

**Dinâmica da paisagem no entorno da Usina Hidrelétrica de  
Belo Monte**

**Dynamics of the landscape around the Belo Monte  
Hydroelectric Power**

**Dinámica del paisaje alrededor de la Central Hidroeléctrica de  
Belo Monte**

**Juliane da Costa Cavalcante**

Doutoranda em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Engenheira Ambiental da Prefeitura de Altamira-PA. Professora Assistente do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado do Pará – UEPA/Altamira.  
julianecosta63@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-8013-3764>

**Karina Dias da Silva**

Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Professora da Faculdade de Ciências Biológicas da UFPA/Altamira.  
diassilvakarina@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0001-5548-4995>

**Marcos Adami**

Doutor em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Pesquisador titular do INPE e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.  
adami16@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0003-4247-4477>

**José Antonio Herrera**

Doutor em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Professor Associado da Faculdade de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGEU/UFPA. Coordenador do Laboratório de Estudos das Dinâmicas Territoriais na Amazônia – LEDTAM. Bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2.  
herrera@ufpa.br / <http://orcid.org/0000-0001-8249-5024>

**Aline Maria Meiguins de Lima**

Doutora em Desenvolvimento Socioambiental pelo Núcleo de Estudos Amazônicos da UFPA. Professora do Instituto de Geociências da UFPA. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.  
alinemeiguins@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-0594-0187>

**Recebido: 29/02/2024; Aceito: 04/09/2024; Publicado: 30/12/2024.**

**Resumo**

A implantação de hidrelétricas ocasiona mudanças na paisagem, as quais estão atreladas a ‘custos’ sociais e ambientais que perpassam a conclusão das obras. O presente estudo apresenta uma análise multitemporal de 34 anos, objetivando analisar a dinâmica da paisagem na área de influência da

UHBM, de 1988 a 2021, para avaliar se a implantação da UHBM interferiu no processo de antropização. Os resultados demonstram que ocorreram mudanças na paisagem que coincidiram com a instalação e operação da UHBM, com forte influência nas classes Formação Natural Não Florestal (FNMF) e Corpo Hídrico (CH). Contudo, os marcos legais influenciaram a dinâmica das classes de Vegetação Primária (VP), Vegetação Secundária (VS) e Área Antrópica (AA). A dinâmica de VP, VS e AA foi similar entre os limites da Área de Estudo, Assentamentos e Imóveis Rurais; e dentro dos limites de Terras Indígenas a dinâmica obteve poucas variações. Através das métricas da paisagem foi possível observar que os fragmentos se tornaram irregulares e desagregados, mostrando uma paisagem segmentada e o desaparecimento de uma matriz dominante.

**Palavras-chave:** Usina Hidrelétrica de Belo Monte; Uso e Cobertura da Terra; Dinâmica da Paisagem; Métricas da Paisagem.

#### Abstract

The implementation of hydroelectric plants causes changes in the landscape, which are linked to social and environmental 'costs' that permeate the conclusion of the works. The present study presents a multitemporal analysis of 34 years, aiming to analyze the dynamics of the landscape in the area of influence of the UHBM, from 1988 to 2021, to assess whether the implementation of the UHBM interfered in the enthronization process. The results demonstrate that there were changes in the landscape that coincided with the installation and operation of the UHBM, with a strong influence on the Natural Non-Forest Formation (FNMF) and Water Body (CH) classes. However, the legal frameworks influenced the dynamics of the Primary Vegetation (VP), Secondary Vegetation (VS) and Anthropogenic Area (AA) classes. The dynamics of VP, SV and AA were similar between the limits of the Study Area, Settlements and Rural Properties; and within the limits of Indigenous Lands, the dynamics had few variations. Through the landscape metrics it was possible to observe that the fragments became irregular and disaggregated, showing a segmented landscape and the disappearance of a dominant matrix.

**Keywords:** Belo Monte Hydroelectric Plant; Land Use and Coverage; Landscape Dynamics; Landscape Metrics.

#### Resumen

La implementación de centrales hidroeléctricas provoca cambios en el paisaje, que están vinculados a 'costos' sociales y ambientales que permean la conclusión de las obras. El presente estudio presenta un análisis multitemporal de 34 años, con el objetivo de analizar la dinámica del paisaje en el área de influencia de la UHBM, de 1988 a 2021, para evaluar si la implementación de la UHBM interfirió en el proceso de antropización. Los resultados demuestran que hubo cambios en el paisaje que coincidieron con la instalación y operación del UHBM, con fuerte influencia en las clases Formaciones Naturales No Forestales (FNMF) y Cuerpos de Agua (CH). Sin embargo, los marcos legales influyeron en la dinámica de las clases de Vegetación Primaria (VP), Vegetación Secundaria (VS) y Área Antropógena (AA). La dinámica de VP, SV y AA fue similar entre los límites del Área de Estudio, Asentamientos y Propiedades Rurales; y dentro de los límites de las Tierras Indígenas, la dinámica tuvo pocas variaciones. A través de las métricas paisajísticas se pudo observar que los fragmentos se volvieron irregulares y desagregados, mostrando un paisaje segmentado y la desaparición de una matriz dominante.

**Palabras clave:** Central Hidroeléctrica Belo Monte; Uso y Cobertura del Suelo; Dinámica del Paisaje; Métricas del paisaje.

---

## Introdução

A Amazônia é foco de projetos hidrelétricos devido à sua diversidade de formações de quedas d'água provocadas por desníveis topográficos (Fearnside, 2015). Devido a isso, a

partir do II Plano Nacional de Desenvolvimento – PND (1975-1979), no período da Ditadura Militar, o potencial hidrelétrico brasileiro é abordado mais enfaticamente, trazendo os projetos energéticos na bacia do Tocantins (Tucuruí e São Félix) e pesquisas de potencial hidrelétrico na Amazônia (rios Xingu, Tapajós e Madeira), visando à ampliação da energia elétrica brasileira (Brasil, 1974).

Atualmente, esses potenciais hidrelétricos fazem parte de 220 UHE (Usinas Hidrelétricas de Grande Porte) instaladas no Brasil, representando uma potência outorgada de  $\cong 103 \times 10^6$  kW. Dessa potência, cerca de  $\cong 35\%$  estão nos rios da Amazônia através de 34 UHE instaladas (ANEEL, 2023), as quais suscitam distúrbios socioambientais.

