



## ANÁLISE DO ASSOREAMENTO E DINÂMICA DOS BANCOS DE AREIA NO LEITO DO RIO ARAGUAIA: POSSIBILIDADES A PARTIR DO USO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL E *MACHINE LEARNING*

Izaias de Souza Silva, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,  
[izaiasdesouzasilva.inpe@gmail.com](mailto:izaiasdesouzasilva.inpe@gmail.com)

Jaqueline Pereira Evangelista, Universidade de Brasília,  
[jaquelineevangelista@gmail.com](mailto:jaquelineevangelista@gmail.com)

Ulisses Costa de Oliveira, Universidade Federal do Ceará,  
[ucoliveira@msn.com](mailto:ucoliveira@msn.com)

### Resumo

A presente pesquisa teve por objetivo analisar a evolução dos bancos de areia, e sua dinâmica, em um trecho do Rio Araguaia, na divisa dos estados: Goiás e Mato Grosso, nos anos de 2016 a 2021. À análise da evolução dos bancos de areia e sua quantificação nas respectivas janelas de tempo, considerando a área em estudo, foi feita mediante o Processamento Digital de Imagens de satélite de alta resolução espacial (10 m) e aplicação de algoritmo de *machine learning*. Os resultados da pesquisa mostram que, associada à dinâmica das atividades antrópicas no contexto da bacia hidrográfica do Rio Araguaia, há também nos últimos anos, uma dinâmica inerte aos bancos de areia ao longo do Rio Araguaia, sendo que, no contexto da área em estudo, entre 2016 e 2021, o valor referente a área média dos bancos de areia é de aproximadamente 1120 m<sup>2</sup>, o que significa um valor expressivo.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto Orbital, Monitoramento, Rio Araguaia.

### 1. Introdução

O monitoramento sistemático dos ecossistemas tem se constituído, historicamente, como sendo uma atividade de extrema importância ao planejamento ambiental e territorial, podendo subsidiar diretamente as tomadas de decisões e a implementação de políticas públicas (NOVO, 2010; MENEZES e ALMEIDA, 2012; MEDEIROS e SOUZA, 2015). Nesta perspectiva, o Sensoriamento Remoto Orbital, a partir do levantamento e disponibilização de dados da superfície terrestre, têm contribuindo significativamente com a modelagem espacial e temporal dos fenômenos que ocorrem nas paisagens e, sobretudo, na compreensão dos processos que atuam no sentido de sua transformação, sejam eles decorrentes de fenômenos naturais ou promovidos pelas atividades desenvolvidas pelos seres humanos (ELLIS e PONTIUS, 2007).



No que diz respeito aos recursos hídricos, entende-se que a gestão eficiente está associada, dentre outros fatores, ao monitoramento não só em termos de quantidade, mas principalmente, em termos de qualidade, o que reforça a importância da compreensão dos processos que implicam sob ambas perspectivas (KNIGHTON, 1998). Amplamente utilizados em diversas áreas do conhecimento, os dados provenientes de Sensoriamento Remoto Orbital se apresentam como sendo uma das tecnologias mais promissoras para o monitoramento dos recursos hídricos, sendo cada vez mais implementados, testados e melhorados a partir de diferentes aportes teórico-metodológicos (LIBOS, 2002; NOVO, 2007; RUDORFF *et al.*, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2017; VIABHAV *et al.*, 2020, CONDEÇA *et al.*, 2021).

Tendo em vista esses aspectos, o estudo que ora-se apresenta, caracterizado como sendo de nível exploratório-descritivo, teve como principal objetivo implementar técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite, sob imagens de satélite de alta resolução espacial, disponibilizadas gratuitamente; com ênfase na análise da dinâmica dos depósitos de sedimentos – denominados aqui como bancos de areia – em um trecho do Rio Araguaia, na divisa entre os estados: Goiás e Mato Grosso. Os bancos de areia são concebidos e descritos como sendo acúmulos ou depósitos de sedimentos ao longo do leito de um rio, evidenciando processos como, sedimentação ou assoreamento (TUCCI, 2005), sendo a compreensão desses processos de extrema importância para gestão eficiente dos recursos hídricos, assim como a implementação de práticas conservacionistas no contexto regional.

