

Geografia

Fragmentação florestal e proposta de reflorestamento através da simulação de cenário em uma microbacia no ecótono Cerrado-Amazônia

Forest fragmentation and reforestation proposal through scenario simulation in a microbasin in the Cerrado-Amazonia ecotone

Aline Kraeski¹, Gisele Cristina Kraeski Gonçalves¹,
Renan Nunes Santos Lima¹, Samira Coelho Vieira¹,
Stefany Formigari Wrzsciz¹

¹ Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil

RESUMO

Inserida no ecótono Cerrado-Amazônia, a microbacia do rio Matrinxã vivenciou mudanças recentes com a construção de um reservatório artificial. Diante disso, o presente estudo buscou mapear e avaliar a fragmentação florestal ocorrida na microbacia do Rio Matrinxã com o uso de técnicas de geoprocessamento, além de identificar benefícios potenciais do reflorestamento de áreas degradadas em APPs com base na simulação de cenários. A metodologia envolveu a utilização de imagens do satélite Sentinel-2A, anos de 2017 e 2023, análises no software QGIS, mapeamento do uso e ocupação do solo, das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e uso de métricas de paisagem. Um cenário de total recuperação das APPs degradadas foi simulado para identificação do potencial destas na redução da fragmentação florestal. Os resultados apontaram redução na área florestal da microbacia, com um incremento nas áreas agropecuária e água. A fragmentação florestal teve aumento de 41% no período, passando de 205 para 289 em número de fragmentos e significativa redução no tamanho do maior fragmento florestal. A recuperação simulada das APPs indicou que a restauração poderia reduzir a fragmentação e conectar unidades florestais isoladas, o que beneficiaria a biodiversidade local, além de restabelecer funções vitais das APPs.

Palavras-chave: Métricas de paisagem; Conectividade florestal; Microbacia do Rio Matrinxã

ABSTRACT

Located in the Cerrado-Amazon ecotone, the Matrinxã River microbasin has undergone recent changes with the construction of an artificial reservoir. In view of this, this study sought to map and evaluate the

forest fragmentation that occurred in the Matrinxã River microbasin using geoprocessing techniques, in addition to identifying potential benefits of reforestation of degraded areas in APPs based on scenario simulation. The methodology involved the use of Sentinel-2A satellite images from 2017 and 2023, analyses in the QGIS software, mapping of land use and occupation, Permanent Preservation Areas (APPs), and use of landscape metrics. A scenario of full recovery of degraded APPs was simulated to identify their potential to reduce forest fragmentation. The results indicated a reduction in the forest area of the microbasin, with an increase in agricultural and water areas. Forest fragmentation increased by 41% during the period, from 205 to 289 fragments, and a significant reduction in the size of the largest forest fragment. The simulated recovery of APPs indicated that restoration could reduce fragmentation and connect isolated forest units, which would benefit local biodiversity, in addition to reestablishing vital functions of APPs.

Keywords: Landscape metrics; Forest connectivity; Matrinxã River microbasin

1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas, áreas drenadas por um curso d'água principal e seus afluentes, apresentam uma rica biodiversidade em regiões de florestas tropicais (O'Connor, 2008). No entanto, a intensificação das atividades humanas, como a expansão agropecuária, o desmatamento, a construção de infraestruturas e a urbanização, tem fragmentado as florestas nesses ambientes e gerado impactos negativos à biodiversidade (Fischer *et al.*, 2021).

A fragmentação florestal leva à divisão de habitats contínuos em porções menores e isoladas (Biswas *et al.*, 2023), o que acarreta diversas consequências para as espécies que ali vivem. A perda de habitats reduz a área disponível para alimentação, reprodução e abrigo, leva à diminuição das populações e pode resultar na extinção local de espécies (De Lima Filho *et al.*, 2021). Além disso, o isolamento de fragmentos florestais dificulta o fluxo gênico entre as populações, o que pode levar à perda de variabilidade genética (Kageyama; Gandara, 1998). Nas extremidades dos fragmentos há ocorrência do chamado efeito de borda, com alterações microclimáticas e aumento da exposição à predação (Rodrigues Nascimento, 2006), o que também contribui para o declínio da biodiversidade.

No entanto, os impactos da fragmentação florestal em bacias hidrográficas não se limitam à biodiversidade. As alterações na cobertura vegetal afetam também o regime hidrológico, aumentam o risco de erosão e de assoreamento (Gomes *et al.*, 2022). Além disso, a perda de biodiversidade pode comprometer a qualidade da água e dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas, como a polinização e a regulação do clima (Mitchell *et al.*, 2014).

O norte do estado de Mato Grosso apresenta um mosaico de microbacias hidrográficas com papel crucial na dinâmica ambiental da região, marcada pela transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, importantes para a manutenção da biota de ambos os domínios (Maciel *et al.*, 2016). Essas microbacias funcionam como pequenos ecossistemas que abrigam rica biodiversidade e influenciam diretamente a qualidade e disponibilidade da água (Borges *et al.*, 2024). No entanto, a expansão desenfreada do agronegócio e a construção de grandes infraestruturas, como hidrelétricas e rodovias, ameaçam a integridade dessas microbacias.

Diante dos diversos impactos da fragmentação florestal em bacias hidrográficas, é fundamental implementar medidas para mitigar esse problema, como o planejamento do uso do solo, restauração de florestas e a criação de áreas protegidas. Ações como essas contribuem para a conservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais para a sociedade.

