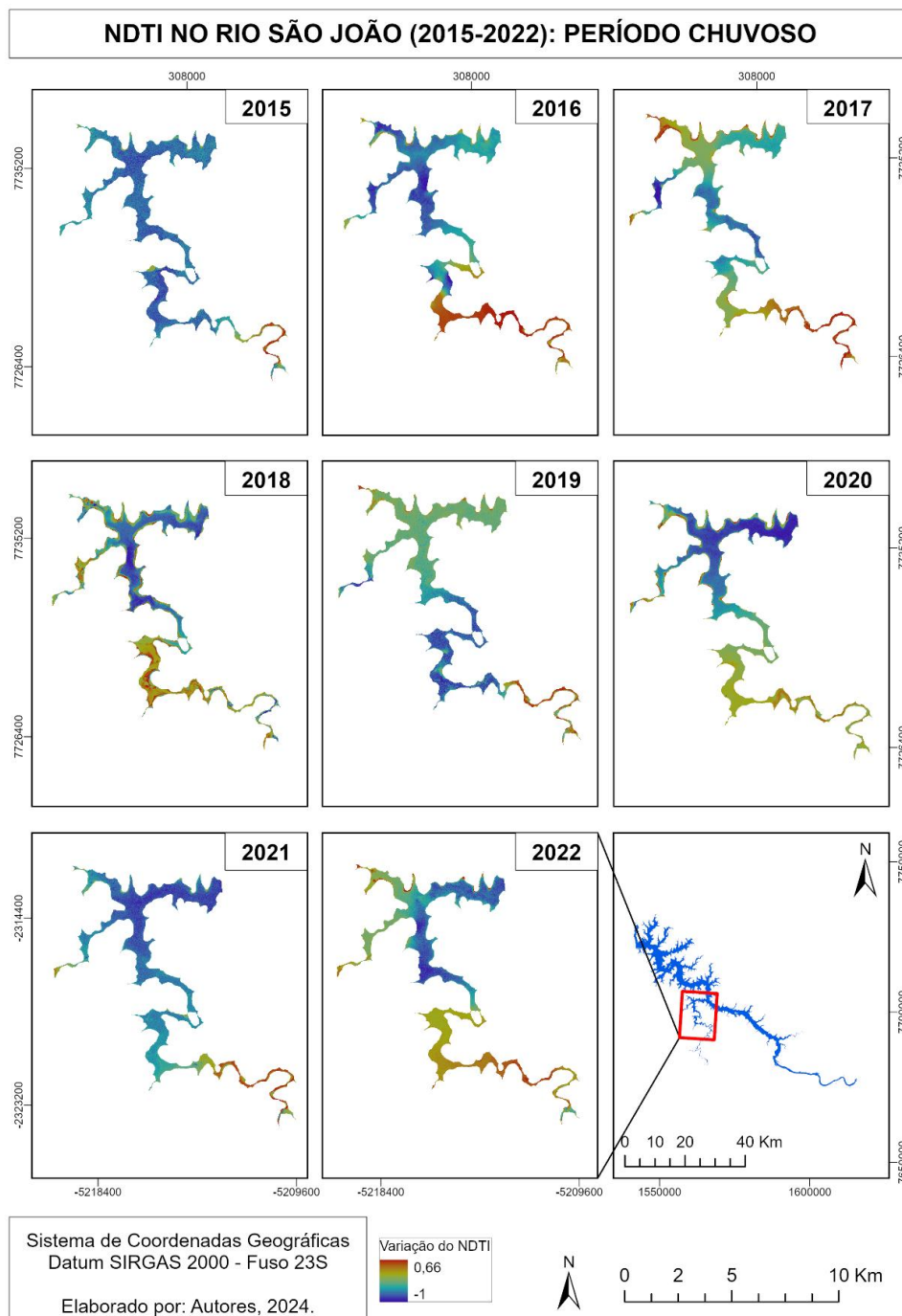
Fonte: os autores, 2024.