Os bancos de areia resultam de diversos fatores, desde aqueles associados às condições da dinâmica geomorfológica e sedimentar, que por sua vez são inerentes aos fatores físicos-ambientais que compõem e caracterizam a respectiva bacia hidrográfica; àqueles associados a dinâmica dos impactos socioambientais advindos, historicamente, das diferentes atividades humanas implementadas também no contexto da respectiva bacia hidrográfica, dentre as quais merecem destaque o desmatamento, a dinâmica da ocupação e uso da terra, e as atividades extrativas minerais, por serem atividades que apresentam uma forte relação com a deflagração de processos erosivos e, conseqüentemente, com o aporte e transporte de sedimentos (BAYER e CARVALHO, 2008).

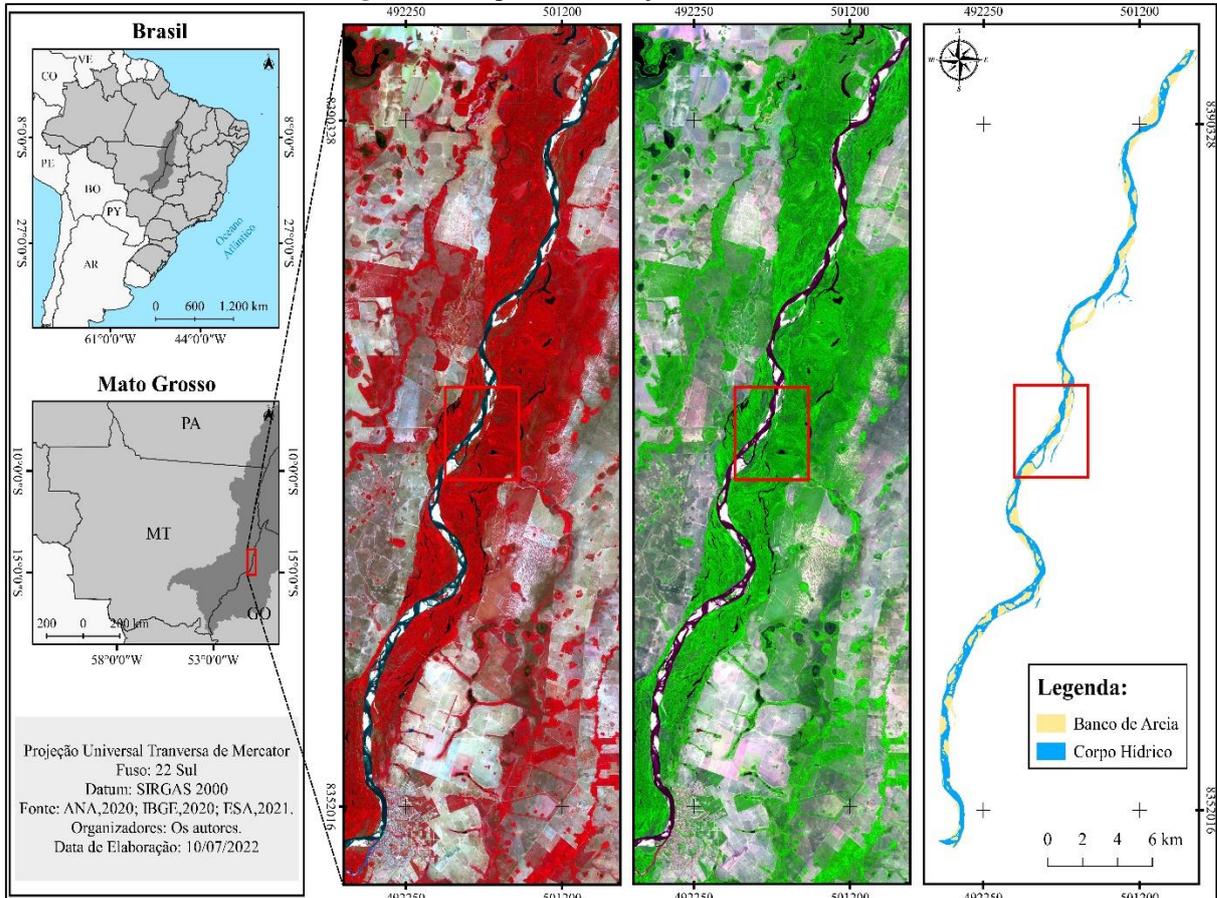


## 2. Metodologia

### 2.1 Contextualização da área em estudo

O Rio Araguaia está situado na porção central do território brasileiro, possui aproximadamente 2.628 km de extensão, compreendendo um dos maiores rios país, e assim como todos os outros, possui extrema importância para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, dinâmica da biodiversidade, e mesmo, desenvolvimento de importantes atividades socioeconômicas. Nesse sentido, na presente pesquisa, a área em estudo compreende um trecho de aproximadamente 51 Km de extensão do Rio Araguaia, no contexto da na divisa do estado de Goiás com o estado de Mato Grosso, como pode-se observar na Figura 1.