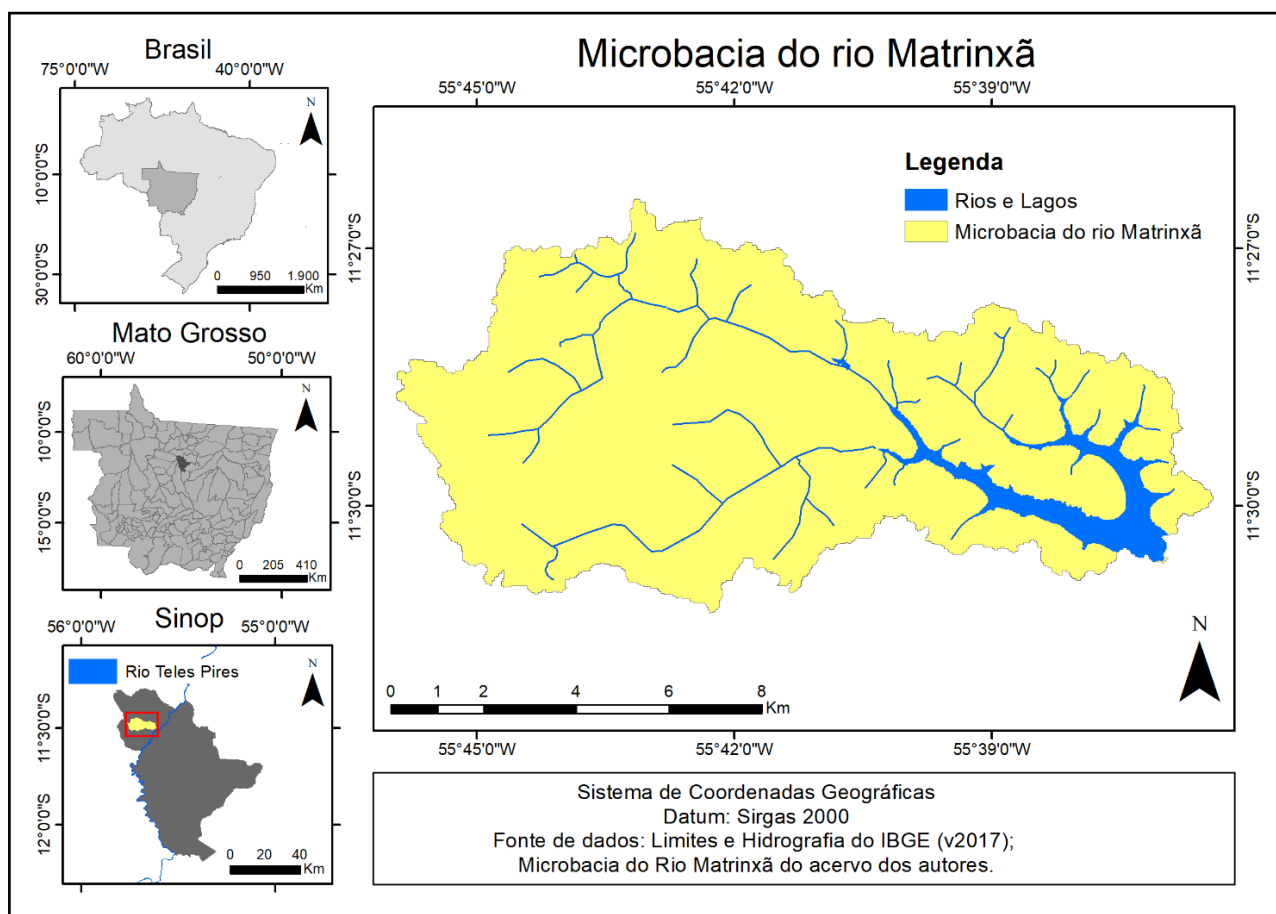
Visando contribuir para a geração de informação que possam subsidiar o planejamento do uso do solo e conservação da biodiversidade em uma importante microbacia na área do ecótono Cerrado-Amazônia, este estudo buscou mapear e avaliar a fragmentação florestal ocorrida na microbacia do Rio Matrinxã com o uso técnicas de geoprocessamento, além de identificar benefícios potenciais do reflorestamento de áreas degradadas em APPs com base na simulação de cenários.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A microbacia do Rio Matrinxã está localizada no município de Sinop, Mato Grosso, margem esquerda do Rio Teles Pires e ocupa uma área de 9.105,93 hectares, inserida entre as latitudes 11° 26' 24.9" e 11° 38' 14.7" Sul e longitudes 55° 36' 25.5" e 55° 45' 57.1" Oeste (Figura 1). Ela faz parte da Gleba Mercedes 5, um projeto de assentamento rural criado no ano de 1997 (Souza, 2020). O curso d'água principal da microbacia do Rio Matrinxã é denominado Córrego do Meio, embora seja conhecido pela população local como Rio Matrinxã.

Figura 1– Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2024)

O clima da região é classificado como *Aw*, segundo *Köppen*, caracterizado por verões úmidos e quentes e invernos secos (Souza *et al.*, 2013). Essas condições climáticas proporcionam o desenvolvimento de um ambiente de grande biodiversidade e relevância ecológica, pertencente ao ecótono Cerrado-Amazônia.

No entanto, a microbacia do Rio Matrinxã enfrenta desafios relacionados à construção de um empreendimento hidrelétrico na região, a Usina Hidrelétrica Sinop (UHE Sinop). Este empreendimento hidrelétrico integra um complexo de usinas para geração de energia elétrica na bacia do Rio Teles Pires (Souza; Souza, 2020). Como descrito por Simões *et al.* (2021), a barragem da UHE Sinop está instalada entre os municípios mato-grossenses de Itaúba e Cláudia, seu reservatório possui aproximadamente 342 km² e se estende pelos municípios de Ipiranga do Norte, Sinop e Sorriso. Tal empreendimento gerou mudanças na hidrografia da microbacia do rio Matrinxã, afluente do rio Teles Pires, o que resultou no alagamento de áreas em seu baixo curso e afetou o equilíbrio ambiental da microbacia.

2.2 Coleta e processamento dos dados

Por meio da utilização de dados de altitude do projeto Topodata (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008), derivados de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), arquivo nomeado 11S57_ZN, com resolução espacial de 30 metros, foi realizada a delimitação da área da microbacia. A delimitação ocorreu com o uso de ferramentas de análise hidrológica do pacote de algoritmos GRASS no software livre QGis (versão 3.28.14). Para tal, adotou-se a função *r.watershed*, com a inserção do parâmetro referente ao tamanho mínimo do exterior da bacia hidrográfica no valor de 100.000 *pixels*, e como produto final obteve-se o arquivo com os limites da microbacia do Rio Matrinxã que passou a ser utilizado para extração dos demais dados.

Para caracterizar a fragmentação florestal em dois períodos distintos, optou-se por realizar a classificação de imagens de satélite. Foram escolhidas cenas do satélite Sentinel-2A, que disponibiliza gratuitamente imagens de média resolução (10 metros

de resolução espacial). Foram adquiridas cenas para as datas de 04 de setembro de 2017 e 13 de setembro de 2023, ambas do período de estiagem na região, quando há menor interferência de nuvens. As imagens de satélite foram preparadas com composição colorida RGB cor verdadeira, bandas 4, 3 e 2, combinação que facilita a identificação das feições contidas nas cenas.