Além de mudanças na paisagem ao longo de áreas florestadas e rios, a instalação desses empreendimentos está atrelada a demais ‘custos’ sociais e ambientais, que perpassam a conclusão das obras e afetam populações humanas e não humanas (Fearnside, 2018). Essas mudanças ocorrem através de supressões de vegetação nas fases de instalação, da inundação de áreas para a formação de reservatórios, da instalação de infraestruturas, do incremento de residentes atraídos pelas oportunidades de emprego, da atratividade econômica associada, do reassentamento de populações afetadas, da abertura de novos acessos durante o período de construção, entre outros (Fearnside, 2015).

Esse é um cenário de várias UHE instaladas na Amazônia, entre elas a Usina Hidrelétrica de Belo Monte – UHBM (2015). Para a instalação das estruturas da UHBM foram necessárias a supressão de vegetação, a abertura de estradas, o alagamento de áreas, e, conseqüentemente, a criação de um Trecho de Vazão Reduzida que afetaram terras indígenas e comunidades que dependem diretamente do rio Xingu (Leme Engenharia LTDA et al., 2009). Essas alterações na dinâmica da paisagem podem ser levantadas e analisadas através da classificação da cobertura da terra com uso de imagens de satélite ou radar, assim como através de dados de mapeamento disponibilizados, como do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas).

À vista disso, esse artigo tem como objetivo analisar a dinâmica da paisagem na área de influência da UHBM, de 1988 a 2021, para avaliar se a implantação da UHBM interferiu no processo de antropização. O estudo corresponde a uma análise multitemporal de 34 anos, compreendendo os períodos de: 1) Elaboração de Inventário e estudos de Viabilidade da UHBM, entre 1988 e 2000; 2) Elaboração de estudos voltados ao Licenciamento Ambiental, entre 2000 e 2010; 3) Fase de Instalação, com emissão das Licenças Prévias e de Instalação entre 2010 e 2015; e 4) Fase de Operação da UHBM entre 2015 e 2021.

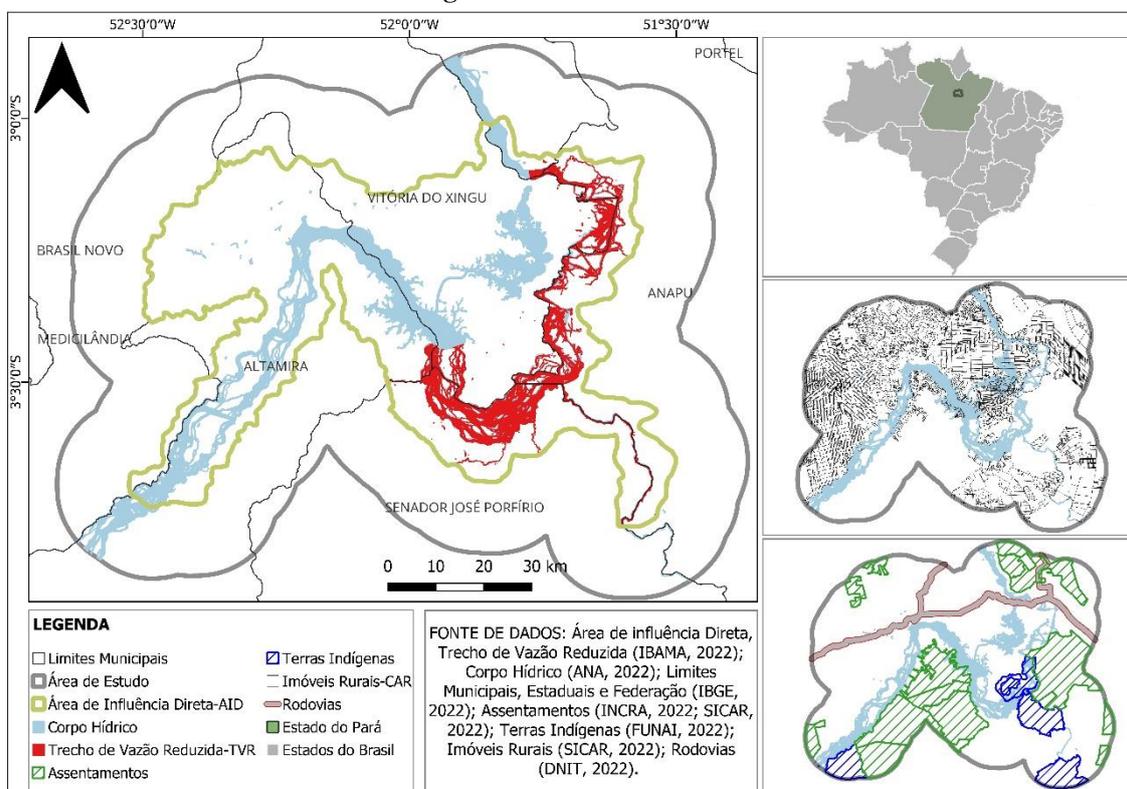
## **Materiais e Métodos**

## Área de Estudo

A área de estudo foi obtida de um buffer de 15 km a partir da AID (meios físico e biótico), estabelecida no EIA da UHBM (Leme Engenharia LTDA et al., 2009). Considerando a distância da AID mais os 15 km de buffer, o raio no entorno do rio Xingu que será estudado é de aproximadamente 20 km (Figura 01). A qual está em consonância com outros estudos, como de Montoya, Lima e Adami (2020) e Chen et al. (2015).

A área de estudo integra parte dos municípios de Brasil Novo, Altamira, Vitória do Xingu, Senador José Porfírio e Anapu. Nela estão presentes **5 (cinco) Terras Indígenas** (Juruna do km 17, Paquicamba e Arara de Volta Grande do Xingu em sua totalidade; Pequena parte das Trincheira Bacajá e Koatinemo); **14 (quatorze) Assentamentos** (PA Brasil Novo, PA Ressaca, PA Morro dos Araras, PA Assurini e PA Jurauá em sua totalidade; Pequena parte dos PA Laranjal, PA Igarapé Flores, PA Araraquara, PA Canoé, PA Pilão Poente, PA Pilão Poente II, PDS Anapu I, PA Itapuama e PA Lajes); **4.973 (quatro mil novecentos e setenta e três) polígonos de Imóveis Rurais** com cadastro no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR (SICAR, 2022).