**Figura 1** – Mapa da localização da área em estudo.

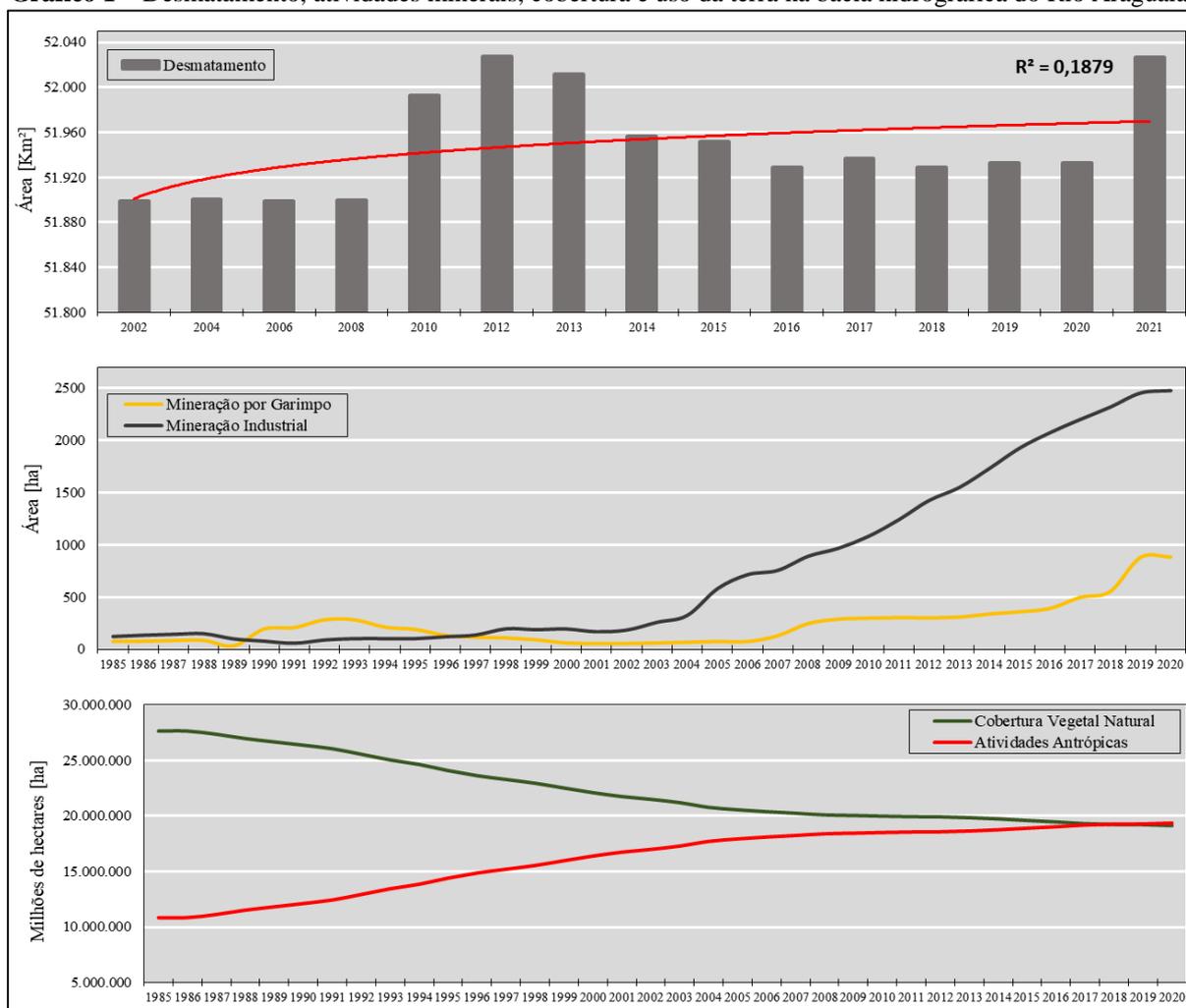


Org.: Os autores da pesquisa.



