

DINÂMICA DA ANTROPIZAÇÃO EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS INTEGRANTES DE TERRA INDÍGENA NO SUDESTE PARAENSE

Gustavo Martinez Pimentel¹, Orlando dos Santos Watrin², Jamer Andrade da Costa¹, e Enzo Perez Bouth¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Perimetral, nº 2501, 66.077-830, Belém, PA.
gustavo.mpimentel@hotmail.com; jamercoستا@gmail.com; bouthenzo@gmail.com

²Embrapa Amazônia Oriental, Travessa Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Caixa Postal 48, 66095-903, Belém, PA.
orlando.watrin@embrapa.br

RESUMO

O estudo analisou o impacto das atividades antrópicas, como agropecuária e garimpo, em dois segmentos de bacias hidrográficas da Terra Indígena Kayapó, no estado do Pará. Foi utilizada a plataforma QGIS e dados do Projeto MapBiomias para monitorar mudanças no uso e cobertura da terra durante os anos de 2013, 2018 e 2023. Os resultados indicaram uma diminuição significativa na cobertura florestal, de 17.337,23 km² (92,25%) para 15.377,44 km² (81,83%). Por sua vez, as áreas destinadas às atividades de garimpo e de agropecuária aumentaram de 420,33 km² em 2013 para 2.065,89 km² em 2023, aumento esse de quase 400%. Tal degradação ameaça tanto os ecossistemas locais quanto a preservação da cultura indígena. O uso de estudos ambientais e geotecnologias são fundamentais para entender e monitorar essas mudanças, buscando soluções para minimizar os impactos na região.

Palavras-chave — SIG, MapBiomias, Terra Indígena, Amazônia

ABSTRACT

The study analyzed the impact of human activities, such as agriculture and mining, on two segments of watersheds in the Kayapó Indigenous Land, located in Pará State, Brazil. The QGIS platform and data from the MapBiomias Project were used to monitor changes in land use and cover during the years 2013, 2018, and 2023. The results indicated a significant decrease in forest cover, from 17,337.23 km² (92.25%) to 15,377.44 km² (81.83%). Simultaneously, areas designated for mining and agricultural activities increased from 420.33 km² in 2013 to 2,065.89 km² in 2023, an increase of almost 400%. This degradation threatens both local ecosystems and the preservation of indigenous culture. The use of environmental studies and geotechnologies is essential to understand and monitor these changes, seeking solutions to minimize impacts in the region.

Key words — GIS, MapBiomias, Indigenous Territory, Amazon

1. INTRODUÇÃO

As modificações na estrutura da paisagem causada pela intensificação das atividades antrópicas resultam em degradação do solo, impactos negativos sobre recursos hídricos e ameaça à diversidade biológica. Na Amazônia, as ocupações ambientais decorrentes do processo de ocupação das terras por atividades como exploração madeireira, agropecuária e garimpo devem-se, sobretudo, à velocidade e à intensidade com que vêm sendo conduzidas nas áreas mais críticas. No que tange aos impactos específicos das atividades de mineração na Amazônia, estimativas recentes indicam que existem mais de 80 mil pontos de garimpo em uma área de 241 mil ha, sendo que cerca de 10,5% dessa área está concentrada em 17 terras indígenas que foram invadidas de maneira direta [1]. Tal situação vai de encontro ao preconizado pela legislação brasileira que reconhece no conceito de ‘Área Protegida’, além das Unidades de Conservação tradicionais, as Terras Indígenas, numa visão socioambiental, como territórios complementares às mesmas no que se refere ao seu papel na conservação [2].

A questão de escala, muitas vezes, oculta problemas de degradação ambiental preocupantes. Estudos focados em Unidades de Conservação (UCs), aparentemente com áreas ambientalmente pouco antropizadas, podem disfarçar potenciais impactos quando analisados de forma setorializada. Isso é particularmente relevante no caso de atividades como mineração e degradação florestal. Portanto, é crucial desenvolver novas perspectivas de análise que revelem essas realidades de maneira clara.

