



CENÁRIOS AMBIENTAIS, CONFLITOS E DISPUTAS TERRITORIAIS NA TERRA INDÍGENA MUNDURUKU-PA: ANÁLISES ESPAÇO-TEMPORAIS A PARTIR DO MÓDULO LCM (*LAND CHANGE MODELER*)

Rodrigo Fernandes Cruz ¹
Bruno da Costa Ferreira ²
Leandro Andrei Beser de Deus ³

RESUMO

O presente trabalho objetiva analisar as alterações na formação florestal da Terra Indígena Munduruku (PA), ao longo de um recorte temporal, classificado em dois tempos, sendo: T1 - 2016 e T2 - 2022, caracterizado como o período do desmonte ambiental, no qual inúmeras políticas e programas ambientais foram enfraquecidas. Dentro da análise, relacionamos os conflitos e os desafios da TI Munduruku diante da problemática e construímos cenários ambientais que atuam de maneira a compreender a dinâmica do uso e cobertura da terra e perspectivas de futuro. A Terra Indígena Munduruku está localizada no Vale dos Tapajós, principalmente nos afluentes do rio Tapajós. Tendo como fundamento o estudo da bibliografia de Carlos Walter Porto-Gonçalves sob a ótica de uma Amazônia plural e diversa, com múltiplos atores e com uma enorme importância para as sociedades indígenas que ali vivem, o artigo busca compreender as dinâmicas territoriais e socioespaciais da Terra Indígena. A base da bibliografia sobre cenários tem como referência a geógrafa Bertha Becker. Concomitante a isso, o estudo de modelos espaços-temporais, assim como os cenários ambientais, serão cruciais na elaboração e no entendimento das análises do Land Change Modeler (LCM). Tal ferramenta nos permite identificar e compreender as características fundamentais do território. Nota-se qual classe terá mais influência sobre outra e quais alterações espaciais serão mais significativas, gerando mapas de transição. Durante esse momento serão consideradas diversas variáveis para a construção desses cenários, como: corpos hídricos, estradas, garimpos, Terras Indígenas, Unidades de Conservação e aspectos geomorfológicos. Essa pesquisa se torna necessária para compreender as transformações territoriais na TI e como os conflitos e disputas se manifestam.

¹ Graduando do Curso de **Geografia** da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, rodrigofc2000@gmail.com;

² Graduando do Curso de **Geografia** da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, brunferreira2002@gmail.com

³ Professor Orientador do Curso de **Geografia** da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ leandrobaser@gmail.com;



INTRODUÇÃO

O presente artigo trabalha um período da história brasileira muito marcado por abandonos e enfraquecimentos de políticas ambientais, que pode ser chamado de período do desmonte ambiental, retratado entre os anos de 2016 e 2022. O trabalho integra um projeto de pesquisa vinculado à Universidade do Estado do Rio de Janeiro e aborda o estudo das áreas protegidas, disputas e conflitos territoriais na terra indígena Munduruku, no Pará.

Concomitantemente a isso, esse avanço do desmatamento se deu pelo enfraquecimento de políticas ambientais no período do desmonte ambiental, fato que se observou a partir do abandono de órgãos públicos como o IBAMA e ICMBio, simultaneamente com uma colaboração do governo federal no mesmo âmbito.

A problemática amazônica atual, portanto, se dá pelo fato do tratamento do ambiente como mercadoria numa lógica neoliberal ambiental (PORTO-GONÇALVES, 2012). Nesse sentido, a extração de recursos naturais nessa região, como o garimpo do ouro, corrobora com uma visão utilitarista da exploração de áreas protegidas, ampliando as pressões sobre territórios indígenas e outras comunidades tradicionais, transformando os elementos naturais em ativos econômicos, que estão sempre sujeitos a essa especulação e ao saque dos recursos.

