DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: ANÁLISE DE PADRÕES ESPACIAIS E POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO NA ECORREGIÃO XINGU-TAPAJÓS

Douglas Rafael Vidal de Moraes [1], Camila Barata Quadros [2], Cassiano Gustavo Messias [3], Carlos Afonso Nobre [4]

[1]Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, UNESP/CEMADEN, São José dos Campos, SP, moraesdrv@gmail.com, [2]Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, UNESP/CEMADEN, São José dos Campos, SP, camilabquadros@gmail.com; [3]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, cassiano.messias@inpe.br, [4]Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, IEA-USP, São Paulo, SP e Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, UNESP/CEMADEN, São José dos Campos, SP.

RESUMO

Este estudo investigou a dinâmica do desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós, situada no "Arco do Desmatamento" da Amazônia, utilizando dados anuais de polígonos de desmatamento do projeto PRODES entre 2010 e 2024, além de técnicas de sensoriamento remoto para avaliar padrões de perda de cobertura florestal. Os resultados apontaram picos de desmatamento nos primeiros anos da década de 2010, seguidos por uma redução entre 2015 e 2018, com um aumento expressivo a partir de 2019, atingindo valores superiores a 2.500 km² em 2021. A análise indicou uma transição de áreas de desmatamento fragmentadas para grandes áreas contínuas. Observou-se que políticas de monitoramento são fundamentais, mas necessitam de reforço e incentivos a práticas sustentáveis. Conclui-se que a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável na região exigem uma abordagem integrada e coordenada para lidar com os desafios ambientais da ecorregião Xingu-Tapajós.

Palavras-chave — PRODES, Xingu-Tapajós, Desmatamento.

ABSTRACT

This study investigated deforestation dynamics in the Xingu-Tapajós ecoregion, located within the "Arc of Deforestation" in the Amazon, using annual deforestation polygon data from the PRODES project between 2010 and 2024, as well as remote sensing techniques to evaluate forest cover loss patterns. Results indicated deforestation peaks in the early 2010s, followed by a reduction between 2015 and 2018, with a significant increase starting in 2019, reaching over 2,500 km² in 2021. The analysis indicated a shift from fragmented deforestation to large continuous areas. Monitoring policies proved essential but need reinforcement and incentives for sustainable practices. It is concluded that biodiversity conservation and sustainable development in the region require an integrated and coordinated approach to address the environmental challenges of the Xingu-Tapajós ecoregion.

Key words — *PRODES, Xingu-Tapajos, Deforestation.*

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é considerada o maior bioma tropical do planeta, cobrindo aproximadamente 5,5 milhões de km² e englobando a maior diversidade de espécies vegetais e animais do mundo [1,2]. Este bioma desempenha um papel crucial na regulação climática global e no ciclo hidrológico, contribuindo significativamente para a estabilidade do clima e para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais [3,4]. No entanto, as últimas décadas têm sido marcadas por pressões crescentes sobre a Amazônia, resultantes principalmente da expansão da fronteira agropecuária, exploração madeireira e construção de grandes obras de infraestrutura [5]. Esse avanço das atividades antrópicas tem levado ao desmatamento extensivo, que transforma grandes áreas de floresta em pastagens e cultivos, afetando diretamente a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas [6,7].

O desmatamento na Amazônia é impulsionado por diversos fatores econômicos e sociais, como a alta demanda por commodities agrícolas e o incentivo ao desenvolvimento da infraestrutura de transporte [8]. Essa transformação do uso do solo tem amplas implicações ecológicas, incluindo a fragmentação do habitat, a perda de espécies endêmicas e o aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), que agravam o aquecimento global [9,10]. Além disso, o desmatamento compromete a disponibilidade de recursos hídricos, uma vez que as florestas amazônicas desempenham um papel crucial no ciclo da água, influenciando tanto a precipitação local quanto padrões climáticos em outras regiões do planeta [11].