Na avaliação dessa problemática, os estudos ambientais que levam em consideração essas particularidades, são de grande importância, pois podem auxiliar no real entendimento dos processos ligados à dinâmica do uso da terra em diferentes recortes da paisagem. Dentre tais recortes é bastante empregado em estudos ambientais o conceito de bacia hidrográfica, que corresponde a uma extensão da superfície terrestre limitada por divisores topográficos, cuja rede de drenagem converge para um ponto, o vertedouro [3]. Nessa extensão, os diferentes componentes da paisagem e processos ecossistêmicos estão

intimamente relacionados, dado o seu acoplamento com o ciclo hidrológico.

Por sua vez, as geotecnologias apresentam-se como ferramentas valiosas para subsidiar estudos ambientais com ações integradas de investigação, sobretudo no âmbito de ambientes tropicais, pois proporcionam uma série de informações espaciais valiosas sobre esses ecossistemas que vêm sofrendo rápidas mudanças. Considerando essas premissas, este trabalho tem como objetivo analisar espacialmente, a partir de dados temporais do Projeto MapBiomass, a dinâmica das alterações antrópicas oriundas de atividades de agropecuária e garimpo em dois segmentos de microbacias hidrográficas integrantes de terra indígena no sul do Estado do Pará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Áreas de Estudo

Foram selecionados para este estudo dois segmentos de microbacias hidrográficas localizados em zonas limítrofes da Terra Indígena Kayapó (Figura 1), sendo um na face norte, bacia do Rio Branco (10.665,53 Km²), e outro na face sul, bacia do Rio Arraias (8.160,48 Km²). A Terra Indígena Kayapó está localizada no sudeste do estado do Pará, abrangendo partes dos municípios de Cumaru do Norte, Bannach, Ourilândia do Norte e São Félix do Xingu. Constitui uma das maiores terras indígenas do país, com uma área de mais de 3,2 milhões de hectares [4]. O clima da região é equatorial, com alta umidade e temperaturas médias anuais entre 24 e 27°C, além de uma estação seca e outra chuvosa.

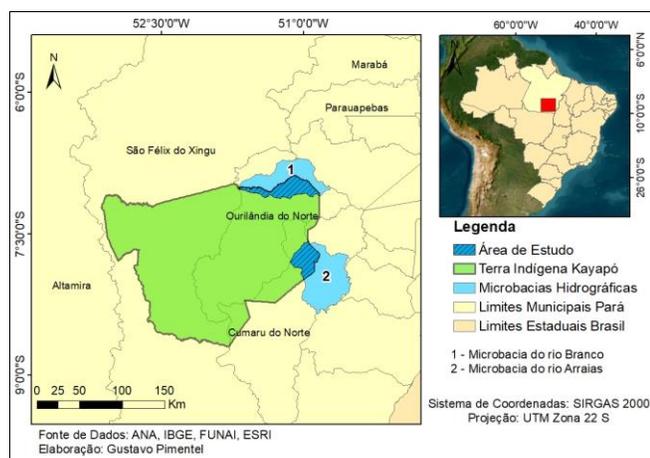


Figura 1. Localização das áreas de estudo.

Os Kayapó, habitantes dessa terra, têm uma rica cultura marcada por tradições orais, rituais complexos e uma profunda conexão com a natureza. Suas práticas culturais incluem a caça, pesca, agricultura de subsistência e rituais de valorização da floresta e dos recursos naturais, que eles protegem como parte de sua identidade e sobrevivência [4].

2.2. Base de dados e Análises espaciais

O trabalho foi estruturado em uma base de dados espaciais na plataforma QGIS, a partir do sistema de projeção SIRGAS 2000 zona 22 S, na escala 1:50.000. As análises espaciais foram realizadas considerando-se a área de interseção entre o território da UC e as duas microbacias hidrográficas selecionadas para estudo que pertencem à mesma. A definição do limite da UC tomou como base os dados oriundos da FUNAI [5], enquanto para as microbacias de estudo foram empregados como referência os dados disponíveis para as Bacias Hidrográficas Ottocodificadas, nível 4 da ANA [6].