Figura 01 – Área de Estudo.



Fonte: IBAMA, 2022; ANA, 2022; IBGE, 2022; INCRA, 2022; FUNAI, 2022; SICAR, 2022; DNIT, 2022.

## Dados

### *Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra*

Os dados utilizados são de Uso e Cobertura da Terra (UCT) - Coleção 7 (MapBiomias, 2022a) e do Método de Desmatamento e Vegetação Secundária (MDVS) – Coleção 6 (MapBiomias, 2021) do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias) (Souza et al., 2020; MapBiomias, 2022a, 2022b, 2022c). Os quais foram manipulados com auxílio do Google Earth Engine (GEE; Gorelick et al., 2016) e do Software Qgis 3.28.2-Firenze.

## **Metodologia**

### *Uso e Cobertura da Terra*

Como os dados do MDVS estão atualizados até 2018 para o evento de regeneração e desmatamento, e até 2019 para evento de desmatamento, replicou-se o método para atualização dos dados de 2019 através dos dados de UCT, lançada em 26 de agosto de 2022 (MapBiomias, 2022a, 2022b). Já para os anos de 2020 e 2021, os eventos de regeneração e desmatamento foram atualizados sem considerar o critério de persistência do MDVS. Para esses dois anos, utilizou-se a metodologia aplicada por Silva Júnior et al. (2020) que considera transições anuais dos pixels.

Após a replicação da metodologia para os anos de 2019, 2020 e 2021, todas as bases entre 1988 e 2021 tiveram pixels alterados visando diminuir erros de classificação e de transição entre os pixels:

(1) Alterações em toda a extensão da área de estudo:

- Os pixels que não pertenciam a classes antrópicas e vegetação natural dos dados do MDVS foram reclassificados com a informação do pixel dos dados de UCT da Coleção 7 (MapBiomias, 2022a).
- A classe “Campo Alagado e Área Pantanosa” da categoria “Natural” – composta por pixels de Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre e Pastagem que mudaram de classe mais de 40% do ano e foram cobertos por água até 40% do ano, ou seja, é considerada vegetação que sofre influência fluvial e/ou lacustre (MapBiomias, 2022a, 2022b) – foi reclassificada para “classe água”;
- Pixels isolados – utilizou-se a função CRIVO do software Qgis para remoção pixels isolados, por meio de 8-connectedness.

(2) Alterações no trecho do rio Xingu (considerando o limite antes do barramento):

- O trecho do rio Xingu dentro do limite da AID da UHBM possui ilhas colonizadas por um tipo de vegetação adaptada à variação cíclica do nível do rio Xingu. Esse tipo de vegetação cresce aproveitando as fissuras das rochas graníticas onde se

deposita solo arenoso ao longo do leito do rio Xingu. Essas rochas pertencem ao complexo geológico do Xingu e são localmente denominadas de pedrais ou pedregais (MPEG, 2008).

A partir da Coleção 5 do MapBiomias, a classe ‘Outra Formação não Florestal’ foi substituída para “Formação Savânica (FS)” e “Formação Campestre (FC)” (MapBiomias, 2022a, 2022b). Ambas as classes estão dentro da classe ‘natural’ do MDVS e, nos cálculos de transição, alguns pixels foram classificados como desmatamento. Nessa perspectiva, como forma de isolar os pixels classificados como FS e FC e representar os ‘pedrais e depósitos de solo arenosos’ ao longo do rio Xingu, ambas foram reclassificadas para a classe “Formação Natural Não Florestal”.

- Utilizou-se também os dados Globais de Superfície da Água desenvolvidos por Pekel et al. (2016) e disponibilizados no GEE (Gorelick et al., 2016). Os dados utilizados compreendem a banda de extensão máxima de superfície da água (de 1984 a 2021), obtidos de imagens do satélite *Landsat* em que cada pixel foi classificado em (1) água e (0) não-água. Dessa forma, os pixels ao longo do rio Xingu classificados como ‘antrópico’ ou ‘secundária’ no MDVS e, simultaneamente, como água pelos dados de Pekel et al. (2016), foram reclassificados para a classe água.

(3) Alterações no Trecho de Vazão Reduzida (TVR):

- Considerando os erros de transição do MDVS, os pixels classificados como ‘desmatamento’ (que compreende a classe ‘antrópico’) dentro do limite do rio Xingu e localizados no TVR foram reclassificados para a classe ‘Formação Natural Não Florestal’.

A classificação final corresponde às classes elencadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Classes adotadas no levantamento de uso e cobertura da terra.

Classes	Descrição
<b>Vegetação Primária (VP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas da classe “Floresta” do MapBiomias (Coleção 7) que não sofreram alterações nos anos analisados.</li> </ul>
<b>Vegetação Secundária (VS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas antropizadas que após serem abandonadas dão início ao processo de sucessão natural (IBGE, 2012).</li> <li>• Áreas classificadas como “Secundária” pelo <b>Método de Desmatamento e Vegetação Secundária (MDVS)</b> (MapBiomias, 2021); e considerando a metodologia de <b>Silva-Júnior et al., 2020</b>, áreas que foram classificadas pelo MapBiomias (UCT, Coleção 7) como <b>Floresta</b> no ano analisado e como <b>Áreas Desmatadas</b> no ano anterior foram classificadas como “Secundária”.</li> </ul>
<b>Áreas antropizadas (AA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São áreas que sofreram intervenção humana para uso da terra (com finalidade agropecuária ou urbanização), descaracterizando a vegetação primária ou secundária (IBGE, 2012).</li> </ul>
<b>Formação Natural não Florestal (FNNF)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formações pioneiras com influência fluvial (vegetação dos pedrais) que crescem em rochas graníticas afloradas no leito do rio Xingu, e pertencem ao complexo geológico do Xingu. Esta vegetação</li> </ul>

---

crece nas fraturas de rochas, onde se acumulam sedimentos arenosos. Na AID da UHBM, ocorrem da confluência do rio Iriri até a Vila de Belo Monte (MPEG, 2008).