Diante disso, o objetivo do trabalho é analisar as disputas e conflitos que incidem a Terra Indígena Munduruku, a partir das relações espaciais com base na sobreposição das transições entre formação florestal e mineração e seus modelos, indicando os compartimentos geomorfológicos e sua hidrografia. A geomorfologia local é caracterizada por solos arenosos, mal consolidados e altamente suscetíveis a erosão quando expostos e pela presença de uma extensa rede de drenagem, a qual apresenta diversos rios, igarapés e igapós. Essas características geomorfológicas e hidrográficas corroboram com o avanço do desmatamento e garimpo, uma vez que são vetores naturais que favorecem esse avanço, alterando, assim, a paisagem da região e impactando negativamente a região, através da contaminação dos cursos d'água, pelo mercúrio do garimpo, afetando o consumo de peixes pelas populações indígenas locais (THE NATURE CONSERVANCY, 2019).

Sendo assim, a criação de cenários ambientais é de suma importância para essa análise, uma vez que eles são modelos espaços-temporais especulativos e plausíveis



(BECKER, 2001), onde se pretende entender a dinâmica do uso e cobertura da terra nessas áreas protegidas. Tais cenários são importantes para a compreensão da dinâmica espacial em prol de orientações às políticas públicas ambientais e territoriais futuras que um determinado governo possa fazer, levando sempre em consideração o histórico de ocupação da área, o atual ambiente e perspectivas futuras da região.

Então, é de extrema importância entender as transformações na TI Munduruku sob a ótica geomorfológica, não apenas para descrever as mudanças físicas no território, mas para também reconhecer os riscos que tais mudanças representam para quem depende diretamente dessas terras para viver e pode efetivamente auxiliar na reparação dos danos causados na Amazônia, afinal “se há algum futuro a ser cogitado, esse futuro é ancestral” (KRENAK, 2022).

METODOLOGIA

A Terra Indígena Munduruku se localiza na região do Vale do Tapajós, abrangendo principalmente áreas próximas aos afluentes do rio Tapajós. Embora a maior concentração populacional esteja no Pará, a presença Munduruku também se estende por partes do Amazonas e do Mato Grosso. Tradicionalmente, as comunidades ocupam territórios em meio à floresta ou às margens de rios navegáveis, conforme apontado pelo Instituto Socioambiental, o ISA. Com uma área de aproximadamente 2,38 milhões de hectares, o território foi oficialmente homologado em 26 de fevereiro de 2004, após intensa disputa judicial, durante o primeiro mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva. Apesar desse reconhecimento legal, a TI Munduruku segue sob constante ameaça, enfrentando invasões de garimpeiros, madeireiros e posseiros que atuam de forma ilegal na exploração dos recursos naturais da região.

Do ponto de vista fisiográfico, a terra indígena está inserida no bioma amazônico, numa área dominada pelo Planalto Dissecado do Tapajós (DANTAS & TEIXEIRA, 2013). Essa unidade apresenta um relevo com altitudes que variam de 200m a 500m, sustentado por rochas cristalinas e sedimentares da Bacia do Amazonas. A Bacia do rio Tapajós integra o sistema hidrográfico da Amazônia e é composta por uma densa rede de drenagem, onde estão inseridos os rios Tapajós e Teles Pires e seus afluentes. Essas condições geomorfológicas e hidrológicas refletem a sensibilidade ambiental da região, especialmente diante da presença de atividades ilegais, como o garimpo.



A etapa metodológica deste estudo envolveu, inicialmente, a construção de um banco de dados geoespaciais para a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra na Terra Indígena Munduruku e sua zona de influência. Para isso, foram definidos dois marcos temporais: o ano de 2016 como ponto de partida (T1) e 2022 como tempo final (T2), a fim de considerar esses instantes como o período do desmonte ambiental ocorrido em nosso país. Os dados vetoriais e raster utilizados compreenderam as classes “Formação Florestal” e “Mineração”, obtidas na plataforma do projeto MapBiomass, além do limite oficial da Terra Indígena Munduruku, conforme disponibilizado pelo IBGE. A ênfase nas duas classes se deve ao fato do protagonismo causado por elas quando o assunto é o garimpo ilegal. A partir desse recorte territorial, foi delimitado um buffer de 10 km ao redor da terra indígena, com o objetivo de ampliar a análise espacial e considerar pressões e conflitos no entorno imediato do território.