Para o mapeamento temático proposto foram utilizados dados do projeto MapBiomass, que fornece dados em vários níveis de detalhes sobre o uso e cobertura da terra em todo o território brasileiro. Esses dados foram organizados em um banco de dados geoespacial, o que permitiu a análise temporal e espacial das mudanças na cobertura do solo nas áreas de estudo. Além disso, foi realizado o agrupamento das classes de forma a facilitar a comparação entre os diferentes anos de estudo, garantindo a consistência e a precisão das análises subsequentes [7].

De posse das imagens temáticas finais, foi realizada a quantificação de áreas das classes de uso e cobertura da terra, para cada um dos anos envolvidos no estudo. A análise da dinâmica do desflorestamento ao longo dos períodos estudados foi realizada usando a plataforma QGIS, especificamente através da Ferramenta *Semi-Automatic Classification Plugin*. Este processo envolveu a tabulação cruzada de imagens temáticas de datas consecutivas, comparando os anos de 2013 a 2018 e de 2018 a 2023. A partir da inspeção de matrizes de mudanças, foi verificado o correspondente percentual em área de uma classe que foi convertida em outra, durante os períodos analisados. Assim, tomando-se os valores da diagonal principal de cada matriz, correspondentes às diferentes classes de uso e cobertura, obteve-se o percentual de área que permaneceu inalterado (i.e., a estabilidade da paisagem) entre os anos considerados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Mapeamento do uso e cobertura da terra

Um aspecto central a ser considerado nas análises é que, apesar das formações de tipologia florestal definirem áreas contínuas expressivas e dominantes na paisagem da UC, encobrem a realidade de degradação ambiental de alguns setores da mesma. Assim, foram observados altos valores dessa dominância ao longo de todo o período analisado, porém contrastando com a situação de algumas áreas críticas, cujas paisagens já se encontram relativamente fragmentadas, principalmente, por atividades de garimpo. Tal padrão espacial pode ser verificado com maior evidência

nas áreas limítrofes da UC, mais especificamente nas microbacias dos rios Arraias e Branco. (Figura 2)

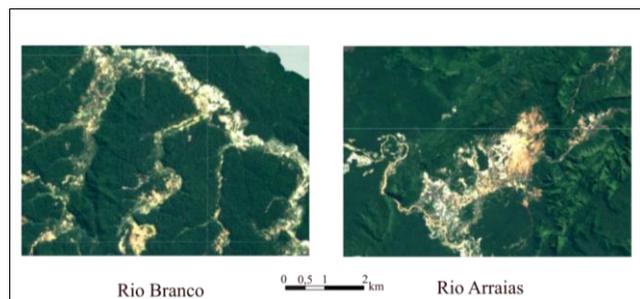


Figura 2. Demonstrativo de degradação nas microbacias analisadas. Fonte: Imagens PlanetScope, 2024.

A análise dos dados fornecidos sobre o uso e cobertura do solo durante os anos de 2013, 2018 e 2023 nas microbacias selecionadas destaca tendências preocupantes em termos de sustentabilidade ambiental e uso dos recursos naturais (Tabela 1). A redução da cobertura florestal, que passa de 92,25% em 2013 para 81,83% em 2023, indica uma pressão crescente sobre os ecossistemas naturais. Essa tendência pode ser atribuída a uma combinação de fatores, incluindo desmatamento para atividades agrícolas e pecuárias, bem como possíveis consequências de eventos climáticos adversos e incêndios florestais. Essa perda de floresta tem implicações significativas, não apenas para a biodiversidade local, mas também para o sequestro de carbono e a regulação do clima. [8]

Classes / Anos	Área (km ²)		
	2013	2018	2023
1) Floresta	17.337,23	16.848,05	15.377,44
2) Campos naturais	355,83	384,16	681,48
3) Agropecuária	236,15	364,26	1.074,43
4) Massa d'água	42,38	57,13	35,35
5) Afloramento de rocha	637,03	637,44	632,63
6) Mineração	184,18	501,75	991,45
TOTAL	18.792,79	18.792,79	18.792,79

Tabela 1: Quantificação de áreas das classes de uso e cobertura da terra na Terra Indígena Kayapó, PA, nos anos de 2013, 2018 e 2023. Fonte: Projeto Mapbiomas.