Tendo em vista a familiaridade com a área de estudo, foi empregada a classificação supervisionada, com a seleção de amostras representativas de cada categoria a ser classificada. Foram discriminadas três classes: floresta, agropecuária e água. Os processamentos foram realizados no software QGIS, com o uso do plugin *Dzetsaka: Classification tools*. O algoritmo *Random Forest* foi adotado para classificação das imagens dos anos de 2017 e 2023. Este algoritmo tem sido amplamente aplicado em estudos de classificação de imagens (Arvo *et al.*, 2021; Da Silva Júnior *et al.*, 2021) e demonstra maior eficiência em comparação a outros algoritmos (Rosa, 2018; Cruz; Oliveira, 2021).

Para verificar a acurácia das classificações, foi realizada a validação com o plugin *Acatama* e a geração de 400 pontos aleatórios submetidos à análise. Após avaliação minuciosa dos pontos mediante inspeção visual, foram obtidos valores de acurácia geral para cada classificação através da divisão do número de pontos classificados corretamente pelo total de pontos utilizados na validação (Congalton, 1991).

Atestada a qualidade das classificações, os arquivos das classificações de 2017 e 2023 foram submetidos ao plugin *Landscape Ecology* para extração de métricas através da função *Landscape Statistics*. As métricas calculadas foram: área, proporção, número de fragmentos, comprimento de borda, área do maior e do menor fragmento e área média dos fragmentos. As informações obtidas foram extraídas em planilhas do *Excel*, onde foram organizadas e analisadas.

Consciente das mudanças hídricas na microbacia após a construção da usina hidrelétrica, foram mapeadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Com base na imagem de satélite Sentinel do ano de 2023, os cursos d'água e as nascentes foram

identificados e vetorizados manualmente para a criação de arquivos vetoriais. A área do lago foi obtida a partir do mapa de classificação do ano de 2023, com a extração da feição correspondente à classe água. A delimitação das APPs foi realizada através do uso da ferramenta *Buffer* no software QGIS conforme as dimensões expressas no novo Código Florestal Brasileiro, Lei N° 12651/2012 (Brasil, 2012), não havendo cursos d'água de largura superior a 10 metros e sendo considerada a APP do reservatório artificial em sua dimensão mínima exigida por lei (Tabela 1).

Tabela 1 – Larguras estabelecidas para as Áreas de Preservação Permanente mapeadas na Microbacia do rio Matrinxã

Categoria de APP mapeada	Dimensão da APP
Curso d'água com largura inferior a 10 metros	30 metros
Nascente	Raio de 50 metros
Reservatórios d'água artificiais	30 metros (mínimo)

Fonte: Novo Código Florestal (Brasil, 2012)

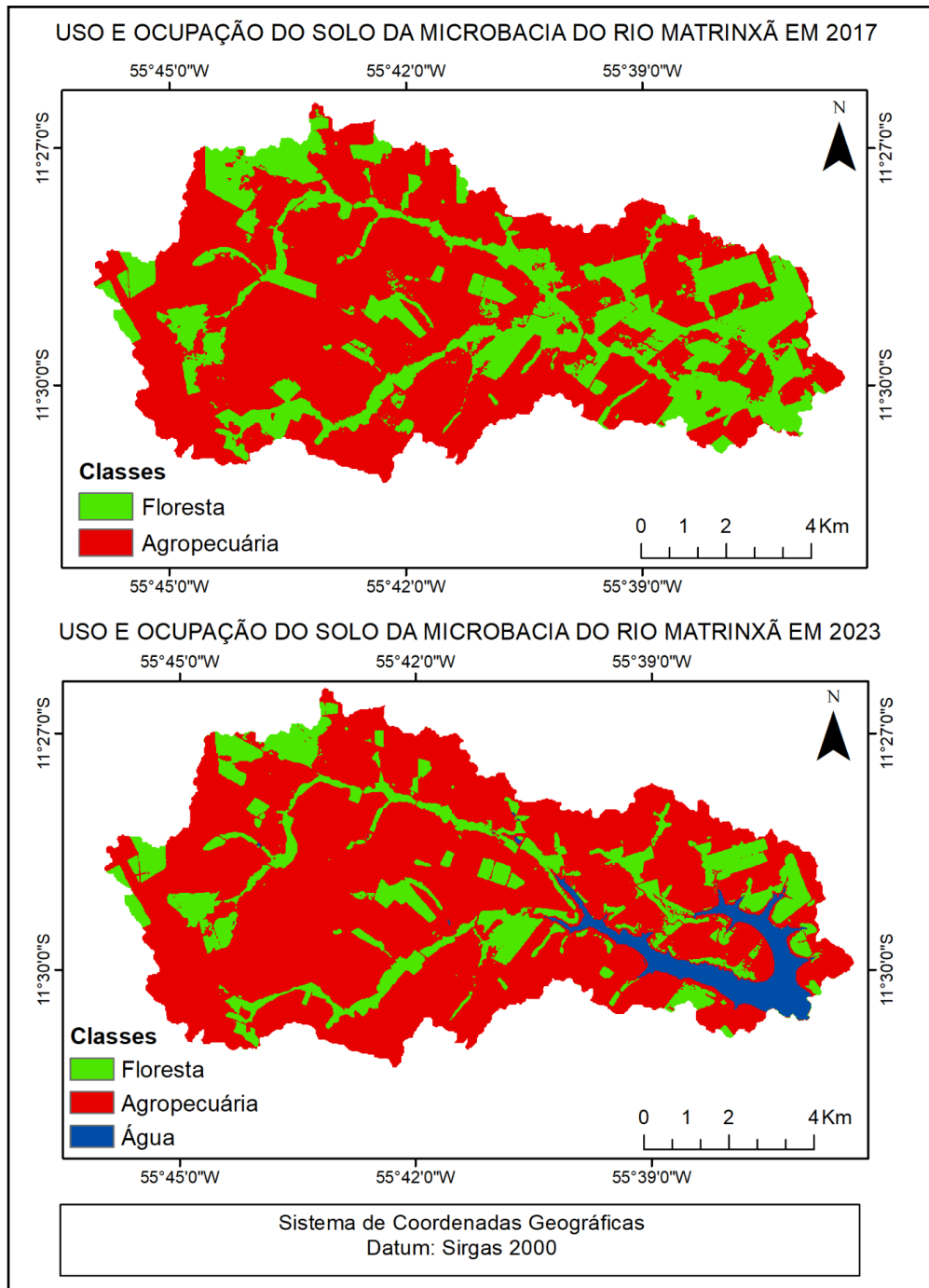
Para identificar a condição atual das APPs utilizou-se o *Buffer* para recortar a classificação de 2023 e identificar as classes presentes nessa área. Dada a existência de áreas degradadas no interior das APPs, são tomadas como tais as áreas de uso antrópico inseridas dentro dos limites das APPs. Com a pretensão de um cenário de recomposição destas áreas, criou-se um cenário simulado de total recuperação das matas ciliares localizadas nas APPs, com a geração de um novo arquivo *raster*. Este cenário simulado foi submetido a nova extração das métricas através do plugin *Landscape Ecology*, com o objetivo de identificar as melhorias que a recuperação das APPs poderia gerar na microbacia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação supervisionada resultou nos mapas de uso e ocupação do solo da microbacia do rio Matrinxã para os anos de 2017 e 2023 (Figura 2). A validação das

classificações indicou acurácia geral de 97% para a classificação de 2017 e 99% para a classificação de 2023, resultados satisfatórios que atestam a qualidade dos dados.