Por outro lado, durante os períodos de estiagem, os valores mais altos do NDTI podem ser resultado da concentração de sedimentos remanescentes nas margens do reservatório devido à diminuição do fluxo de água e à sedimentação (Guo & Wang, 2018). Além disso, a distribuição espacial dos valores significativos do NDTI nas porções sul e leste do reservatório indicam áreas mais suscetíveis à erosão ou influência de fontes de sedimentos específicas, como atividades agrícolas, minerárias e supressão vegetal, como é o caso do Rio São João, tributário do reservatório situado na porção sul, cuja bacia apresenta tais atividades, conforme apontou Jacó (2019).

As Figuras 4 a 5 exibem o tributário fluvial (braço de rio) Rio São João, pertencente à hidrografia que compõe o Reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes. Na análise realizada é possível verificar os impactos gerados pela falta da conciliação entre uso e cobertura da terra no entorno de um reservatório artificial e as alterações provenientes da transformação de um ambiente lótico para lêntico em relação ao aporte de sedimentos (Vörösmarty et al., 2002), ao exibirem altos valores de turbidez no período analisado.

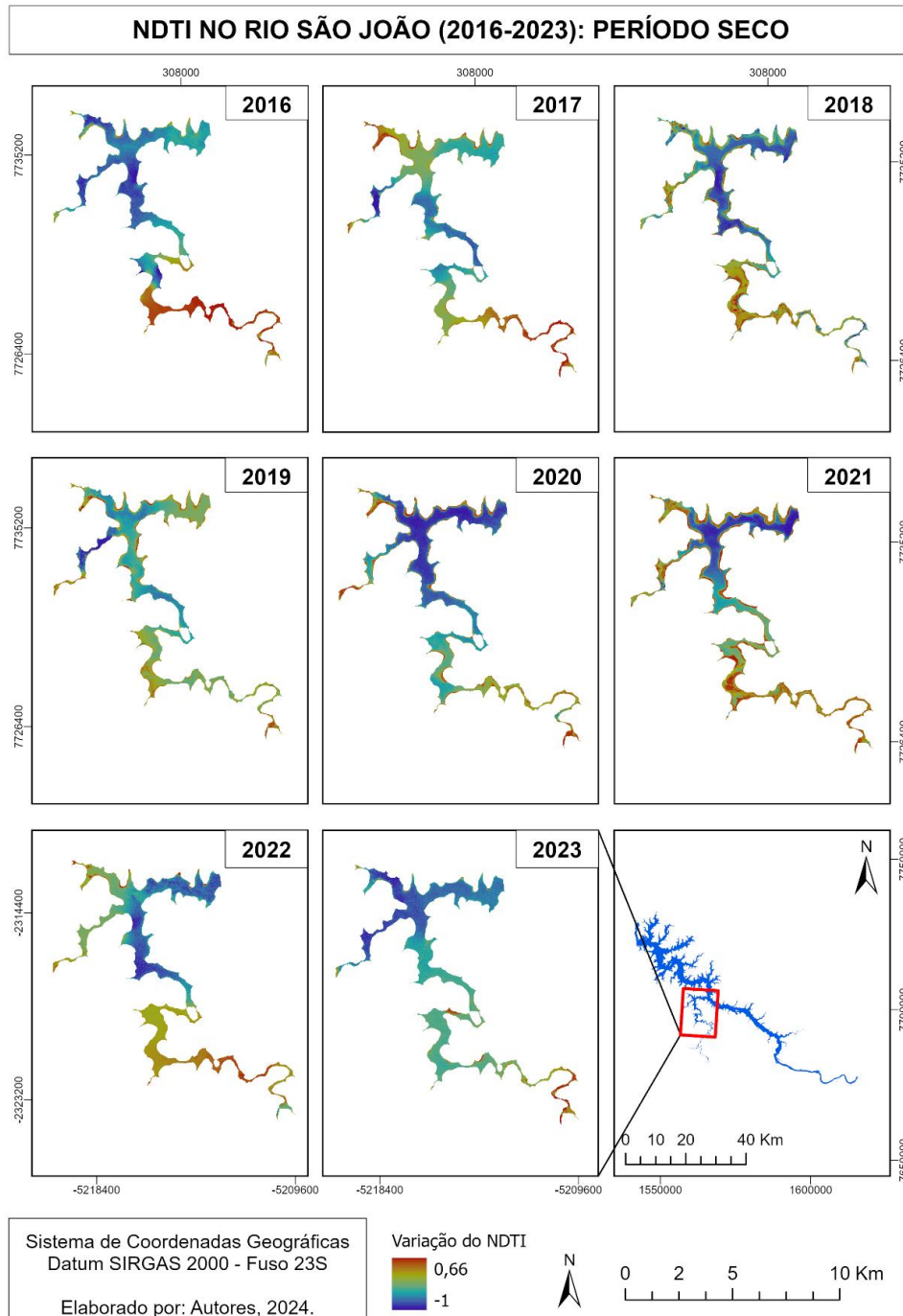
No período chuvoso, observou-se que os maiores registros do NDTI no Rio São João ocorreram em apenas dois anos, 2021 e 2022, com valores de 0.53 e 0.66, respectivamente. O ano de 2015 apesar de ter apresentado um dos menores valores entre o período analisado (0,20), exibiu manchas de turbidez em toda área superficial do rio. No entanto, no geral, os anos de cheia apresentaram valores baixos de NDTI, com variação entre 0.16 e 0.30.