A partir da década de 1950, com o avanço da fronteira agrícola na porção centro-norte do território brasileiro, especialmente, nos domínios do bioma Cerrado; a bacia hidrográfica do Rio Araguaia passou a conhecer rápidas e significativas mudanças na cobertura e uso da terra (Gráfico 1), com um intenso processo de supressão da cobertura vegetal natural para incorporação de atividades agropastoris (SANO *et al.*, 2010; LIMA e SILVA, 2008; CASTRO, 2005). Historicamente, esse processo culminou em sérias consequências sob os seus recursos hídricos, especialmente o Rio Araguaia, impactado com o assoreamento (BAYER, 2002, 2010).

**Gráfico 1** – Desmatamento, atividades minerais, cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Araguaia.



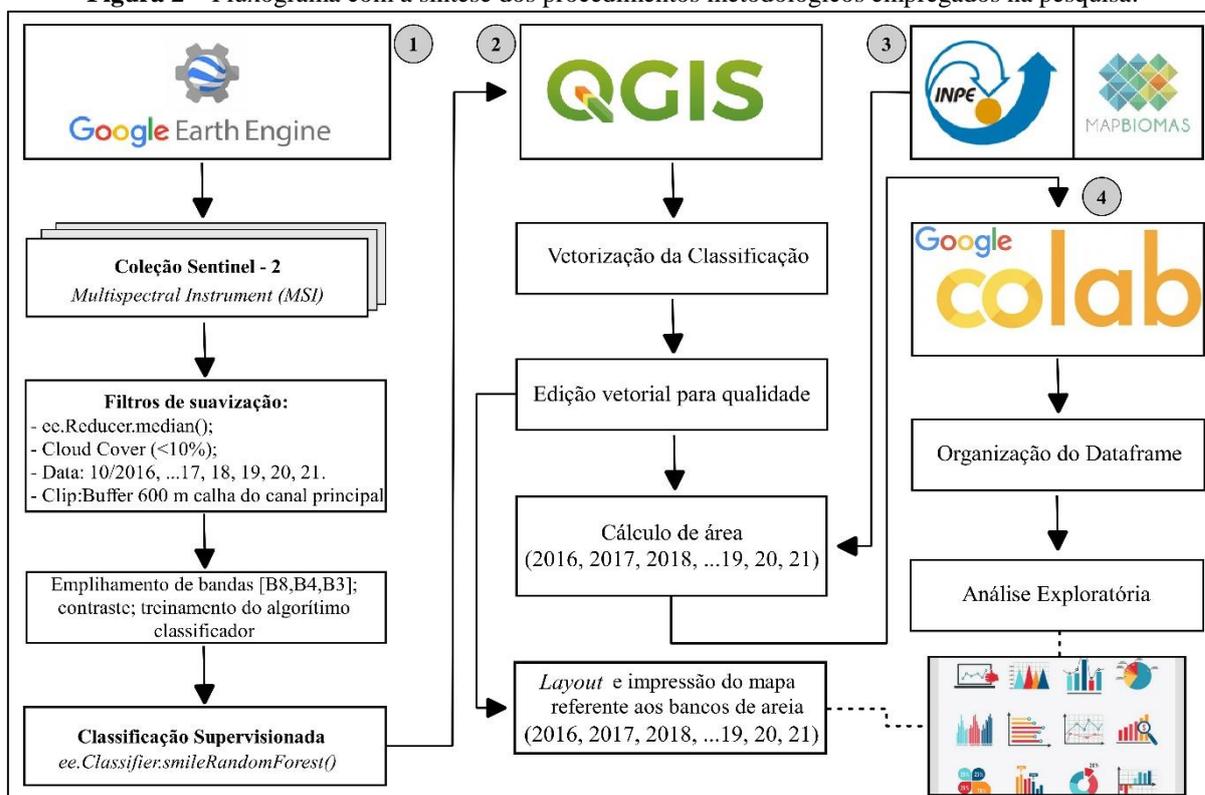
Fonte: INPE (2022); MapBiomas (2022); Org.: Os autores da pesquisa.