Figura 2 – Uso e ocupação do solo da Microbacia do rio Matrinxã em 2017 e 2023



Fonte: Autores (2024)

As classificações de 2017 e 2023 indicaram redução da área ocupada por florestas, que passou de 31% para 19% (Tabela 2). Em contrapartida, a área ocupada

por agropecuária teve aumento no período. Para o ano de 2017, não foi identificada área coberta por água, enquanto a classificação de 2023 apresentou significativa área ocupada pela classe. Tal dinâmica pode ser explicada pelo represamento da água para a criação do lago da Usina Hidrelétrica Sinop (UHE Sinop), ocorrido entre os anos de 2017 e 2018. A construção de grandes reservatórios de hidrelétricas, por vezes, acarreta conversão direta de áreas de floresta em superfícies cobertas por água (Kraeski *et al.*, 2023).

Tabela 2 – Classes de uso e ocupação do solo mapeadas na Microbacia do rio Matrinxã para os anos de 2017 e 2023

Classe	2017		2023	
	ha	%	ha	%
Floresta	2.792,88	31%	1.703,73	19%
Agropecuária	6.310,93	69%	6.982,39	77%
Água	-	-	422,46	5%

Fonte: Autores (2024)

A redução de áreas florestais é preocupante, pois ameaça gravemente a biodiversidade, o equilíbrio climático e serviços ecossistêmicos essenciais. Além disso, as florestas são fundamentais no armazenamento de carbono, quando devastadas contribuem significativamente para o agravamento das mudanças climáticas (Barbieri *et al.*, 2018). Essa perda também intensifica a vulnerabilidade das populações humanas a eventos extremos (Oliveira, *et al.*, 2021), a degradação do solo (Lense *et al.*, 2020) e dos recursos hídricos (Kong *et al.*, 2022), o que impacta diretamente a segurança alimentar e a qualidade de vida das sociedades.

Na microbacia do Rio Matrinxã, ao isolar apenas os dados que compõem a classe “floresta” foi possível caracterizar a área quanto a fragmentação florestal, o que possibilitou identificar um aumento de 41% no número de fragmentos, que passou de 205 unidades em 2017 para 289 em 2023 (Tabela 3). A expressiva redução no número de fragmentos florestais identificada na microbacia do Rio Matrinxã retrata

a ocorrência de um retalhamento na paisagem, situação semelhante à descrita por Marcon *et al.* (2020) ao mapearem áreas no entorno da represa da Usina Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto no rio Iguaçu, município de Pinhão-PR.

Tabela 3 – Métricas dos fragmentos florestais mapeados na Microbacia do rio Matrinxã para os anos de 2017 e 2023

Métricas	2017	2023	Diferença %
Área (ha)	2.792,88	1.703,73	-39%
Proporção ocupada	31%	19%	-
Número de fragmentos	205	289	+ 41%
Comprimento de borda (Km)	365,2	305,74	-16%
Área do maior fragmento (ha)	1.080,23	168,6	-84%
Área do menor fragmento (ha)	0,01	0,01	-
Área média dos fragmentos (ha)	13,62	5,9	-57%

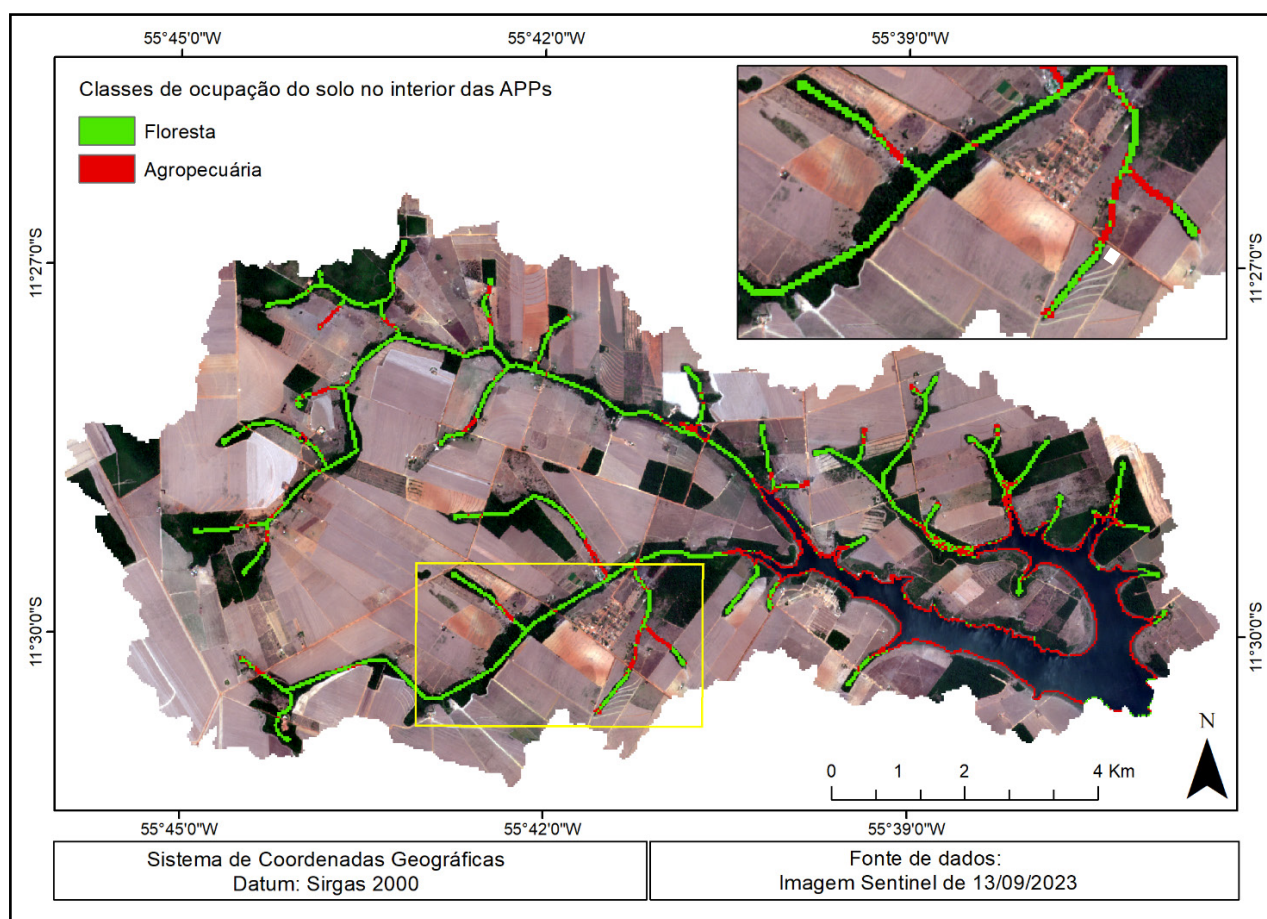
Fonte: Autores (2024)