Com os dados organizados, procedeu-se à importação dos arquivos para o software IDRISI Selva, onde foi utilizada a ferramenta Land Change Modeler (LCM) para modelar os padrões de transição entre os dois períodos analisados. A aplicação do LCM permitiu a geração de produtos analíticos fundamentais, todos com uma abordagem semelhante aos aplicados por Lima et al. (2023) para análise de mudança de cobertura vegetal: (i) os mapas de tendência de transição espacial, que indicam as direções predominantes da substituição de coberturas no território; (ii) os mapas de potencial de transição, construídos com base em redes neurais artificiais, que estimam a probabilidade de ocorrência de mudanças futuras considerando variáveis condicionantes; (iii) e as matrizes de transição de Markov, que quantificam estatisticamente os fluxos de mudança entre as classes analisadas. Essa combinação entre LCM, redes neurais e matriz de Markov, tem se mostrado eficaz na análise de dinâmicas ambientais em diferentes contextos da Amazônia Legal e do Cerrado, como podemos inferir a partir novamente da leitura de Lima et al. (2023).

Ademais, esses instrumentos possibilitaram uma análise integrada da dinâmica socioambiental da TI Munduruku, com destaque para os impactos sobre áreas florestais, corpos hídricos e compartimentos geomorfológicos vulneráveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como escrito anteriormente, utilizou-se de cenários ambientais relativos aos anos de 2016 (T1) e 2022 (T2), sendo as classes utilizadas a de Mineração e Formação

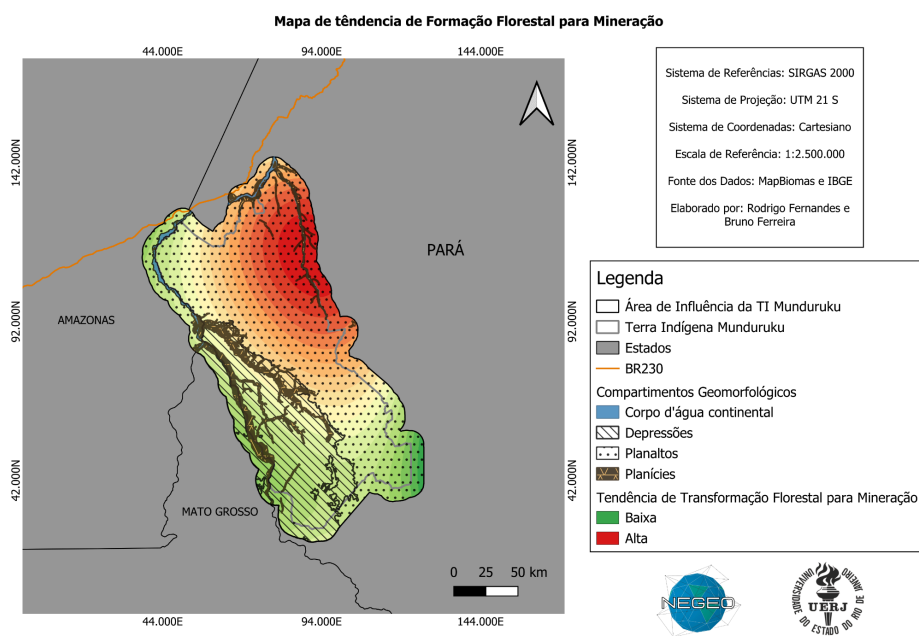


Florestal. Percebem-se mudanças significativas destas classes e o foco da discussão será em torno disso.