Figura 5. Índice de Turbidez de Diferença Normalizada no tributário Rio São João do reservatório da Usina Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), período chuvoso (2015-2022)



Fonte: os autores, 2024.

Figura 6. Índice de Turbidez de Diferença Normalizada no tributário do reservatório da Usina Marechal Mascarenhas de Moraes (MG), Rio São João, no período seco (2016-2023)



Fonte: os autores, 2024.

Na época de seca, o maior valor de NDTI foi apenas registrado no ano de 2022, com valor igual a 0.66, enquanto no restante do período os valores mantiveram-se constantes entre 0.18 e 0.33.

Nota-se, portanto, que no período de cheia há um maior carregamento de sedimentos para o curso d'água, que embora ocorra de maneira natural, sofre influência significativa pela presença de atividade antrópica, que promove o aumento dos processos erosivos.

O estudo realizado por Shen et al. (2021) exibe uma correlação entre a turbidez, a precipitação e o escoamento superficial. Neste, os autores observaram uma forte e positiva correlação entre os valores de turbidez e precipitação.

A bacia hidrográfica Rio São João destaca-se pela presença de empreendimentos de extração de diversos tipos de minérios, como por exemplo, a extração de areia. O processo de mineração gera efluentes que ao serem descartados de maneira inadequada podem causar diversos danos ao ecossistema, além disso, a extração de areia, embora não gere efluentes com elevado teor de nutrientes, acarreta no aumento de turbidez do corpo hídrico.

A mineração, embora seja um dos setores básicos para a economia por proporcionar ampliação da geração de serviços e crescimento econômico, também deve se dedicar às responsabilidades socioambientais nas comunidades onde ocorre a extração. O estudo de Costa (2023), demonstrou aumento na turbidez, assoreamento e na concentração de elementos químicos nas águas em localidades onde foram iniciados processos de extração de areia em cavas submersas.

O estudo de avaliação da qualidade da água realizado por França e Sá (2012), considerando o trecho do Rio São João, no município de Fortaleza de Minas, exibiu que o corpo hídrico apresenta alta influência das ações antrópicas, caracterizado como receptor de resíduos, esgotos domésticos e industriais e ausência de mata ciliar conservada. De acordo com os autores, no Rio São João a cor aparente foi de 133 UC e a turbidez apresentou valores de 22,8 UT, que apesar da influência da mineração, também decorre das características físicas do solo da bacia com elevado teor de Silte, carregado devido ao desprovimento de mata ciliar e processos erosivos.