As métricas também evidenciaram uma redução expressiva na área do maior fragmento florestal da microbacia, que diminuiu de 1.080,23 hectares em 2017 para 168,6 hectares em 2023. Além disso, a área média dos fragmentos caiu 57% no mesmo período. Tais mudanças nas áreas dos fragmentos geram impactos negativos, como a perda de habitats e a redução da conectividade entre os remanescentes florestais, o que prejudica a circulação de espécies (Campos, *et al.*, 2018). A criação de corredores ecológicos poderia mitigar esses impactos (Freitas; Garay, 2021).

Em relação ao comprimento de borda, que representa o comprimento total das bordas dos fragmentos florestais, os resultados apontaram uma redução de 16% entre os anos de 2017 e 2023. Essa redução indica que, além dos fragmentos florestais estarem diminuindo em área, podem estar se tornando menos complexos, se reestruturando em formas mais simples com a perda de áreas de bordas sinuosas e a repartição em fragmentos menores. Isso pode acarretar perda de conectividade entre os fragmentos, maior exposição das áreas remanescentes a condições externas e redução da biodiversidade (Pirovani *et al.*, 2014).

Ao mapear as APPs dos corpos hídricos (rios, nascentes e lagos) da microbacia do Rio Matrinxã, com base em sua nova configuração após a implantação do reservatório da UHE Sinop, foi identificada área equivalente a 471,7 hectares (Figura 3). Após relacionar essas áreas com o mapa de classificação do uso e ocupação do solo de 2023 gerado para a microbacia, constatou-se que 66% da área estava coberta por floresta, equivalente a 312,32 hectares, enquanto 34%, equivalentes a 159,38 hectares estava ocupado pela classe agropecuária, que indica áreas de degradação decorrente da falta da mata ciliar.

Figura 3 – Áreas de Preservação Permanente mapeadas na Microbacia do rio Matrinxã



Fonte: Autores (2024)

Cabe destacar que uma parcela significativa das APPs sem cobertura florestal na microbacia do Rio Matrinxã está localizada nas margens do lago da UHE Sinop. Parte destas áreas, anteriormente ocupadas pela população local para atividades

agropecuárias, foram inundadas pela criação do lago e permanecem sem vegetação reconstituída. Essa situação compromete a proteção dos corpos d'água, pois as APPs são vitais para garantir a estabilização das margens, reduzir o carregamento de sedimentos, nutrientes e químicos que podem comprometer a vida útil de reservatórios e instalações hidrelétricas (Moreira *et al.*, 2015).

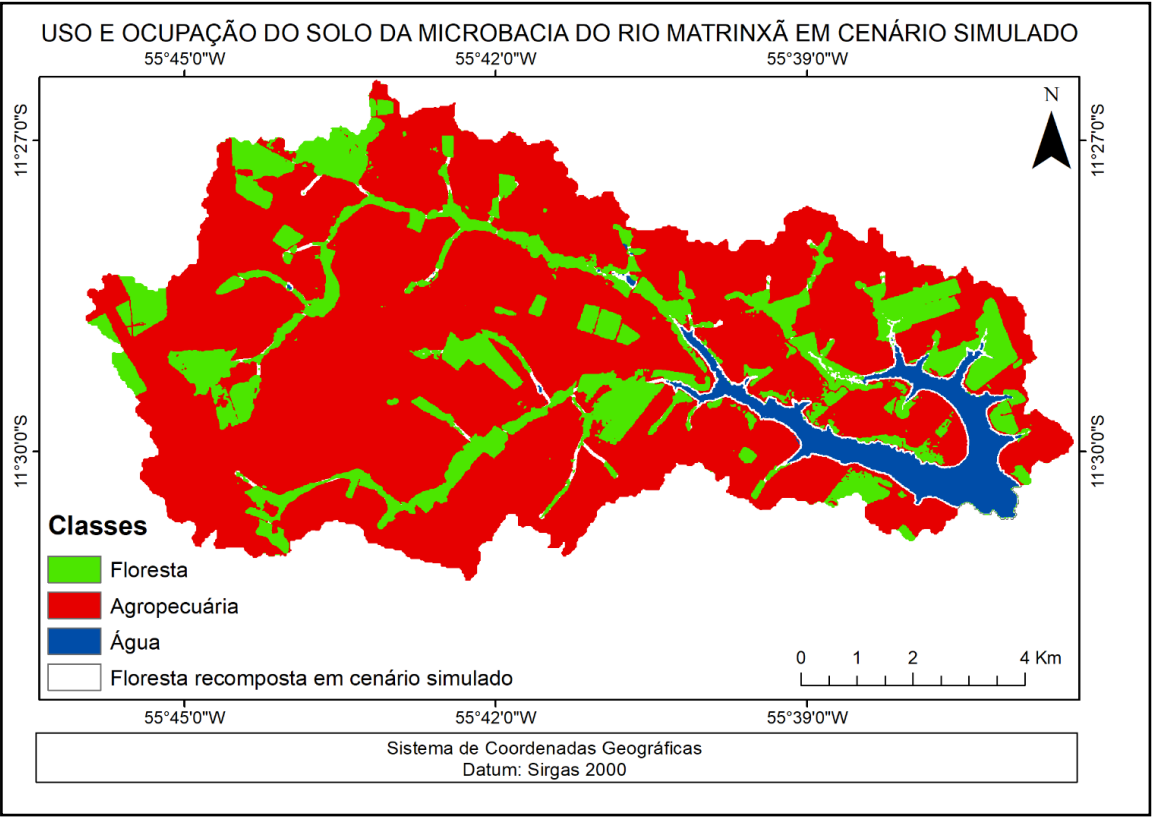
Além disso, a ausência de vegetação em porções da APP pode ocasionar desequilíbrios ambientais, reduzir a capacidade destas áreas de exercer o papel ambiental a que se prestam, como a proteção dos solos, controle da erosão, proteção dos recursos hídricos, estabilidade geológica e de facilitadora do fluxo gênico de plantas e animais (Brasil, 2012). Portanto, são incontestáveis os benefícios que as APPs agregam aos ecossistemas das bacias hidrográficas, sendo necessária sua preservação e, quando for o caso, sua recomposição. Stefanello *et al.* (2015), em estudo realizado na área de abrangência de uma usina hidrelétrica no noroeste do Rio Grande do Sul, também identificaram a supressão de grandes áreas de floresta, parte destas de mata ciliar, levando-os a destacar a necessidade de reestruturação da APP no entorno do reservatório, com a recomposição das matas ciliares, para amenizar o impacto ambiental na área.