Mapa de Tendência Espacial

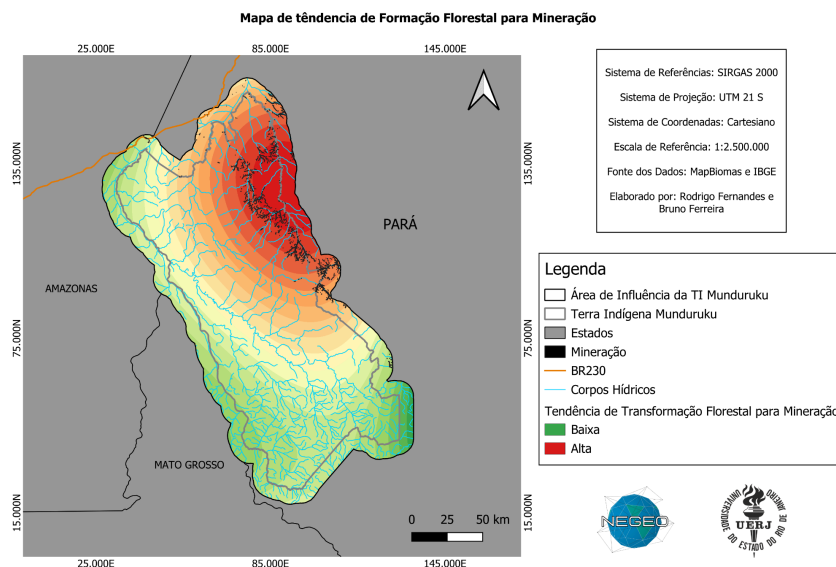
Os mapas de tendência espacial possibilitam identificar as direções predominantes das mudanças no uso e cobertura da terra, ao evidenciar para onde determinada transição tende a se expandir no território analisado. Esse tipo de representação espacial contribui para uma análise prospectiva, auxiliando na projeção de áreas com maior propensão à transformação em cenários futuros.

Figura 1 - Relação espacial entre compartimentos geomorfológicos e o mapa tendencial.



A Figura 1 apresenta o mapa tendencial de formação florestal para mineração, visualizado a partir de dados vetoriais de compartimentos geomorfológicos, sobrepondo à mineração. É possível visualizar a mineração se expandindo para o interior da Terra Indígena, do vermelho para o verde, principalmente a partir das planícies de inundações. Isso ocorre devido às planícies apresentarem gradientes topográficos suaves, com baixa declividade, enquanto nas zonas de depressão, geralmente implicam maior instabilidade e um relevo que dificulta operações mineradoras pesadas, de acordo com Giannini & Riccomini (2009) e Christofolletti (1974).

Figura 2 - Relação espacial entre corpos hídricos, mineração e o mapa tendencial.



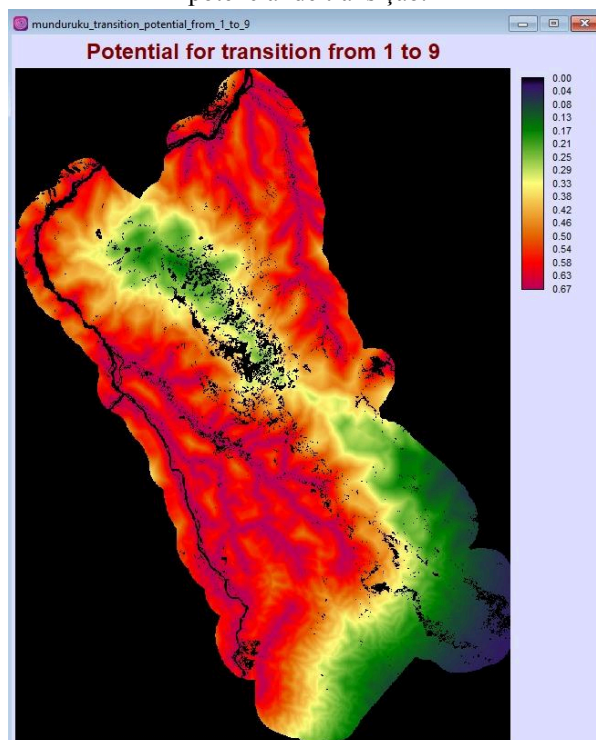
Já a Figura 2 nos mostra o mapa tendencial de formação florestal para mineração, visualizado a partir de dados vetoriais de corpos hídricos, sobrepondo à mineração. Dentro da análise é possível identificar como os corpos hídricos que circulam na TI Munduruku são focos de mineração, principalmente quando sobrepostos às planícies de inundação, visualizada na figura 1.