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender a dinâmica espaço-temporal do desmatamento na Amazônia para o desenvolvimento de estratégias de conservação e políticas públicas que promovam o uso sustentável dos recursos naturais [12]. Estudos que utilizam dados de sensoriamento remoto e técnicas de análise espacial têm se mostrado eficazes para mapear e monitorar o avanço do desmatamento, fornecendo informações valiosas para a formulação de políticas de mitigação e conservação ambiental [13]. Este trabalho foca na análise do

desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós, uma área crítica dentro do chamado "Arco do Desmatamento", que compreende as zonas mais afetadas pela perda de cobertura florestal na Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho é a ecorregião Xingu-Tapajós, localizada na porção oriental da Amazônia brasileira, dentro do "Arco do Desmatamento". Essa região é caracterizada por altas taxas de perda florestal, impulsionadas pela expansão agrícola e pecuária, e desempenha um papel essencial na preservação de corredores ecológicos e serviços ecossistêmicos, como a regulação climática e do ciclo hidrológico. A análise se concentrou em identificar padrões de desmatamento entre os anos de 2010 e 2024.

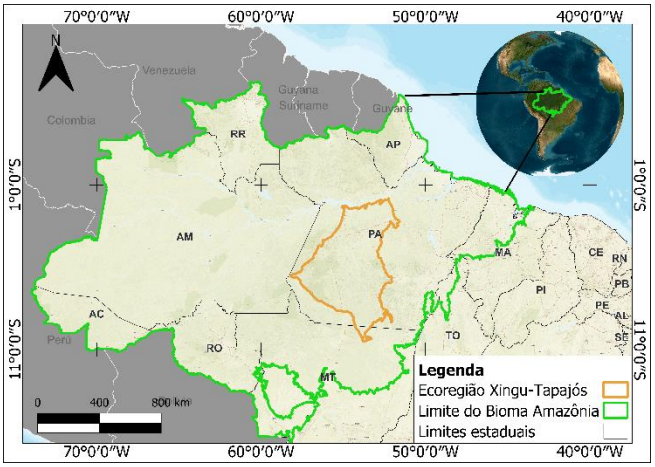


Figura 1. Delimitação da Ecorregião Xingu-Tapajós no bioma Amazônia.

Os dados utilizados foram polígonos de desmatamento do Prodes Amazônia (monitoramento anual da supressão da vegetação nativa na Amazônia) baixados na plataforma TerraBrasilis, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [14], que cobrem o período de 2010 a 2024. Para delimitar a área de estudo, foram empregados shapefiles específicos da ecorregião Xingu-Tapajós, permitindo uma análise precisa do desmatamento dentro dessa região.

O processamento e a manipulação dos dados espaciais, assim como a criação dos mapas e a análise dos padrões de desmatamento, foram realizados no software QGIS, enquanto as análises estatísticas e gráficas foram conduzidas no software R. Inicialmente, os polígonos de desmatamento e os limites da ecorregião foram padronizados em um sistema de coordenadas uniforme (Albers Equal Area Conic) no QGIS. Em seguida, os dados passaram por uma etapa de pré-processamento em R, o que permitiu uma análise detalhada e precisa das áreas desmatadas.

A análise espaço-temporal foi estruturada de forma a monitorar as mudanças na cobertura florestal anualmente. Foram gerados mapas temáticos em QGIS que destacaram as áreas desmatadas em cada período, permitindo a observação dos padrões de expansão e fragmentação do desmatamento ao longo dos anos. As métricas avaliadas incluíram a área total desmatada por ano, a distribuição espacial dos polígonos e o tamanho médio dos polígonos de desmatamento, o que possibilitou uma análise da transição de áreas fragmentadas para blocos contínuos de desmatamento.

Os resultados da análise foram visualizados em gráficos e mapas, que evidenciaram as tendências e variações no desmatamento ao longo do período estudado, contribuindo para uma compreensão aprofundada dos padrões espaço-temporais de perda florestal na ecorregião Xingu-Tapajós.