## 2.2 Aporte metodológico

A metodologia da pesquisa constituiu em revisão bibliográfica e PDI de satélite de alta resolução espacial (10 m), onde empregou-se, especificamente, imagens (*Surface Reflectance*) provenientes do sistema sensor *Multispectral Instrument* (MSI), abordo do satélite Sentinel 2 (*Level-2A*), no mapeamento e monitoramento dos bancos de areia em um trecho do Rio Araguaia (Figura 1). A partir da Figura 2, apresenta-se o fluxograma com a síntese dos procedimentos metodológicos implementados, tendo em vista quatro (4) etapas de realização das atividades, sendo que a primeira (1) e a segunda (2) etapa compreendem a aquisição, pré-processamento e processamento dos dados empregados, respectivamente; e a terceira (3) e quarta (4) etapa, consecutivamente, compreenderam a tabulação, representação, análise e discussão dos resultados, empregando-se assim, o uso de diferentes ferramentas.

**Figura 2** – Fluxograma com a síntese dos procedimentos metodológicos empregados na pesquisa.



Org.: Os autores da pesquisa.



A primeira (1) etapa de processamento dos dados ocorreu, especificamente, na plataforma *Google Earth Engine*, onde realizou-se o acesso à coleção de imagens (*Surface Reflectance*) provenientes do sistema sensor *Multispectral Instrument* (MSI), abordo do satélite Sentinel 2 (*Level-2A*); adquiriu-as, considerando o computo da mediana das imagens referentes a última semana do mês com menor interferência de cobertura de nuvens no contexto da área em estudo, a saber, mês de outubro (10); assim como o *clip* das imagens (*position 22LDJ*) considerando um recorte espacial de 600 m a partir da calha do canal principal (Rio Araguaia); e o empilhamento das respectivas bandas multiespectrais (b8, b4, b3), para composição dos mosaicos nas respectivas janelas temporais.

Os procedimentos subsequentes consistiram na definição das classes temáticas de mapeamento; inspeção visual de amostras para treinamento do algoritmo classificador; à classificação; e exportação do dado referente à classificação para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), fazendo-se uso do QGIS 3.22 *Biatowieza*. No que diz respeito ao algoritmo classificador, utilizou-se, especificamente, o algoritmo *Random Forest*, que baseado na abordagem de *machine learning*, opera a partir de conjuntos de modelos de árvores de decisões, sendo este um dos algoritmos mais utilizados, nos últimos anos, na classificação digital de imagens de satélite, sobretudo pelos resultados de performance e desempenho em relação a conjuntos de dados de alta dimensão (XIA *et al.*, 2017; TYRALIS *et al.*, 2019).

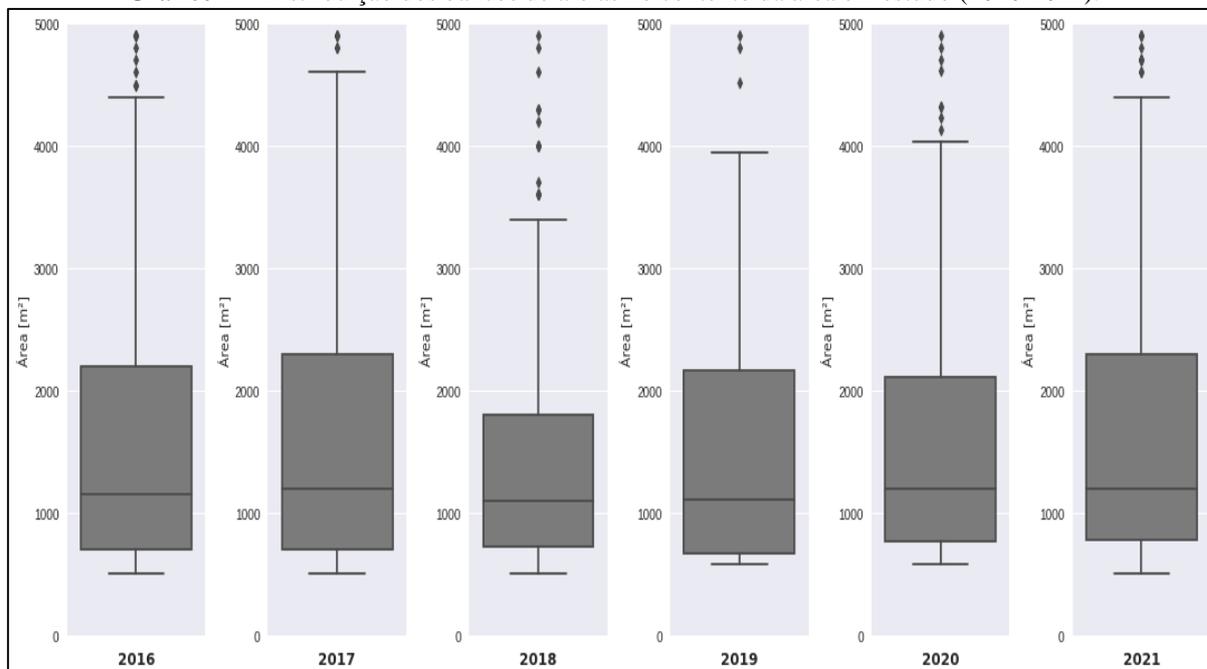
Uma vez realizada a exportação do dado referente à classificação para ambiente SIG (etapa 2), no *software* QGIS 3.22 *Biatowieza*, os procedimentos subsequentes compreendeu a vetorização, edição vetorial para qualidade, e cálculo de área dos bancos de areia, considerando as respectivas janelas temporais. Em seguida, criou-se um *Layout* de impressão no próprio *software* QGIS 3.22 *Biatowieza*, para exportação da figura referente ao mapa da dinâmica espaço-temporal dos bancos de areia (Figura 3). A etapa 3 contemplou a criação de um *Dataframe* no ambiente *Google Colaboratory*, considerando os dados de área dos bancos de areia; dados de desmatamento disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e dos dados MapBiomias (6.0), referentes a dinâmica das atividades extrativas minerais, e a cobertura e uso da terra na bacia do Rio Araguaia, a partir dos quais foram elaborados gráficos (etapa 4).