Essa sobreposição espacial evidencia como a mineração avança de forma direcionada sobre zonas extremamente sensíveis. A porção norte e nordeste da Terra Indígena Munduruku, que coincide com as áreas de maior propensão à atividade minerária, destaca-se como uma zona de risco iminente para a degradação ambiental. Tais áreas coincidem com regiões de planícies de inundação. Além disso, a presença da rodovia BR-230, que corta a área de influência da TI, pode potencializar o acesso e a intensificação dessas atividades, servindo como escoamento dos produtos extraídos ilegalmente e configurando um cenário preocupante de pressão antrópica sobre territórios indígenas e suas florestas.

Mapa de potencial de transição

O mapa de potencial de transição é um mapa probabilístico construído com base em redes neurais artificiais, que estimam a probabilidade de ocorrência de mudanças futuras considerando variáveis condicionantes.

Figura 3 - Relação espacial entre compartimentos geomorfológicos, corpos hídricos e o mapa de potencial de transição.



O mapa da Figura 3 descreve um potencial de transição da classe 1 (Formação Florestal) para a 9 (Mineração). Por meio das redes neurais observou-se que a mineração acompanha rios e planícies de inundação. As áreas mais avermelhadas representam regiões com maior probabilidade de sofrer essa transição, enquanto as áreas esverdeadas indicam menor possibilidade. A distribuição espacial desse potencial confirma a tendência observada anteriormente: a mineração avança sobretudo em áreas de baixa altitude, onde há presença de rios e planícies de inundação.

Esse padrão de expansão minerária está intimamente associado às características geomorfológicas da região. As regiões mais planas e próximas aos corpos hídricos (em vermelho e laranja) oferecem condições logísticas e geológicas mais favoráveis para a



exploração mineral, como acesso facilitado, possível presença de aluviões auríferos e proximidade de comunidades vulnerabilizadas à pressão territorial.

Tabela da Cadeia de Markov

A tabela da Cadeia de Markov nos indica a probabilidade de mudança de classes em um sistema. Ela mostra a probabilidade de um sistema passar de um estado atual para um estado futuro, considerando as perspectivas do estado presente.

Figura 4 - Tabela da cadeia de Markov para o ano de 2025.

Transition Probabilities Grid										
Given :	Probability of changing to :									
	Pastagem	Formação Savânica	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	Floresta Alagável	Área Urbana	Formação Campestre	Mineração	Afloramento Rochoso	
Pastagem	0.9440	0.0005	0.0499	0.0002	0.0000	0.0003	0.0014	0.0001	0.0036	0.0000
Formação Savânica	0.0791	0.8861	0.0116	0.0006	0.0003	0.0034	0.0145	0.0041	0.0002	0.0000
Formação Florestal	0.0042	0.0000	0.9938	0.0003	0.0001	0.0000	0.0006	0.0000	0.0011	0.0000
Rio, Lago e Oceano	0.0004	0.0000	0.0096	0.9879	0.0001	0.0000	0.0005	0.0000	0.0010	0.0000
Floresta Alagável	0.0139	0.0003	0.0876	0.0231	0.8602	0.0000	0.0026	0.0112	0.0011	0.0000
Área Urbana	0.0017	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000	0.9966	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
Formação Campestre	0.0357	0.0003	0.0134	0.0009	0.0001	0.0000	0.9464	0.0015	0.0004	0.0010
Campanha Alagada e Área Pantanosa	0.0180	0.0045	0.0487	0.0991	0.0076	0.0000	0.0702	0.7513	0.0006	0.0000
Mineração	0.0219	0.0000	0.0598	0.0082	0.0000	0.0000	0.0034	0.0000	0.9067	0.0000
Afloramento Rochoso	0.0021	0.0000	0.0175	0.0000	0.0000	0.0000	0.0353	0.0000	0.0000	0.9450