3. RESULTADOS

3.1. Evolução Temporal do Desmatamento

A análise dos dados de desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós, conforme mostrado no Gráfico 1, revela uma variação considerável na perda de cobertura florestal a partir de 2010. Nesse período, foram observados anos com picos de desmatamento, seguidos por períodos de leve redução. Essa redução pode estar relacionada ao fortalecimento de políticas de controle ambiental e à pressão internacional por conservação da Amazônia. Apesar dessas flutuações, os dados mostram que o desmatamento continua a ocorrer, ressaltando a importância de esforços contínuos para proteger a região.

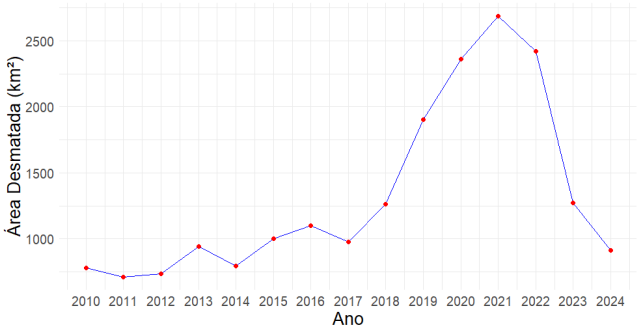


Gráfico 1. Evolução Anual da Área Desmatada na Ecorregião Xingu-Tapajós (2010-2024).

Entre 2010 e 2017, o desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós mostrou variações moderadas, mantendo-se em torno de 1.000 km² desmatados por ano. Em 2019, iniciou-se um aumento expressivo nas taxas, culminando em um pico em 2021, quando o desmatamento ultrapassou 2.500 km². Esse crescimento provavelmente reflete uma combinação de fatores, como a maior pressão pela expansão agrícola e enfraquecimento na fiscalização ambiental. Após 2021, observou-se uma queda significativa até 2024, possivelmente

associada ao fortalecimento de políticas de conservação e pressão por melhores práticas ambientais..

3.2. Distribuição Espacial dos Polígonos de Desmatamento

O mapeamento dos polígonos de desmatamento mostrou que as áreas mais afetadas estão concentradas principalmente ao longo de rodovias e próximo a grandes empreendimentos agrícolas, como áreas de plantio de soja e pastagens. A Figura 2 apresenta um mapa que ilustra a distribuição espacial dos polígonos de desmatamento no período de 2010 a 2024.

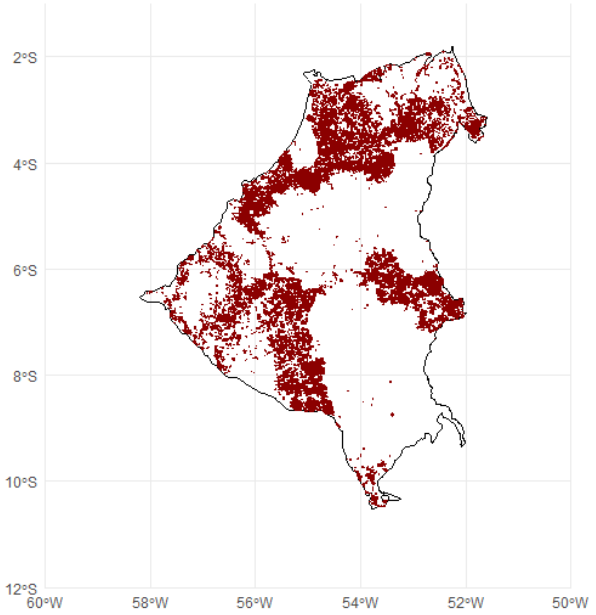


Figura 2. Mapa de Desmatamento na Ecorregião Xingu-Tapajós (2010-2024).

No mapa, observa-se que as áreas desmatadas estão espalhadas por toda a região, com uma concentração significativa nas áreas mais próximas das principais vias de acesso e nos entornos de grandes fazendas. Essa distribuição sugere que as atividades humanas, especialmente ligadas à agricultura e à pecuária, têm sido os principais motores do desmatamento na região.