### 3. Resultados e Discussões

A partir da metodologia empregada, realizou-se a análise espaço-temporal dos bancos de areia no contexto da área em estudo. Nesse sentido, como esperado, observou-se (Gráfico 1) que os valores referentes a área média ocupada pelos bancos de areia, dentro das respectivas janelas temporais, apresentaram variações sutis, sendo 1120 m<sup>2</sup> o valor referente à média da área ocupada pelos bancos de areia. Excepcionalmente, constatou-se que no ano 2013 houve uma moderada diminuição nos valores referente ao quantitativo dos bancos de areia e, da mesma forma, da área ocupada pelos mesmos, podendo esta redução ter relação com os eventos de precipitação e aumento da vazão dos recursos hídricos no contexto regional, consequentemente, na dinâmica dos bancos de areia; ou ainda, ao fenômeno climático-oceânico *El Niño*.

**Gráfico 1** – Distribuição dos bancos de areias no contexto da área em estudo (2016-2021).



Org.: Os autores da pesquisa.

Tendo em vista a Figura 3, apresenta-se o mapeamento da dinâmica espaço-temporal dos bancos de areia no Rio Araguaia, no contexto da área em estudo, considerando o PDI das imagens de satélite de alta resolução espacial, fazendo-se uso de algoritmo de *machine learning*.



# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO  
GRATUITO  
TOTALMENTE  
ONLINE