- O subgrupo de Formação Savânica (FS) na Amazônia é caracterizada por vegetação aberta arbustiva e/ou arbórea com vegetação herbácea. A Classe de Formação Campeste (FC) é caracterizada por Savana, Savana Parque (Marajó), Savana-Estépica (Roraima), Savana Gramíneo-Lenhosa, Campinarana, para regiões fora do Ecótono Amazônia/Cerrado (IBGE, 2012; Mapbiomas, 2022c).
- Dessa forma, as classes FS e FC do MapBiomas (Coleção 7) foram reclassificadas para a classe FNNF, visando representar a vegetação dos pedrais.

---

**Corpo Hídrico (CH)** • Áreas classificadas como Corpos d'água pelo MapBiomas e Global Surface Water (Pekel et al., 2016).

Fonte: MPEG, 2008; IBGE, 2012; Pekel et al., 2016; Silva-Júnior et al., 2020; MapBiomas, 2021; MaBbiomas, 2022c.

Os levantamentos das 5 (cinco) classes foram realizadas para 4 (quatro) limites: (i) Área de Estudo, (ii) Terras Indígenas – TI (FUNAI, 2022), (iii) Assentamentos – ASS (INCRA, 2022), e (iv) Imóveis Rurais – IR cadastrados no Cadastro Ambiental Rural – CAR (SICAR, 2022).

### *Métricas da Paisagem*

A partir das bases de Uso e Cobertura da Terra foram geradas Métricas de Paisagem utilizando o pacote ‘*landscapemetrics*’ (Hesselbarth et al., 2019) do Software RStudio. As métricas foram utilizadas para quantificar fragmentação das áreas de vegetação e antrópicas, dessa forma, optou-se por utilizar métricas a nível de **Fragmento** e **Classe**. Da mesma forma, atentou-se para a escolha de métricas que não fossem totalmente correlacionadas e que tivessem alta dispersão.

Para a definição das métricas da paisagem, foram considerados estudos que abordassem sobre a fragmentação em paisagem (Montoya; Lima; Adami, 2019; Narmada et al., 2021) e os efeitos destas na diversidade de insetos aquáticos (Nagy et al., 2019). As métricas utilizadas, conforme definição de McGarigal e Marks (1995) e Hesselbarth et al. (2019), são:

- Área e Borda: (1) Área de Fragmento (Área) – Média da área dos fragmentos da mesma classe (hectares); (2) Maior Índice de Fragmento (LPI) – Área do maior fragmento, dividido pela área total da paisagem e multiplicado por 100 (%).
- Área Central: (1) Número de áreas centrais disjuntas (NDCA) – soma do número de áreas centrais disjuntas contidas dentro dos fragmentos da classe;
- Agregação: (1) Número de Fragmentos (NP) – número de fragmentos por classe; (2) Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo (ENN) – distância (metros) para

o vizinho mais próximo do fragmento do mesmo tipo, com base na distância ponta a ponta mais próxima; (3) Índice de forma de paisagem (LSI) – aumenta à medida que a forma da paisagem se torna mais irregular ou à medida que o comprimento da borda na paisagem aumenta, ou ambos;

Para o cálculo das métricas, uniu-se as classes VP e VS gerando a classe de **Vegetação**. As quais foram agrupadas se propondo a simplificar os fragmentos de vegetação (VP e VS). Dessa forma, na abordagem das métricas a nomenclatura foi modificada para **Vegetação** e **Antrópica** devido ao agrupamento de classes.

#### *Análise de Intensidade*

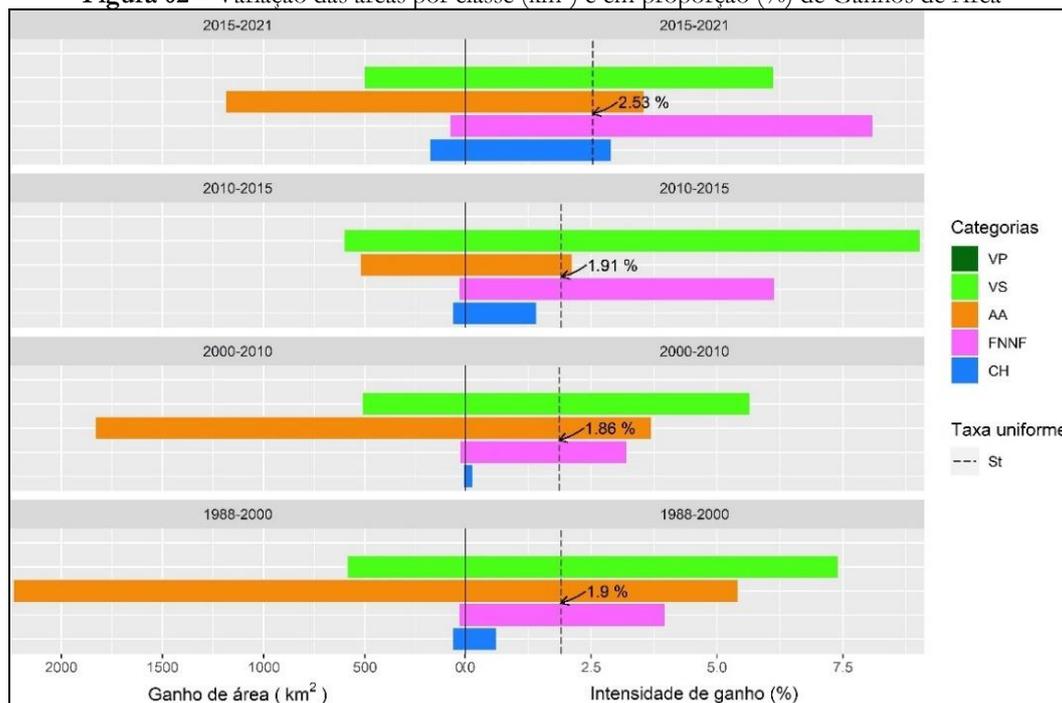
A partir das bases de Uso e Cobertura da Terra foram realizadas Análises de Intensidade - AI (Aldwaik; Pontius, 2012, 2013) através do pacote 'OpenLand' (Exavier; Zeilhofer, 2020) disponível no Software *RStudio*. Por meio das AI é possível avaliar o desvio entre a intensidade da mudança observada e da mudança uniforme hipotética em três níveis: intervalo, categoria e transição (Aldwaik; Pontius, 2012, 2013; Exavier; Zeilhofer, 2020).