Simultaneamente, o aumento das áreas de campos naturais, de 1,89% em 2013 para 3,63% em 2023, pode sugerir um duplo fenômeno: por um lado, pode denotar a regeneração natural de algumas áreas degradadas, mas também pode indicar uma transição de florestas para estágios mais iniciais de sucessão ecológica devido à degradação constante. Essa mudança requer um monitoramento cuidadoso para entender melhor suas causas e consequências.

A classe agropecuária demonstrou um crescimento marcante, de 1,26% do total (236,15 km²) em 2013, para

5,72% (1.074,43 km²) em 2023. Isso sugere uma expansão significativa das atividades pecuárias e agrícolas que, por sua vez, impactaram na redução das áreas florestais.

Entretanto, foram as áreas de mineração que apresentaram as mudanças mais evidentes na paisagem, com crescimento notável, ampliando-se de 0,98% (184,18 km²) em 2013, para 5,28% (991,45 km²) em 2023. Esse aumento expressivo ressalta o impacto crescente das atividades de garimpo sobre a dinâmica do uso da terra ao longo do tempo nas áreas de estudo.

3.2. Dinâmica do uso e cobertura da terra

A partir da análise da Tabela 2 pode ser observada que a classe floresta possuía taxa de estabilidade de quase 97% dentre as possíveis transições, mas ainda assim, sofrendo perdas para áreas de agropecuária (1,2%) e de mineração (1,7%), entre 2013 e 2018. Nos cinco anos seguintes, a taxa de estabilidade caiu para 93,5%, continuando a perder área para a agropecuária (4,2%) e mineração (2,3%). A redução da área florestal está diretamente relacionada à expansão das atividades de mineração e agropecuária, que refletem um processo de desmatamento. Essa perda de cobertura florestal, mesmo que gradativa, representa uma ameaça ao ecossistema local, pois aumenta a vulnerabilidade da terra à degradação e afeta diretamente a biodiversidade e a resiliência ambiental.

Período 2013 - 2018						
Classes	1	2	3	4	5	6
1	96,8	0,3	1,2	0,0	0,0	1,7
2	0,0	95,1	1,0	0,0	0,0	3,8
3	0,0	0,0	92,6	0,0	0,0	7,4
4	0,0	0,0	0,0	94,1	0,0	5,9
5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Período 2018 - 2023						
Classes	1	2	3	4	5	6
1	93,5	0,0	4,2	0,0	0,0	2,3
2	0,0	98,7	1,1	0,0	0,0	0,1
3	0,0	0,0	97,6	0,0	0,0	2,4
4	0,0	0,3	0,0	60,3	0,0	39,4
5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Tabela 2. Matrizes de mudanças no uso e cobertura da terra entre os períodos 2013 a 2018 e 2018 a 2023, em percentual.

No período 2018-2023, as áreas de campos naturais expandiram em 98,7%, indicando um aumento em detrimento das áreas de florestas. Essa transição sugere um processo de degradação florestal e conversão para vegetação extremamente diferenciada. Esse fenômeno pode estar associado a efeitos de queimadas, extração de madeira e degradação ambiental, que impedem a regeneração florestal completa e levam à conversão para vegetação mais aberta.

A mineração aumentou para 100% das mudanças nos dois períodos analisados, refletindo um crescimento contínuo e exponencial. A intensificação do garimpo na Amazônia, associada à contaminação dos rios e à degradação ambiental pelo uso de mercúrio, vem causando problemas significativos para a biodiversidade e as populações indígenas da região [9].

Estudos internacionais [10] reforçam a correlação entre o avanço do garimpo e a degradação ambiental em áreas indígenas na Amazônia, impactando tanto os recursos hídricos quanto os ecossistemas florestais essenciais para a subsistência das comunidades locais.

A classe agropecuária registrou a taxa de estabilidade de quase 93% para o período entre 2013 e 2018, perdendo áreas exclusivamente para atividades de garimpo. Além disso, também foi responsável pela conversão de áreas de floresta (1,2%) e campos naturais (1,0%). Estas atividades de intensificação do uso do solo em terras indígenas aumenta, sobremaneira, a pressão sobre os recursos naturais, resultando em desmatamento e fragmentação florestal.