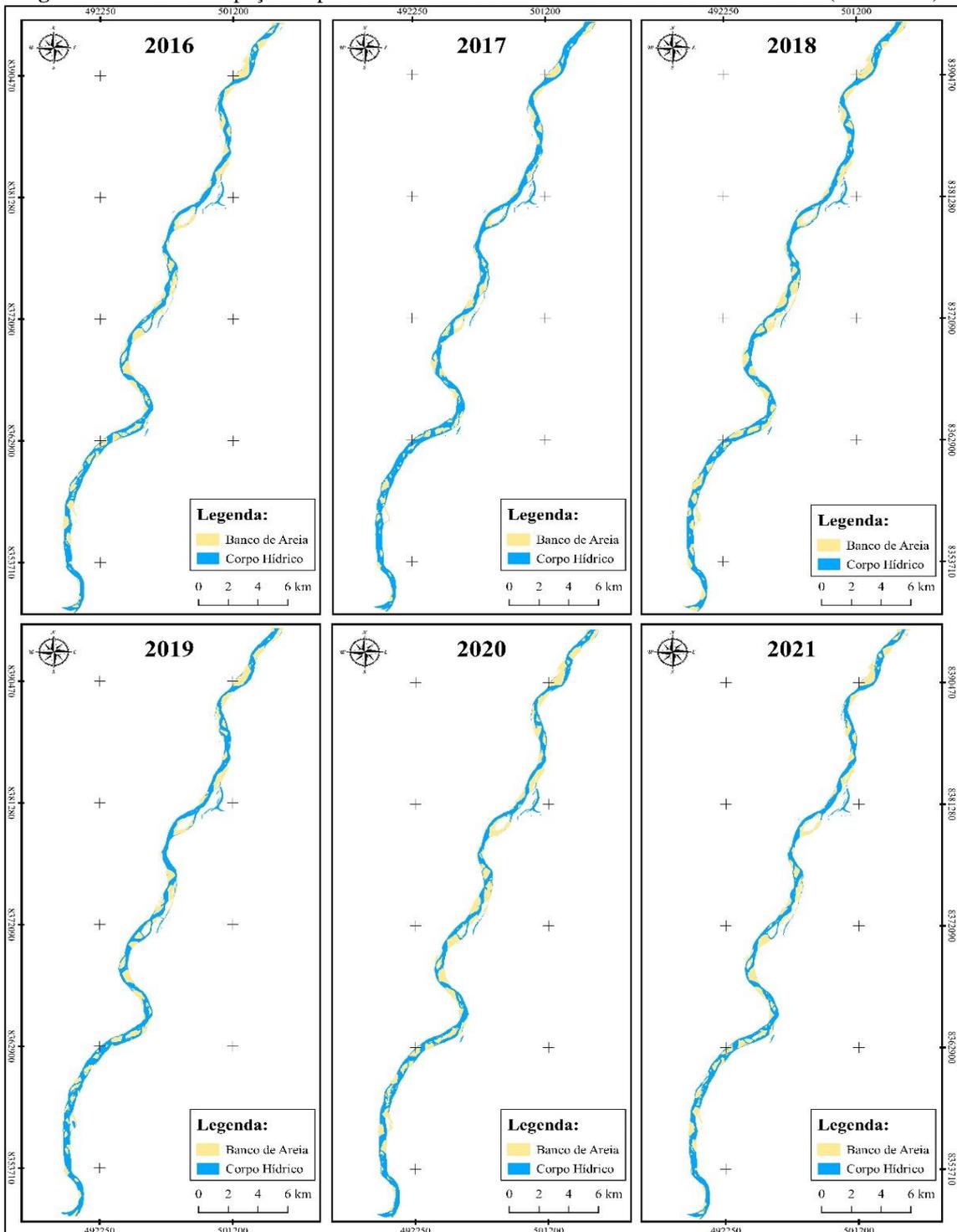
Realização:




Apoio:




**Figura 3** – Dinâmica espaço-temporal dos bancos de areia no contexto da área em estudo (2016-2021).



Org.: Os autores da pesquisa.



Considerando a Figura 3, nota-se que, tanto a montante (sul) quanto a jusante (norte) no contexto da área em estudo, a área de maior concentração dos bancos de areia ocorre justamente em áreas de meandros, evidenciando áreas onde ocorre maior deposição de sedimentos. Por se tratar de um estudo exploratório-descritivo, não se pode inferir neste estudo, com detalhes e maior precisão, como a dinâmica das atividades antrópicas tem interferido no aporte de sedimentos e assoreamento do Rio Araguaia como um todo. Todavia, nota-se que, mesmo se tratando de um recorte espaço-temporal não muito expressivo, os bancos de areia ocupam uma área expressiva e apresentam uma dinâmica que não só é peculiar, como também pode sofrer interferências de outros fatores (precipitação, erosividade, erodibilidade, processos erosivos na bacia hidrográfica, entre outros).

#### 4. Conclusões

A partir do presente estudo, observou-se que o tamanho médio da área ocupada pelos bancos de areia, historicamente, apresentaram variações, sendo 1120 m o valor referente à média da área ocupada pelos bancos de areia na série espaço-temporal estudada. Excepcionalmente, o ano 2013 marcou uma moderada diminuição no quantitativo dos bancos de areia e da área ocupada pelos mesmos. Nesse sentido, como esperado, apresentam uma dinâmica, podendo sofrer influência de diversos fatores.