Conclusão

- O uso do Índice de Diferença Normalizada de Turbidez (NDTI) na avaliação do aporte de sedimentos em um corpo hídrico mostrou-se efetivo, visto que, foi possível verificar variações quanto à ocorrência de turbidez no reservatório considerando distintos períodos de chuvas.
- Os resultados indicaram que no reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes a ocorrência de águas turvas ocorre com predominância nas áreas à leste e sul do reservatório, tanto no período chuvoso quanto seco, com registros que variam de -1 a 0.78. Além disso, observa-se que, independentemente de alto ou baixo regime de chuvas, a turbidez se mantém com valores altos, visto que, na época chuvosa o valor máximo foi de 0.78 e, de 0.76 na estiagem.
- Em relação ao tributário Rio São João, localidade com significativa incidência de turbidez, notou-se registros significativos no período chuvoso, com altos valores nos anos de 2021 e 2022 (0.53 e 0.66, respectivamente).
- Na época de estiagem, os valores mantiveram-se constantes, apresentando valor elevado apenas no ano de 2022. Essa ocorrência demonstra que o processo de carreamento de sedimentos para o curso d'água torna-se mais recorrente na época chuvosa, por meio aumento de processos erosivos por ação de maior escoamento superficial e também pela fragilidade da cobertura vegetal ao longo do reservatório, como observado no estudo de França e Sá (2012).
- Dessa forma, faz-se necessário estudos hidrossedimentológicos no reservatório e no Rio São João, devido aos altos valores de turbidez identificados no tributário, como meio para compreender seus impactos para o ecossistema aquático e para a população local. Além disso, observa-se a possibilidade de avaliar os usos e cobertura da terra presentes no entorno do reservatório que podem contribuir para esse cenário.

Referências

Barbosa, C. F., Novo, E. M. L. M., & Martins, V. S. (2019). *Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações* (1ª ed., p. 178). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

- Branquinho, A. R., Bertelli, C., & Machado Neto, A. J. (2016). Usina hidrelétrica “Mascarenhas de Moraes”: O esvaziamento do reservatório no ano de 2014 e os impactos socioeconômicos e ambientais. In C. Bertelli, B. Fadel, F. M. Sant’anna & I. S. P. Niccioli (Eds.), *Anais do I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande* (pp. 61–72). Ecoplans. <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-SMG/17402/livro-i-srh-versao-online-1.pdf>
- Costa, P. da, Barroso, G. R., Oliveira, K. L. de, Sartling, M. C. V., & Oliveira, S. (2022). Dinâmica espaçotemporal da qualidade das águas superficiais de dois grandes reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27 (5), 893–907. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220210233>
- Costa, W. R. R. da. (2023). *Impactos sociais, econômicos e ambientais da extração de areia natural: Uma revisão com enfoque na região sudeste do Brasil*. [Monografia de Bacharelado, Universidade Federal de Ouro Preto]. Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso. <https://monografias.ufop.br/handle/35400000/6277>
- Dezordi, R. (2020). *Análise espacial da turbidez no compartimento aquático São Francisco Verdadeiro, reservatório de Itaipu, PR*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria]. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSM_2266b91cb8fb87f40b63af99da9047c9
- Fitz, P. R. (2008). *Geoprocessamento sem complicação*. Oficina de Textos.
- França, N., & Sá, O. R. de. (2012). Avaliação da qualidade da água do rio São João no município de Fortaleza de Minas, Minas Gerais – MG. In O. R. de Sá (Ed.), *Bacia hidrográfica: Estudos do Rio Grande no Sudoeste de Minas Gerais – Brasil* (Cap. 11, pp. 183–194). Edifesp.
- Gelain, B. P. (2022). *Índices espectrais e padrões nos lagos costeiros, litoral norte – RS*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. LUME Respositório Digital. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/245547>
- Guo, X., & Wang, H. (2018). Impacts of human activities and climate variability on sediment discharge in a highly regulated river basin, Southeast China. *Science of The Total Environment*, 625, 1522–1534.