Dentro da análise da Figura 4, é importante destacar a probabilidade da classe Mineração para Mineração, marcando 0,9067, ou seja, indicando que essa classe tem cerca de 90,67% de manutenção dela mesma para o ano de 2025, por exemplo. Isso ocorre, pois a atividade mineradora, sobretudo ilegal, é composta por alguns fatores intrínsecos a ela, e auxiliam em sua durabilidade, tais como: baixa reversibilidade ambiental, pelo fato de ter intensa degradação com a retirada da vegetação e contaminação dos solos e a impunidade institucional, pela falta de fiscalização efetiva (BRASIL DE FATO, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torna-se evidente que os impactos territoriais e ambientais se intensificaram na TI Munduruku, principalmente no que diz respeito a conversão de formações florestais em áreas de mineração.



Ao integrar os dados geográficos, verificou-se que a ocupação ilegal avançou sobre espaços altamente frágeis quando estamos falando da geomorfologia local, os corpos hídricos e as planícies de inundação. As análises sugerem ainda uma tendência de altos riscos de contaminação de recursos hídricos por agentes poluentes advindos da mineração, agravando o quadro de insegurança ambiental, alimentar e sanitária que os indígenas sofrem. Muito disso se dá pela (des)conexão entre a gestão ambiental e o contexto geográfico dos atores envolvidos nesses processos, contribuindo para a intensificação de conflitos fundiários, bem como fica cada vez mais difícil a defesa da TI estudada.

Além de frear as atividades mineradoras ilegais, é necessário reconhecer o papel central das outras formas de proteção ambiental e promover formas de gestão territorial que respeitem os saberes tradicionais e a diversidade Amazônica, considerando que, segundo Carlos Walter (1989), há milênios os povos indígenas habitam essa região, e há pelo menos cem anos, comunidades tradicionais como posseiros e seringueiros passaram a viver da floresta, mantendo práticas que não implicam sua destruição. Portanto, reafirma-se a urgência do fortalecimento das políticas públicas de proteção e dos instrumentos de fiscalização dos territórios indígenas e seus ecossistemas associados.

Palavras-chave: Land Change Modeler, Cenários Ambientais, Terras Indígenas, Desmatamento

REFERÊNCIAS

BECKER, Bertha K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários. **Parcerias estratégicas**, v. 12, n. 1, p. 135-59, 2001.

Notícias, ISA. Disponível em:
<https://www.socioambiental.org/noticias-socioambientais>. Acesso em 21 jul. 2024.



MALHEIRO, Bruno; PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter; MICHELOTTI, Fernando. Horizontes Amazônicos. **Para repensar o Brasil e o Mundo**. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo, Expressão Popular, 2021.

DANTAS, Marcelo Eduardo; TEIXEIRA, Sheila Gatinho. *Origem das paisagens do Estado do Pará*. Brasília: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/304495530>. Acesso em: 16 jul. 2025.

KRENAK, Ailton. Futuro ancestral. Companhia das Letras, 2022.

GONÇALVES CALOS WALTER, P. Gonçalves. Os (des) caminhos do meio ambiente. 1989.

DE OLIVEIRA LIMA, Felipe; BAPTISTA, Alessandra Carreiro; DE DEUS, Leandro Andrei Beser. ANÁLISE DA DINÂMICA ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NO OESTE DA BAHIA POR REDES NEURAIS. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 13, n. 2, 2023.

RICCOMINI, Claudio et al. Processos fluviais e lacustres e seus registros. **Decifrando a Terra**, p. 306-333, 2009.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Editora Blucher, 1974.

THE NATURE CONSERVANCY (TNC). *Conservação da Bacia do Tapajós: uma visão de sustentabilidade*. São Paulo: TNC Brasil, 2019. 39 p. Disponível em: <https://www.tnc.org.br>. Acesso em: 15 jul. 2025.

BRASIL DE FATO. *Mineração na Região Amazônica aumentou em mais de 1.000% em 39 anos, aponta MapBiomias*. 27 set. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/09/27/mineracao-na-regiao-amazonica-aumentou-em-mais-de-1-000-em-39-anos-aponta-mapbiomias/>. Acesso em: 23 jul. 2025.