## **Resultados e Discussões**

Os resultados obtidos mostram a extensão das classes de Uso e Cobertura da Terra (VP, VS, AA, FNNF e CH) e as Métricas de Paisagem (Vegetação e Antrópica) para a área de estudo, assim como para TI, ASS e IR presentes nessa área, entre os anos de 1988 e 2021. A discussão foi estruturada considerando os períodos: 1) Elaboração de estudos de Viabilidade da UHBM, entre 1988 e 2000; 2) Elaboração de estudos voltados ao Licenciamento Ambiental, entre 2000 e 2010; 3) Fase de Instalação, com emissão da Licença Prévia (LP) e de Instalação (LI) entre 2010 e 2015; e 4) Fase de Operação da UHBM entre 2015 e 2021.

Atualmente, somente as áreas de TI têm mais de 80% da área com **VP**. Essa forma de proteção tem se mostrado eficaz em combater o desmatamento (Qin et al., 2023), apesar de ser observada uma gradual redução de **VP** ao longo do tempo. Tanto para os ASS quanto os IR, o percentual de **VP** atual encontra-se menor do que 40%, valor esse abaixo do estabelecido pela legislação (Brasil, 2012a). Conforme Figura 02, os maiores ganhos da classe **AA** ocorreram durante os períodos 1, 2 e 4, respectivamente; e, em comparação com outras classes, a classe **AA** obteve a segunda maior intensidade de ganhos nos períodos 1 e 2.

**Figura 02** – Variação das áreas por classe (km<sup>2</sup>) e em proporção (%) de Ganhos de Área

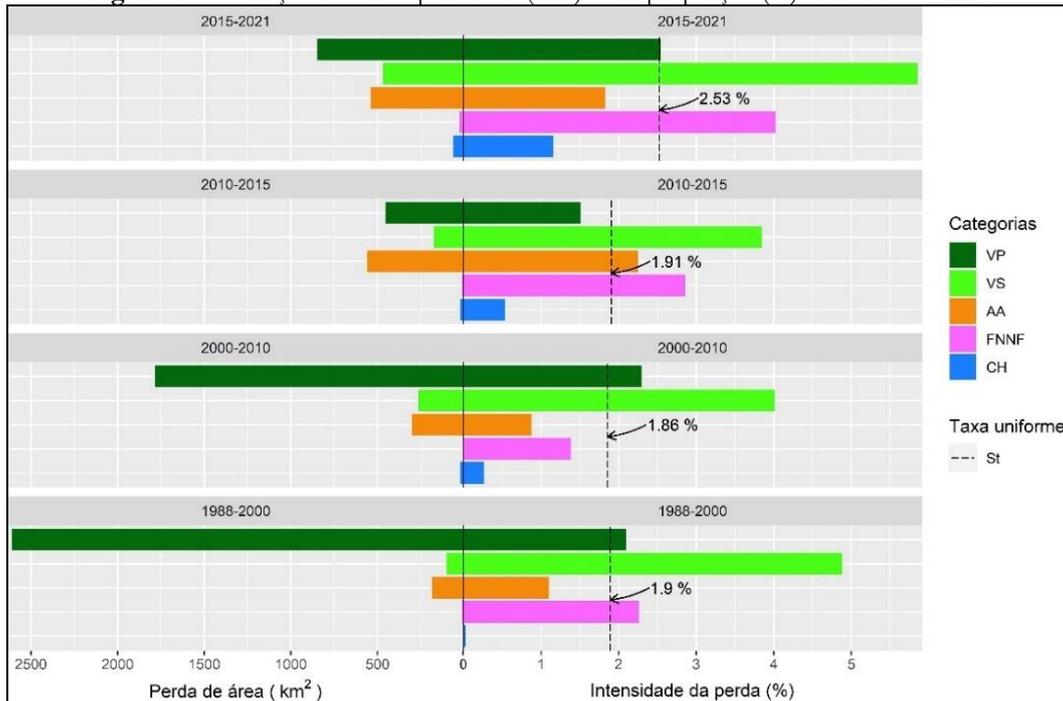


Fonte: autores.

A **VS** obteve ganhos com maior intensidade que todas as outras classes nos períodos 1, 2 e 3; e perdas (Figura 03) com maior intensidade que todas as outras classes em todos os períodos. Isso pode indicar que a classe de **VS** é muito volátil, sendo uma característica devido a sua utilização em áreas de agricultura, pastagem e instalação de infraestruturas.

As maiores perdas anuais da classe **VP** ocorreram nos períodos 1, 2 e 4 (Figura 03). No período 3, de obras da UHBM, ocorreu maior perda de **AA** e maior ganho de **VS**, que podem se justificar pela instalação das infraestruturas, criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e atualização do Código Florestal brasileiro (CFB), Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012a).

**Figura 03** – Variação das áreas por classe (km<sup>2</sup>) e em proporção (%) de Perdas de Área.



Fonte: autores.

Nos dois primeiros períodos de análise, que correspondem aos períodos de Inventário da bacia do rio Xingu e de estudos voltados ao licenciamento ambiental da UHBM, respectivamente, os maiores ganhos corresponderam às classes de **AA** e **VS** (lado esquerdo, Figura 02), respectivamente, e as maiores perdas às classes de **VP** e **AA** (lado esquerdo, Figura 03), respectivamente.