3.3. Tamanho dos Polígonos de Desmatamento

Uma análise mais detalhada dos tamanhos dos polígonos de desmatamento ao longo dos anos revelou que a mediana variou entre 15 e 36,9 hectares, com o maior valor em 2020, refletindo mudanças no padrão de uso do solo na ecorregião. Entre 2010 e 2016, os tamanhos dos polígonos permaneceram baixos, com média em torno de 18 hectares. Esse período coincide com um controle mais efetivo das atividades de desmatamento, possivelmente devido a políticas públicas de conservação e pressões internacionais por sustentabilidade ambiental.

A partir de 2017, no entanto, observa-se uma tendência de crescimento nos tamanhos dos polígonos, indicando a formação de áreas contínuas e consolidadas de desmatamento. Esse aumento pode estar relacionado à intensificação de atividades agrícolas e pecuárias, impulsionadas por incentivos econômicos e por uma fiscalização menos rigorosa. Em 2020 e 2021, houve um crescimento significativo nos polígonos de grande escala, sinalizando uma expansão agressiva de áreas desmatadas, especialmente em regiões próximas a infraestruturas de transporte e grandes propriedades. Esses dados sugerem um avanço das fronteiras agrícolas e uma mudança de um padrão de desmatamento fragmentado para áreas extensas de floresta convertidas em áreas de produção agrícola, o que reforça a necessidade de uma resposta robusta em termos de políticas de conservação e controle ambiental.

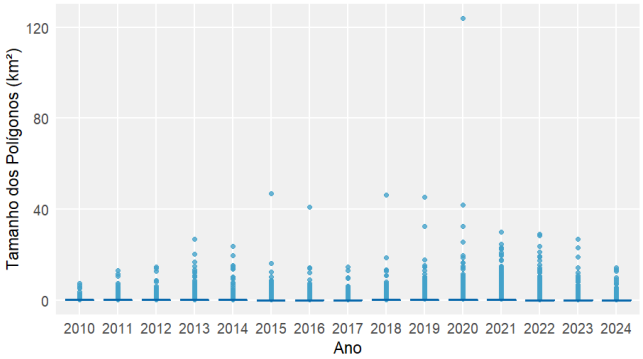


Gráfico 2. Variação dos Tamanhos dos Polígonos de Desmatamento na Ecorregião Xingu-Tapajós (2010-2024).

3.4. Implicações para a Conservação e Sustentabilidade

Os resultados deste estudo mostram que, apesar de uma predominância de polígonos menores, o aumento observado no tamanho dos polígonos de desmatamento nos últimos anos, especialmente em 2020 e 2021, indica uma intensificação das atividades de desmatamento em grande escala. Essa tendência reflete uma pressão crescente sobre as áreas de floresta, possivelmente relacionada à expansão agrícola. Assim, há uma necessidade urgente de políticas de preservação mais eficazes e da promoção de práticas de uso sustentável da terra. A criação e manutenção de corredores ecológicos, áreas de reserva legal e zonas de amortecimento são fundamentais para mitigar os impactos do desmatamento, assegurar a conservação da biodiversidade e garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos na região.

4. DISCUSSÃO

A análise do desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós entre 2010 e 2024, conforme ilustrado no Gráfico 1, demonstra variações anuais na perda de cobertura florestal. De 2010 a 2017, o desmatamento manteve-se em média em

torno de 1.000 km² por ano, seguido por uma leve redução entre 2015 e 2018, sugerindo o efeito de políticas de controle ambiental mais rigorosas. No entanto, a partir de 2019, observou-se um aumento acentuado, culminando em um pico de desmatamento superior a 2.500 km² em 2021, o que pode ser atribuído ao aumento da pressão agrícola e a uma fiscalização ambiental enfraquecida.

A distribuição espacial dos polígonos de desmatamento, conforme apresentado no Mapa (Figura 2), evidencia uma concentração ao longo das principais rodovias e em áreas próximas a grandes empreendimentos agrícolas. A análise dos tamanhos dos polígonos, mostrada no Gráfico 2, indica um crescimento médio nas dimensões das áreas desmatadas, com a mediana variando entre 15 e 36,9 hectares ao longo do período. Em particular, os anos de 2020 e 2021 registraram um aumento significativo no tamanho dos polígonos, refletindo a expansão de áreas contínuas de desmatamento associadas à agricultura em larga escala.