- Jacó, A. P. (2019). *Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio São João (MG) como subsídio à gestão dos recursos hídricos* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional UFSCar. <https://repositorio.ufscar.br/items/1071fea7-1cb3-424b-89ae-8a2592396b36>
- Jesus, J. B. de, Souza, B. B. de, & Gama, D. C. (2023). Relação entre condição hídrica e formações vegetacionais nativas por meio de índices espectrais. *Caminhos de Geografia*, 24 (91), 322–332. <https://doi.org/10.14393/RCG249161230>
- Jiang, Z., & Huang, Q. (2021). Effects of land use/land cover changes on sediment yield in a mountainous catchment, China. *Science of The Total Environment*, 770, 145400.
- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M. (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley fever epidemics in Senegal. *Remote Sensing of Environment*, 106 (1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.07.012>
- Magri, R. A. F. (2013). *Análise da suscetibilidade à erosão da região do Médio Rio Grande (MG)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-28082013-091459/pt-br.php>
- Memória da Eletricidade. (n.d.). *Banco de usinas: Usina Hidrelétrica Mascarenhas de Moraes*. <https://memoriadaeletricidade.com.br/acervo/@id/32344#:~:text=A%20primeira%20unidade%20geradora%20da,Usina%20Marechal%20Mascarenhas%20de%20Moraes>.
- Oronoz, V. N. (2023). *Evaluación de algoritmos de aprendizaje automático para la determinación de parámetros de calidad del agua mediante teledetección* [Dissertação de Mestrado, Universitat Oberta de Catalunya]. Repositório Institucional. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/147355?locale=es>
- Padolfi, A. S., Ramaldes, G. P., & Santos, O. L. dos. (2018). Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por VANT. *Revista Científica da FAESA*, 14 (1), 145–165. <https://doi.org/10.5008/1809.7367.143>
- Planet. (n.d.). *Norway's international climate and forests initiative satellite data program*. <https://www.planet.com/nicfi/>
- Ruocco, A. M. C. (2020). *Impacto do deplecionamento artificial do nível d'água de um reservatório tropical sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. [Tese de

- Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”]. Repositório Institucional UNESP. <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/4e9f102c-7443-45f0-9eed-92032bda911c>
- Santos, E. V. R. dos, Silva, I. de S., Nascimento, D. T. F., & Luz, M. P. da. (2023). Application of spectral indexes in the evaluation of sediment input to the reservoirs of the Itumbiara and Batalha hydroelectric power plants (Brazil). *Agua y Territorio/Water and Landscape*, 23, e7205.
- Shen, M., Wang, S., Li, Y., Tang, M., & Ma, Y. (2021). Pattern of turbidity change in the middle reaches of the Yarlung Zangbo River, Southern Tibetan Plateau, from 2007 to 2017. *Remote Sensing*, 13 (2), 182. <https://doi.org/10.3390/rs13020182>
- Somvanshi, S., Kunwar, P., Singh, N. B., & Kachwaha, T. S. (2011). Water turbidity assessment in part of Gomti River using high resolution Google Earth’s QuickBird satellite data. *Geospatial World Forum* (pp. 18–21). <https://geospatialworld.net/gwf/2011/proceeding/pdf/Shivangi.pdf>
- Vizzari, M. (2022). Planetscope, Sentinel-2, and Sentinel-1 data integration for object-based land cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 14 (11), 1–19. <https://doi.org/10.3390/rs14112628>
- Vörösmarty, C. J., Meybeck, M., Fekete, B., Sharma, K., Green, P., & Syvitski, J. P. (2003). Anthropogenic sediment retention: Major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change*, 39 (1–2), 169–190. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00023-7)
- Zhang, Y., Zhang, Y., & Zhang, C. (2020). Spatiotemporal patterns of sediment yield and sediment concentration in the Yellow River Basin. *Journal of Hydrology*, 583, 124636.

Publisher: Universidade Federal de Jataí. Instituto de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFJ. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuições dos autores: Elisângela de Araujo: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Escrita – rascunho original; Edição do artigo. Rômulo Amaral Faustino Magri:

Conceituação, Análise formal de dados e revisão da escrita; Validação, Coordenação de Projeto de Pesquisa. Rodrigo César de Vasconcelos dos Santos: Análise formal de dados e revisão da escrita; Validação. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais da Geoambiente On-line.

Agradecimentos: Ao Programa Institucional de Apoio à Pesquisa (PAPq/UEMG), edital 11/2022, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica e Bolsa de Professor Orientador (BPO).

Financiamento: Programa Institucional de Apoio à Pesquisa (PAPq/UEMG).

Conflito de interesse: Os autores declaram que não possuem interesses financeiros ou não financeiros relevantes relacionados a este trabalho.