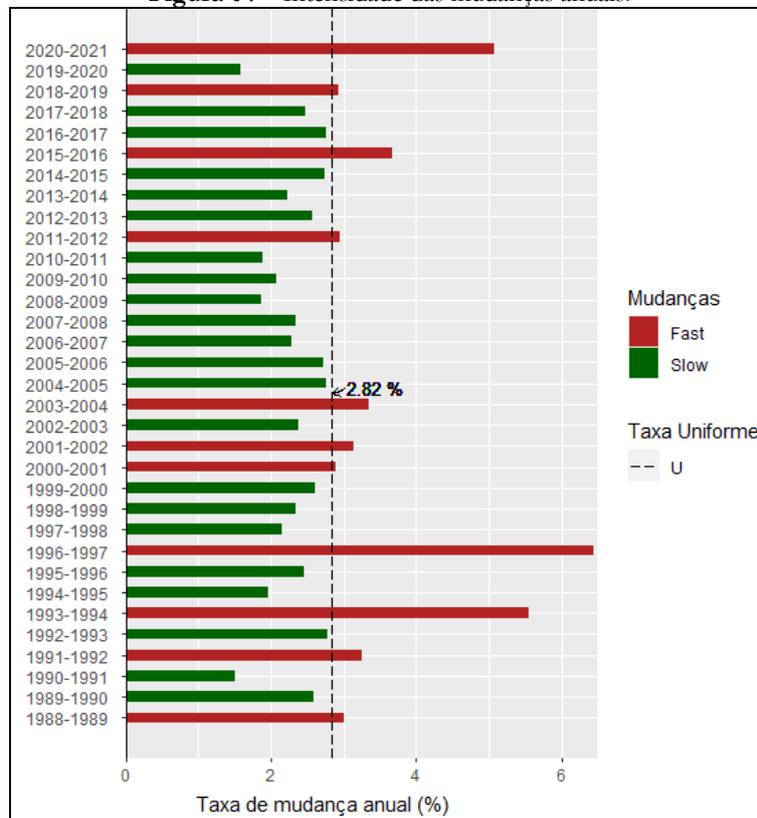
No entanto, as intensidades de ganhos são maiores para **VS** e **AA** (lado direito, Figura 02), respectivamente; e as intensidades de perdas são maiores para **VS** (lado direito, Figura 03). Isso se deve ao fato da classe **VS** representar uma porcentagem menor da paisagem que as outras duas classes, sendo possível evidenciar através da intensidade as mudanças ocorridas nessa classe nos dois períodos.

A taxa média de mudança para todo o período foi de 2,82% ao ano. No primeiro período as mudanças mais rápidas ocorreram entre 1988-1989, 1991-1992, 1993-1994 e 1996-1997 (Figura 04). Considerando a extensão das classes de uso e cobertura da terra, esses anos coincidiram com as maiores perdas de **VP**, maiores expansões de **AA** e maiores ganhos (1988-1989 e 1993-1994) e perdas (1996-1998) de **VS** no limite da *Área de Estudo*.

Nesse primeiro período, a região “já era marcada por uma complexidade típica das frentes de expansão da fronteira capitalista e áreas influenciadas pela construção de rodovias” (Moreira; Herrera, 2017, p. 98). Estas mudanças são reflexos de medidas governamentais de integração e ocupação da Amazônia, como o Programa de Integração Nacional (Brasil, 1970) para investimentos na Amazônia e Nordeste voltados à irrigação,

construção de rodovias (como a transamazônica), criação de polos industriais (Zona Franca de Manaus) e programas de colonização e reforma agrária por meio de campanhas de ocupação da Amazônia (Milhomens; Gohn, 2018).

Figura 04 – Intensidade das mudanças anuais.

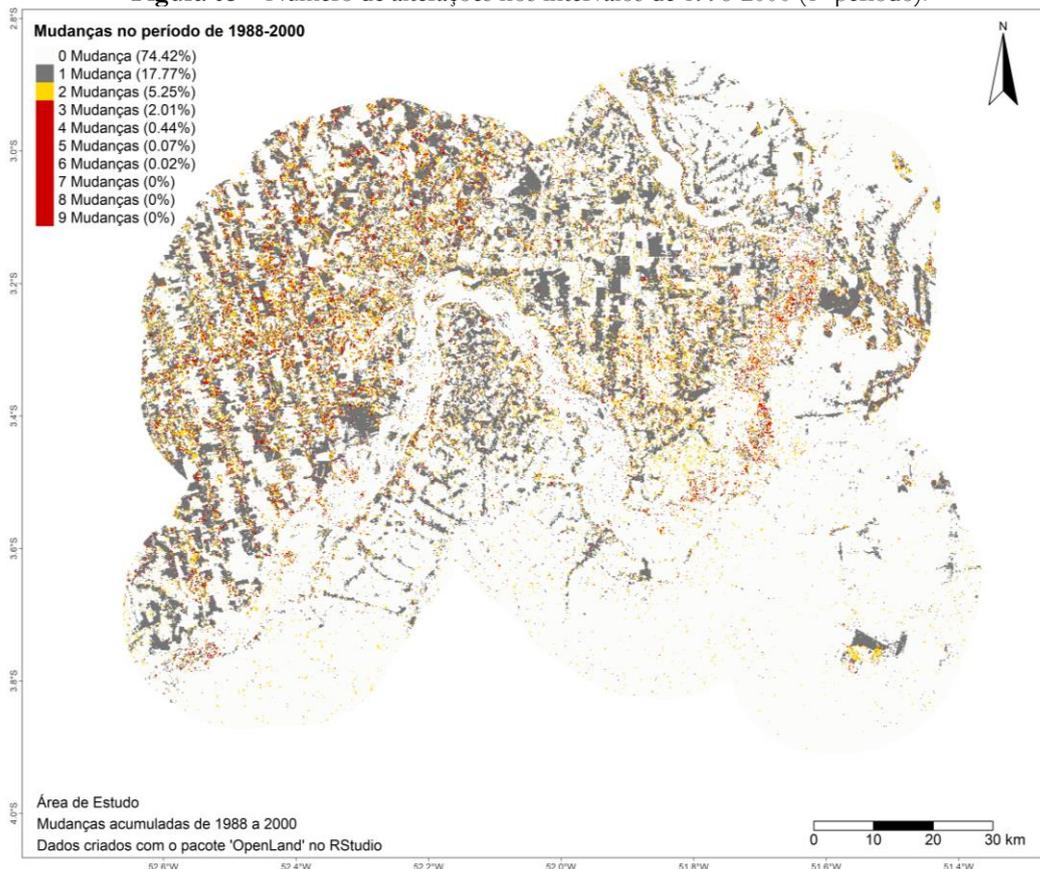


Fonte: autores.

Nesse período, o incremento de **AA** e perda de **VP** são reflexos da expansão da fronteira capitalista orientada pelas rodovias presentes na *Área de Estudo*, as quais são a Transamazônica (BR-230) e PA-415, que proporcionaram a expansão de desmatamentos e abertura de novas estradas por pecuaristas e agricultores. As dinâmicas locais, as populações tradicionais, os ecossistemas naturais não são considerados na movimentação do capital, que ocasionam a abertura de novas áreas para atividades humanas e a perda de cobertura florestal (Moreira; Herrera, 2017).