Esses padrões indicam uma intensificação das pressões sobre a floresta e reforçam a necessidade de políticas ambientais mais robustas, além de incentivos para práticas agrícolas sustentáveis, visando a mitigação dos impactos do desmatamento e a preservação da biodiversidade na ecorregião.

5. CONCLUSÕES

A análise do desmatamento na ecorregião Xingu-Tapajós, de 2010 a 2024, evidencia uma trajetória de perda florestal com aumento expressivo nas taxas de desmatamento a partir de 2019, conforme mostrado nos gráficos. Esse crescimento culminou em um pico superior a 2.500 km² em 2021, refletindo a intensificação das pressões por expansão agrícola e uma redução na fiscalização ambiental. A distribuição espacial dos polígonos de desmatamento indica uma concentração próxima às rodovias e grandes propriedades agrícolas, enquanto o aumento no tamanho médio dos polígonos, especialmente entre 2020 e 2021, reforça a transição para áreas de desmatamento contínuo, característica de grandes propriedades.

Esses resultados destacam a necessidade de políticas ambientais mais robustas e eficazes, bem como de incentivos para práticas agrícolas sustentáveis. Somente uma abordagem integrada e coordenada poderá mitigar os impactos do desmatamento, promovendo a conservação dos ecossistemas e a manutenção dos serviços ambientais essenciais na ecorregião Xingu-Tapajós.

6. AGRADECIMENTO

Agradecimento ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico - CNPq projeto 422354/2023-6 (Monitoramento e avisos de mudanças de cobertura da terra nos Biomas Brasileiros – capacitação e semiautomatização do programa BiomasBR), sediado e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

6. REFERÊNCIAS

[1] B. K. Becker. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Editora Garamond, 2004.

[2] C. W. Porto-Gonçalves. "Amazônia enquanto acumulação desigual de tempos: Uma contribuição para a ecologia política da região," Revista Crítica de Ciências Sociais, no. 107, pp. 63-90, 2015.

[3] A. N. Ab'Sáber. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, 2003.

[4] Y. Malhi, et al. "Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon," Science, vol. 319, no. 5860, pp. 169-172, 2008.

[5] P. M. Fearnside. "Como sempre, os negócios: o ressurgimento do desmatamento na Amazônia brasileira," Yale Environment, vol. 360, p. 18, 2017.

[6] W. F. Laurance, et al. "Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation," Conservation Biology, vol. 16, no. 3, pp. 605-618, 2002.

[7] P. M. Staevie. "Crescimento demográfico e exclusão social nas capitais periféricas da Amazônia," Textos e Debates, no. 28, 2015.

[8] D. C. Nepstad, C. M. Stickler, and O. T. Almeida. "Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation," Conservation Biology, vol. 20, no. 6, pp. 1595-1603, 2006.

[9] A. Baccini, et al. "Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss," Science, vol. 358, no. 6360, pp. 230-234, 2017.

[10] C. A. Nobre and A. D. Nobre. "O balanço de carbono da Amazônia brasileira," Estudos Avançados, vol. 16, pp. 81-90, 2002.

[11] Y. Qin, et al. "Carbon loss from forest degradation exceeds that from deforestation in the Brazilian Amazon," Nature Climate Change, vol. 11, no. 5, pp. 442-448, 2021.

[12] L. V. Gatti, et al. "Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change," Nature, vol. 595, no. 7867, pp. 388-393, 2021.

[13] D. Amitrano, et al. "Earth environmental monitoring using multi-temporal synthetic aperture radar: A critical review of selected applications," Remote Sensing, vol. 13, no. 4, p. 604, 2021.

[14] TERRABRASILIS. Taxas de desmatamento na Amazônia Legal. Disponível em: < https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>