4. CONCLUSÕES

A análise dos dados sobre a mudança de uso e cobertura da terra em alguns setores da Terra Indígena Kayapó revela um preocupante quadro de degradação ambiental nesse território. A perda de floresta e a expansão de atividades econômicas, como mineração e agropecuária, ameaçam o ecossistema e as comunidades indígenas locais. Essas alterações trazem não apenas impactos ecológicos, mas também desafios sociais e culturais para os Kayapó, que dependem diretamente dos recursos naturais.

Por sua vez, mecanismos de monitoramento como dados do projeto MapBiomias são cruciais para entender essas mudanças na paisagem, oferecendo detalhes sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra e ajudando a identificar áreas que exigem atenção imediata. O monitoramento contínuo é necessário devido ao rápido ritmo das transformações.

Geotecnologias, com ferramentas avançadas de análise espacial, permitem um acompanhamento mais preciso e em tempo real dessas mudanças, se mostrando essenciais para estratégias de conservação e gestão sustentável, que visam proteger o meio ambiente e os interesses das comunidades indígenas.

6. REFERÊNCIAS

[1] M. Fellows, A. Alencar, R. Silvestrini, C. Diniz, L. Cortinhas, N. Carvalho, e J. Shimbo. As cicatrizes do garimpo em terras indígenas da Amazônia Brasileira. *Nota Técnica do IPAM*. Abr. 2024. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2024/04/NT11_portugues.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

[2] B. M. Murer, e S. M. Futada. *Unidades de Conservação no Brasil: Outras áreas protegidas*. Instituto Socioambiental. Disponível em: <[https://uc.socioambiental.org/pt-br/unidadesdeconservacao#:~:text=O%20SNUC%20reconhece%20doze%20\(12,casos%20previstos%20na%20pr%C3%B3pria%20Lei](https://uc.socioambiental.org/pt-br/unidadesdeconservacao#:~:text=O%20SNUC%20reconhece%20doze%20(12,casos%20previstos%20na%20pr%C3%B3pria%20Lei)>. Acesso em: 13 set. 2024.

[3] O. S. Watrin, P. Gerhard, e M. N. M. Maciel. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. *Geografia*. v. 34, n. 3, p. 455-472, 2009.

[4] B. Zimmerman, C. A. Peres, J. R. Malcolm, and T. Turner. Conservation and development alliances with the Kayapó of southeastern Amazon, a tropical forest indigenous people. *Environmental Conservation*, v. 28, n. 1, p. 10-22. 2001. DOI: doi.org/10.1017/S0376892901000029

[5] Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). *Terras Indígenas: Dados Geoespaciais e Mapas*. Disponível em: <<https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>>. Acesso em: 15 set. 2024.

[6] Agência Nacional de Águas (ANA). *Bacias hidrográficas otocodificadas: Níveis Otto 1-7*. Brasília, 17 dez. 2012. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>>. Acesso em: 29 set. 2024.

[7] V. F. Alves, E. L. Bolfe, e T. C. Parreiras. Análise de transições do uso e cobertura do solo entre 2015 e 2020 em Botucatu, SP. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE, 2023. v. 20. p. 2725.

[8] R. E. Gullison et al. Tropical Forests and Climate Policy *Science* v. 316, p. 985, 2007. DOI: [10.1126/science.1136163](https://doi.org/10.1126/science.1136163)

[9] C. Alvarenga. O garimpo ilegal na Amazônia e os impactos socioambientais enfrentados pelos povos originários. *Revista de Direitos Humanos e Efetividade*, Florianópolis, v. 9, n. 2, 2024. DOI: [10.26668/IndexLawJournals/2526-0022/2023.v9i2.10001](https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2526-0022/2023.v9i2.10001).

[10] J. J. Swenson, D. E. Carter, J. A. C. Domecq, and C. I. Delgado. Gold mining in the Peruvian Amazon: Global prices, deforestation, and mercury imports. 2011. *Plos One*. v. 6, n. 4 e. 18875. DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0018875/. Acesso em: 23 out. 2024.