Ao vislumbrar um cenário positivo, com a completa recuperação das áreas degradadas nas APPs da microbacia do rio Matrinxã, a microbacia ganharia novas porções de floresta, o que levaria a reconexão de fragmentos até então isolados (Figura 4). Essas áreas, recompostas no cenário simulado, estão situadas especialmente nas margens do lago da UHE Sinop, ao longo de pequenas represas no interior das propriedades rurais e nas proximidades de estradas.

Esse cenário simulado foi submetido a extração das métricas dos fragmentos florestais, e assim permitiu identificar mudanças positivas que a recuperação das APPs pode trazer para as florestas da microbacia do Rio Matrinxã. Apesar de indicar um crescimento de apenas 10% nas áreas ocupadas por floresta na microbacia, tal mudança resultaria em expressiva redução no número total de fragmentos, que

passaria de 289 para 174, com aumento da área média dos fragmentos e criação de um grande e extenso fragmento conectado, equivalente a uma área de 1.612,39 hectares (Tabela 4).

Figura 4 – Mapa da fragmentação florestal da Microbacia do rio Matrinxã em cenário simulado



Fonte: Autores (2024)

Tabela 4 – Métricas dos fragmentos florestais em Cenário Simulado comparado a 2023 para a Microbacia do rio Matrinxã

Métricas	2023	Cenário Simulado	Diferença %
Área (ha)	1.703,73	1.872,66	+ 10%
Proporção ocupada	19%	20%	-
Número de fragmentos	289	174	- 40%
Comprimento de borda (Km)	305,74	365,82	+ 20%
Área do maior fragmento (ha)	168,6	1.612,39	+ 856%
Área do menor fragmento (ha)	0,01	0,01	-
Área média dos fragmentos (ha)	5,9	10,76	+ 82%

Fonte: Autores (2024)

O cenário idealizado para a microbacia do rio Matrinxã revela benefícios que vão além da mera expansão de áreas cobertas por floresta, demonstra a possibilidade de combater a fragmentação de habitats, que é um dos principais desafios à conservação da biodiversidade. A recomposição das matas ciliares, com a reconexão de fragmentos nas APPs, pode funcionar como corredores ecológicos, ao propiciar o fluxo de fauna e flora para a manutenção de espécies (Costa *et al.*, 2022). Isso beneficiaria espécies de primatas que vivem na região e se encontram entre os primatas mais ameaçados do planeta (Boubli *et al.*, 2019; Lazari *et al.*, 2021).

Vale destacar que a reconexão de fragmentos florestais não se limita a benefícios ecológicos. A recuperação das APPs gera impactos positivos com o restabelecimento de funções eco hidrológicas importantes, como na manutenção da qualidade da água, na regulação do clima local e na prevenção da erosão dos solos e assoreamento dos cursos d'água (Tambosi *et al.*, 2015). Além disso, ao promover a reconexão de fragmentos florestais, investe-se na construção de um futuro mais sustentável para as comunidades que dependem desses recursos naturais.

4 CONCLUSÕES

O estudo analisou a fragmentação florestal na microbacia do rio Matrinxã entre 2017 e 2023 e identificou uma redução significativa da área florestal devido à expansão agropecuária e à construção de um reservatório hidrelétrico. O número de fragmentos florestais aumentou 41%, de 205 para 289, enquanto o maior fragmento reduziu de tamanho. Além disso, 33% das Áreas de Preservação Permanente (APPs) apresentaram ausência de vegetação ciliar em 2023. Um cenário simulado mostrou que a restauração de 159 hectares de mata ciliar reduziria os fragmentos florestais de 289 para 174 e formaria um grande corredor ecológico, beneficiando espécies ameaçadas. Assim, recomenda-se a restauração da vegetação ripária da microbacia do Rio Matrinxã como medida essencial para a conservação da biodiversidade, redução da fragmentação florestal e promoção de sustentabilidade.

Este trabalho visa subsidiar políticas públicas e inspirar práticas sustentáveis em outras regiões. Em suma, destaca-se que os estudos ambientais desempenham um papel fundamental no suporte a ações estratégicas voltadas à conservação e recuperação de áreas degradadas, pois fornecem análises sobre as condições ambientais e subsidiam decisões assertivas que favorecem o planejamento, a gestão de recursos naturais e a implementação de políticas públicas. Nesse contexto, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento se mostram essenciais na análise espacial e compreensão da dinâmica da paisagem. Assim, a integração entre estudos ambientais e geotecnologias constitui uma ferramenta indispensável para a construção de um futuro mais sustentável.

RECONHECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), através do Edital 003/2023 do Programa Pesquisa e Inovação na Escola (PIE) pelo financiamento desta pesquisa e concessão de bolsas de Iniciação Científica Junior - ICJr e Bolsa Pesquisa e Inovação na Escola – BPIE (Processo FAPEMAT-PRO.000537/2023). À Escola Estadual Carlos Drummond de Andrade e Secretária de Educação do Estado de Mato Grosso (SEDUC-MT) pela oportunidade, incentivo e viabilização para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARVOR, D.; BETBEDER, J.; DAHER, F. R. G.; BLOSSIER, T.; LE ROUX, R.; CORGNE, S.; CORPETTI, T.; SILGUEIRO, V. F.; DA SILVA JUNIOR, C. A. Towards user-adaptive remote sensing: Knowledge-driven automatic classification of Sentinel-2 time series. **Remote Sensing Environment**, [S.l.], v. 264, p. 112615, out. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425721003357?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BARBIERI, M. D.; FERREIRA, L. C.; BARBI, F. Governando as mudanças climáticas: as estratégias políticas de Brasil e China. **Ideias**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 71–98, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/view/8655192>. Acesso em: 06 dez. 2024.

BISWAS, G.; SENGUPTA, A.; ALFAISAL, F. M.; ALAM, S.; ALHARBI, R. S.; JEON, B. H. Evaluating the effects of landscape fragmentation on ecosystem services: a three-decade perspective. **Ecological Informatics**, [S.l.], v. 77, n. 1, p. 102283, nov. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954123003126?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jun. 2024.

BORGES, N. S.; OLIVEIRA, H. H. B.; MARIANO, G. F.; FREISLEBEN, V. M.; OLIVEIRA, I. L. A. S.; SILVA, R. S.; VENDRUSCOLO, J. Características da paisagem da microbacia do rio Gael: análise hidrogeomorfológica para o planejamento e gestão ambiental. **RBCA**, Rolim de Moura, v. 13, n. 1, p. 67-82, fev. 2024. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/7390>. Acesso em: 28 jun. 2024.

BOUBLI, J. P.; BYRNE, H.; DA SILVA, M. N. F.; SILVA-JÚNIOR, J.; ARAÚJO, R. C.; BERTUOL, F.; GONÇALVES, J.; MELO, F. R.; RYLANDS, A. B.; MITTERMEIER, R. A.; SILVA, F. E.; NASH, S. D.; CANALE, G.; ALENCAR, R. M.; ROSSI, R. V.; CARNEIRO, J.; SAMPAIO, I.; FARIAS, I. P.; SCHNEIDER, H.; HRBEK, T. On a new species of titi monkey (Primates: *Plecturocebus* Byrne et al., 2016), from Alta Floresta, Southern Amazon, Brazil. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, [S.l.], v. 132, p. 117-137, mar. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790318304433?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jun. 2024.

BRASIL. **Lei n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

CAMPOS, J. O.; DA SANTOS, J. S.; SALVADOR, M. do S. S.; LIMA, V. R. P. Análise e propagação dos efeitos de borda no Parque Estadual Mata do Pau – Ferro, Areia – PB. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 12, n. 2, p. 21–36, dez. 2018. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5103>. Acesso em: 06 dez. 2024.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 35-46, jul. 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003442579190048B?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2024.

COSTA, T. G.; SOUZA, N. F. M.; ZAMBALDI, L. P. Mapeamento dos serviços ecossistêmicos de APPs de cursos d'água: caso da bacia do rio Doce. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 7, n. 4, p. 2507-2522, out./dez. 2022. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2049. Acesso em: 25 jun. 2024.

CRUZ, U. R. X.; OLIVEIRA, L. P. Comparativo entre os métodos de classificação MaxVer e Random Forest utilizando imagem Sentinel-2B. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, v. 21, n. 21, p. 1-19, jan./dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/view/36861/29973>. Acesso em: 25 jun. 2024.

DA SILVA JÚNIOR, J. A.; DA SILVA JÚNIO, U. J.; PACHECO, A. P. Análise de acurácia para o mapeamento de áreas queimadas utilizando uma cena VIIRS 1Km e classificação por Random Forest. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 06, p. 3225-3240, set. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/249396>. Acesso em: 25 jun. 2024.

DE LIMA FILHO, J. A.; VIEIRA, R. J. A. G.; DE SOUZA, C. A. M.; FERREIRA, F. F.; OLIVEIRA, V. M. Effects of habitat fragmentation on biodiversity patterns of ecosystems with resource competition. **Phys. A Stat. Mech. Appl.**, [S.l.], v. 564, n. 1, p. 125497, fev. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437120307950?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jun. 2024.

FISCHER, R.; TAUBERT, F.; MÜLLER, M. S.; GROENEVELD, J.; LEHMANN, S.; WIEGAND, T.; HUTH, A. A fragmentação florestal acelerada leva a um aumento crítico na área de borda de floresta tropical. **Ciência. Av.**, [S.l.], v. 7, n. 37, p. eabg7012, set. 2021. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abg7012>. Acesso em: 28 jun. 2024.

FREITAS, L. E.; GARAY, I. E. G. Corredores Ecológicos como Ferramentas de Gestão / Ecological Corridors as Management Tools. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 5, p. 47042–47063, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29590>. Acesso em: 06 dez. 2024.

GOMES, M. C.; SOUSA, A. C. R. C.; BAYER, M.; FARIA, K. M. S. Degradação da vegetação nativa e implicações sobre o regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio claro, sub-bacia do rio Araguaia (GO). **Revista Geociências, São Paulo**, v. 41, n. 3, p. 559-568, 2022. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15579>. Acesso em: 28 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Topodata**: Banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 02 mar. 2024.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **SÉRIE TÉCNICA IPEF**, [S.l.], v. 12, n. 32, p. 65-70, dez. 1998. Disponível em: <http://www.lcb.esalq.usp.br/publications/articles/1998/1998stiv12n32p65-70.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2024.

KRAESKI, A.; ALMEIDA, F. T.; SOUZA, A. P.; CARVALHO, T. M. Identificação de conflitos de uso da terra em Área de Preservação Permanente em uma sub-bacia da Amazônia brasileira. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. e65951, nov. 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/65724>. Acesso em: 25 jun. 2024.

KONG, X.; GHAFAR, S.; DETERMANN, M.; FRIESE, K.; JOMAA, S.; MI, C.; SHATWELL, T.; RINKE, K.; RODE, M. Reservoir water quality deterioration due to deforestation emphasizes the indirect effects of global change. **Water Res.**, [S.l.], v. 221, p. 118721, ago. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135422006741>. Acesso em: 06 dez. 2024.

KRAESKI, A.; DE ALMEIDA, F. T.; DE SOUZA, A. P.; DE CARVALHO, T. M.; DE ABREU, D. C.; HOSHIDE, A. K.; ZOLIN, C. A. Land Use Changes in the Teles Pires River Basin's Amazon and Cerrado Biomes, Brazil, 1986–2020. **Sustainability**, [S.l.], v. 15, n. 5, p. 4611, mar. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4611>. Acesso em: 25 jun. 2024.