Assim, com o presente estudo reforça-se a importância de estudos de maior complexidade para compreensão sobre como a dinâmica das atividades antrópicas, sobretudo, o desmatamento, mudanças na cobertura e uso da terra, atividades extrativas minerais, queimadas, eventos climáticos extremos, entre outras; tem contribuído ou não, no aporte de sedimentos e, especificamente, no assoreamento do Rio Araguaia. Dentro desta perspectiva, torna-se evidente que a metodologia empregada, fazendo-se uso de imagens de satélite de alta resolução espacial e *machine learning*, se apresenta como sendo viável e capaz de implementações.



## 7. Referências bibliográficas

BAYER M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

BAYER M. **Dinâmica do Transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do rio Araguaia**. Tese de Doutorado. CIAMB. Universidade Federal de Goiás. 2010.

BAYER, M.; CARVALHO, T. M. (2008). Processos morfológicos e sedimentos no canal do Rio Araguaia. REA – **Revista de Estudos Ambientais**. vol. 10, n. 2, p. 24-31.

CASTRO, S. S. EROSÃO HÍDRICA NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA: DISTRIBUIÇÃO, CONDICIONANTES, ORIGEM E DINÂMICA ATUAL. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, n. 1, p. 38-60, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0004>. Acesso em: 12 Jun. 2021.

CONDEÇA, J.; NASCIMENTO, J.; BARREIRAS, N. Monitoring the storage volume of water reservoirs using Google Earth Engine. **Water Resources Research**, v. 28, n. 10, p. 1-22, 2021. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2021WR030026>. Acesso em: 10 Mar. 2022.

ELLIS, E.; PONTIUS, R. Land-use and land-cover change. In: **Encyclopedia of Earth**. Cutler J. Cleveland (Washington, D. C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment), 2007.

GONÇALVES, I. S.; FERNANDES, R. J. A. R.; LEÃO, J. de C. **Análise da evolução temporal dos bancos de areia do rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI com o uso de imagens de satélite**. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2017. v. 1. p. 1 a 8. Disponível em: <https://s3-saeast-1.amazonaws.com/abrh/Eventos/Trabalhos/60/PAP022816>. Acesso em: 25 out. 2020.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/en/home-page/>. Acesso em: 27 Jun. 2022.

LIBOS, M. I. P. C. **Modelagem da Poluição Não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.



Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura do Solo (**MapBiomias**). Disponível em: <https://mapbiomas.org/en/project>. Acesso em: 27 Jun. 2022.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. Ed. Brasília: CNPQ, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332292728\\_INTRODUCAO\\_AO\\_PROCESSAMENTO\\_DE\\_IMAGENS\\_DE\\_SENSORIAMENTO\\_REMOTO](https://www.researchgate.net/publication/332292728_INTRODUCAO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGENS_DE_SENSORIAMENTO_REMOTO). Acesso em: 25 Abr. 2022.

MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. Mapeamento dos sistemas ambientais do município de Caucaia (CE) utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG): subsídios para o planejamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 30-45, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/233209>. Acesso em: 19 Mar. 2016.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2010. 388p.

NOVO, E.M.L.M. **Monitoramento de Quantidade e Qualidade da Água e Sensoriamento Remoto**, XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

RUDORFF, C. M.; NOVO, E. M. L. M.; GALVÃO, L. S.; PEREIRA, W.. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Acta Amazônica**, v.37, n.2, p. 269-280, 2007.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land Cover mapping of the tropical savana region in Brasil. **Environ Monit Assess**, nº 116, p. 113-124, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0988-4#citeas>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

XIA, J.; FALCO, N.; BENEDIKTSSON, J.A.; DU, P.; CHANUSSOT, J. Hyperspectral Image Classification With Rotation Random Forest Via KPCA. **IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.** 2017, 10, 1601–1609. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/9/9/924/htm>.

TYRALIS, H.; PAPACHARALAMPOUS, G.; LANGOUSIS, A. A Brief Review of Random Forests for Water Scientists and Practitioners and Their Recent History in Water Resources. **Water**. 2019, 11, 1-37. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11050910>.

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:  
SUSTENTARE FUD-CAMPINAS  
WIPES 2022

Apoio:  
Agência das Bacias PCJ  
COMITÊS PCJ

VAIBHAV, G.; SHIV, P. A.; PRAKASH C. Changes in turbidity along Ganga River using Sentinel-2 satellite data during lockdown associated with COVID-19, **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 11, n.1, p. 1175-1195, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/19475705.2020.1782482?scroll=top>. Acesso em: 30 Jun. 2020.