No primeiro período (Figura 05) é possível observar mudanças que contornam a BR-230 em leste e oeste da *Área de Estudo*, assim como mudanças dispersas e em locais mais preservados ao sul do limite de estudo, os quais se encontram as *TI*. Da mesma forma, observam-se mudanças ao longo do rio Xingu e no trecho de Volta Grande do Xingu, que se transformou no TVR da UHBM.

Figura 05 – Número de alterações nos intervalos de 1998-2000 (1º período).



As mudanças proporcionadas pelas rodovias, como a BR-230, também foram observadas por Montoya, Lima e Adami (2018) entre 1988-1999 nos municípios atingidos pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Os quais apresentaram áreas antropizadas ao longo das rodovias em 1988 e mais dispersas em 1999, ao redor de rodovias e estradas que conectam as pequenas vilas às rodovias.

Além disso, nesse período quase todos os assentamentos foram criados, iniciando em 1995 (PA Assurini), com seguimento em 1997 (PA Brasil Novo, PA Araraquara, PA Canoé, PA Pilão Poente, PA Pilão Poente II), 1998 (PA Igarapé Flores) e 1999 (PA Ressaca, PA Morro das Araras, PA Jurauá e PA Itapuama). Esses Projetos de Assentamento (PA) convencionais têm como finalidade a redistribuição e colonização de terras, em que a sustentabilidade não é prioridade. E podem ter contribuído nas intensidades de mudanças no período, visto que ações predatórias acabam se tornando ações de sobrevivência, diante da ausência de assistência técnica governamental (Farias et al., 2021).

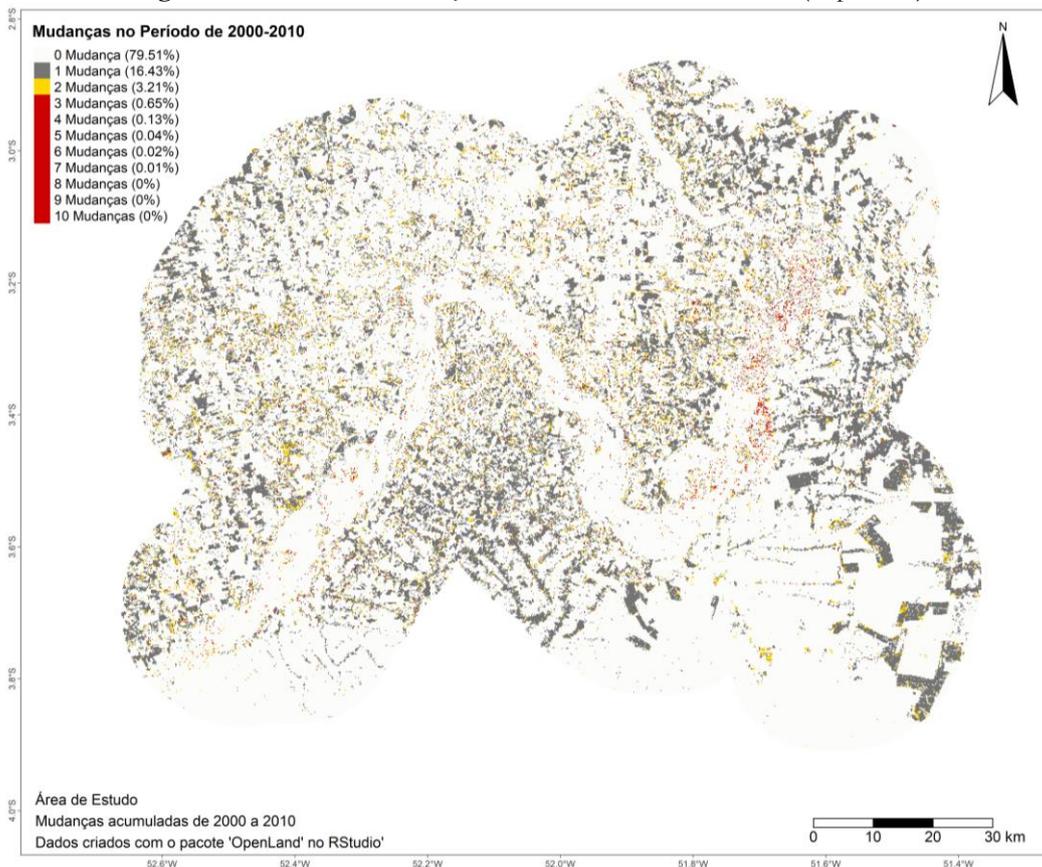
No segundo período, conforme Figura 04, as mudanças anuais mais intensas ocorreram até 2004 (2000-2001, 2001-2002 e 2003-2004), coincidindo com as maiores perdas de **VP**, maiores expansões de **AA** e maiores perdas de **VS** no limite da *Área de*

*Estudo.* Ou seja, as mudanças mais intensas ocorreram antes dos marcos legais que afetam ações de desmatamento e regeneração de áreas, como a primeira fase do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), entre 2004 e 2008 (Brasil, 2003, 2004); e a segunda fase entre 2009 e 2011 (Brasil, 2009).

Outro marco foi o Decreto nº 6.514/2008, que regulamentou as infrações e sanções administrativas trazidas pela Lei nº 9.605/1998, conhecida como a Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998, 2008). Dentre as regulamentações constam as infrações contra a flora, como destruição e impedimento de regeneração de florestas e demais formas de vegetação natural. Dessa forma, o segundo período apresentou mudanças explicadas por políticas públicas de combate ao desmatamento e marcos legais.

Nesse período, de acordo com a Figura 06, as mudanças ocorrem dispersas ao longo da *Área de Estudo* e se direcionaram para o sudeste, que se encontrava com menos alterações no primeiro período. É possível observar que as mudanças se encaminharam para as áreas ocupadas por *ASS*, havendo poucas interferências nas áreas de *TI*. Isso evidencia os *ASS* como promotores de alterações na paisagem e as *TI* como áreas inibidoras do desmatamento.

**Figura 06** – Número de alterações nos intervalos de 2000-2010 (2º período)



Fonte: autores.

Assim, após a conclusão dos estudos de Viabilidade da UHBM em 2002, a implantação do empreendimento é autorizada por decreto (Brasil, 2005). A elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) começa em 2005, com a solicitação de abertura do processo de licenciamento ambiental em 2006 perante o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que divulga os Termos de Referência em 2007. A Licença Prévia é emitida em março de 2010 (LP nº 342/2010) (Leme Engenharia LTDA et al., 2009).