LAZARI, P. R.; OLIVEIRA, A. T. M.; SANDMANN, P. H. D.; MIGUEL, B. V.; FONTES, M. C.; ALMEIDA FILHO, N. R.; GUIRAU, G. V. F.; HENICKA, T. S.; SILVA, L. F.; CANALE, G. R.; BERNARDO, C. S. S. Parâmetros demográficos de populações de duas espécies ameaçadas de macacos-aranha, *Ateles chamek* e *A. marginatus*, no ecótono Cerrado-Amazônia. **Neotropical Primates**, Los Angeles, v. 26, n. 2, p. 97-103, dez. 2020. Disponível em: <https://primate.socgen.ucla.edu/index.php/multivitaminic/article/view/50>. Acesso em: 25 jun. 2024. DOI: 10.62015/np.2020.v26.50

LENSE, G. H. E.; AVANZI, J. C.; PARREIRAS, T. C.; MINCATO, R. L. Effects of deforestation on water erosion rates in the Amazon region. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 4, p. e8500, 2020. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v15i4a8500>. Acesso em: 06 dez. 2024.

MACIEL, E. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; EISENLOHR, P. V. Prioritizing rare tree species of the Cerrado-Amazon ecotone: warnings and insights emerging from a comprehensive transitional zone of South America. **Natureza e Conservação**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 74-82, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300329?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MARCON, A. K.; GALVÃO, F.; MATIAS, R. A. M.; BLUM, C. T.; BOTOSSO, P. C.; MARTINS, K. G. Dinâmica da paisagem no entorno de uma usina hidrelétrica no estado do Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 126, p. e3278, jun. 2020. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr126/2318-1222-sci-for-48-126-e3278.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

MITCHELL, M. G. E.; BENNETT, E. M.; GONZALEZ, A. Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 51, n. 4, p. 835-1130, fev. 2014. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12241>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 141-152, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/pfFhggLhCBkqV3KXKss69vq/?lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2024.

O'CONNOR, D. Governing the global commons: linking carbon sequestration and biodiversity conservation in tropical forests. **Global Environmental Change**, [S.l.], v. 18, n. 3, p. 368-374, ago. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378008000617>. Acesso em: 04 dez. 2024.

OLIVEIRA, B. F. A.; BOTTINO, M. J.; NOBRE, P. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. **Commun Earth Environ**, [S.l.], v. 2, n. 207, p. 1-8, out. 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43247-021-00275-8#citeas>. Acesso em: 06 dez. 2024.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**,

Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, abr. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/kg6SjXzSw5nYJbbTDrML5Zd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 06 dez. 2024.

RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação Florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 63-74, jan./abr. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/d5KVDwFFRvJXC58JsYJBGdr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 jun. 2024.

ROSA, M. R. Classificação do Padrão de Ocupação Urbana de São Paulo Utilizando Aprendizagem de Máquina e Sentinel 2. **Revista Do Departamento De Geografia**, São Paulo, v. spe., p. 15-21, set. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/145784/147220>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SIMÕES, J. M.; DE ALMEIDA, F. T.; ULIANA, E. M.; VENDRUSCULO, L. G. Uso de sensoriamento remoto no monitoramento de sólidos em suspensão do reservatório de uma usina hidrelétrica na transição Cerrado-Amazônia. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 15, n. 3, p. 69-88, nov. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/57559>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, out./dez. 2013. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1334>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOUZA, R. B. Os conflitos socioterritoriais causados por empreendimentos hidrelétricos na Amazônia: e os atingidos por barragem da Gleba Mercedes em Sinop/MT. **Revista Mutirô**, Recife, v. 1, n. 2, p. 280-304, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/mutiro/article/view/245981>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOUZA, R. B.; SOUZA, E. A. Impactos socioambientais das políticas do setor elétrico na bacia do rio Teles Pires em Sinop/MT. **Revista Equador**, Teresina, v. 9, n. 1, p. 334 – 357, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9376>. Acesso em: 20 jun. 2024.

STEFANELLO, M.; WEBER, L.; FELKER, R.; PIAZZA, E.; JUNG, P. H. Modificações na paisagem decorrentes da construção da Usina Hidrelétrica São José, região noroeste do Rio Grande do Sul. **Enciclopedia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 2254-2267, dez. 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/modificacoes%20na%20paisagem.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. D. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 151-162, ago. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/vMhK9xjGrjyLMXgBcwmSM7Q/?lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2024.

Contribuição de autoria

1 - Aline Kraeski

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
<https://orcid.org/0000-0001-5795-9245> • aline.kraeski@edu.mt.gov.br
Contribuição: Conceitualização, Curadoria de Dados, Investigação, Metodologia, Administração de projeto, Recursos, Software, Validação, Visualização, Escrita - primeira redação, Escrita - revisão e edição

2 - Gisele Cristina Kraeski Gonçalves

Mestre em Letras - Estudos Literários pela Universidade do Estado de Mato Grosso UNEMAT - Sinop (2020)
<https://orcid.org/0000-0001-5667-079X> • gisele.kraeski@edu.mt.gov.br
Contribuição: Conceitualização, Análise Formal, Administração de projeto, Supervisão, Escrita - revisão e edição

3 - Renan Nunes Santos Lima

Ensino Fundamental completo pela Escola Estadual Carlos Drummond de Andrade
<https://orcid.org/0009-0009-4941-2771> • e2393741@edu.mt.gov.br
Contribuição: Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Escrita - Primeira Redação

4 - Samira Coelho Vieira

Ensino Fundamental completo pela Escola Estadual Carlos Drummond de Andrade
<https://orcid.org/0009-0008-8206-3430> • e2447793@edu.mt.gov.br
Contribuição: Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Escrita - Primeira Redação

5 - Stefany Formigari Wrzsciz

Ensino Fundamental completo pela Escola Estadual Carlos Drummond de Andrade
<https://orcid.org/0009-0008-3984-5736> • e2278640@edu.mt.gov.br
Contribuição: Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Escrita - Primeira Redação

Como citar este artigo

KRAESKI, A.; GONÇALVES, G. C. K.; LIMA, R. N. S.; VIEIRA, S. C.; WRZSCIZ, S. F. Fragmentação florestal e proposta de reflorestamento através da simulação de cenário em uma microbacia no ecótono Cerrado-Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 47, e88255, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X88255>. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X88255>