No terceiro período uma mudança intensa ocorre entre 2011-2012 (Figura 4), coincidindo com o início da construção da UHBM após a emissão da LI “parcial” nº 770, em janeiro de 2011, para o canteiro de obras nos Sítios Belo Monte e Pimentel; e, posteriormente, da LI nº 795, em junho de 2011. No mesmo ano também começaram a ser emitidas Autorizações de Supressão Vegetal (ASV) para instalação de infraestruturas, acampamentos, canteiros industriais/obras, abertura de acessos, entre outros.

Essa mudança intensa, entre 2011-2012, é representada pela maior taxa anual de perda de **AA** (-149,04 km<sup>2</sup>) e ganho de **VS** (+211,16 km<sup>2</sup>), assim como menor perda de **VP** anual na Área de Estudo (-66,07 km<sup>2</sup>) e no estado do Pará desde 1988, com base em dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites - PRODES (INPE, 2021). Dessa forma, a mudança intensa entre 2011-2012 se justifica pela regeneração de áreas antropizadas em **VS**.

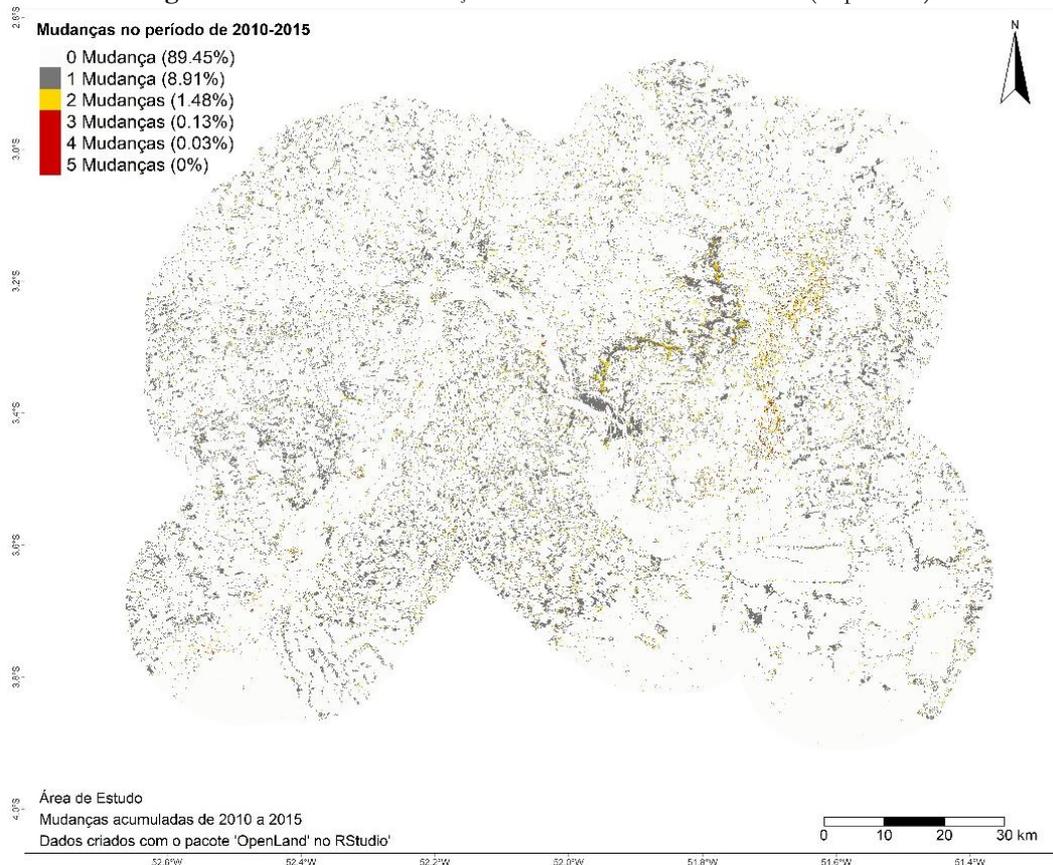
No terceiro período, a classe **VP** obteve as menores perdas entre 2010-2013, e que começaram a crescer a partir de 2013 até 2015. Entre 2011-2013 ocorreram perdas de **AA** e maiores ganhos de **VS**. E entre 2014-2015 ocorreram aumentos na expansão de **AA** e aumentos na perda de **VP**. Essas alterações se justificam pela continuidade da 3ª fase do PPCDam (Brasil, 2013), atualização do CFB (Brasil, 2012a), regulamentação do CAR e criação do SICAR (Brasil, 2012b), assim como Programas de Regularização de imóveis rurais (Brasil, 2014a; Pará, 2015).

Conforme Figura 07, no terceiro período - após a emissão da LI - acontece o início das obras da UHBM. Dessa forma, é possível observar mudanças devido à construção da barragem principal (Sítio Pimentel), dos canais de derivação e do reservatório dos canais. Essas mudanças observadas na paisagem são resultantes das ações do homem sobre o próprio espaço através da construção de um “grande objeto”, em que a UHBM acolhe as relações sociais (Santos, 1988).

A UHBM intensificou as mudanças na dinâmica da paisagem, principalmente nas áreas de instalação das infraestruturas. E essas modificações ocasionaram a expropriação de territórios de famílias em áreas urbanas e rurais com projetos de requalificação urbana e de

realocação de populações tradicionais no meio rural (Arcanjo; Herrera; Silva, 2022; Bezerra; Herrera; Nascimento, 2017; Estronioli; Miranda Neto, 2021).

**Figura 07** – Número de alterações nos intervalos de 2010-2015 (3º período).



No quarto período ocorre outra mudança intensa entre 2015-2016 (Figura 04), coincidindo com a emissão da LO nº 1317, em novembro de 2015, que autoriza o enchimento dos reservatórios e o início da operação do empreendimento. Essa mudança intensa coincide com maiores perdas de **VP** e **VS**, mas pequenos ganhos de **AA**. O que pode indicar mudanças para outras classes, **CH** e **FNNF**, evidenciando que a UHBM interferiu em alterações ao longo do rio Xingu e no TVR.

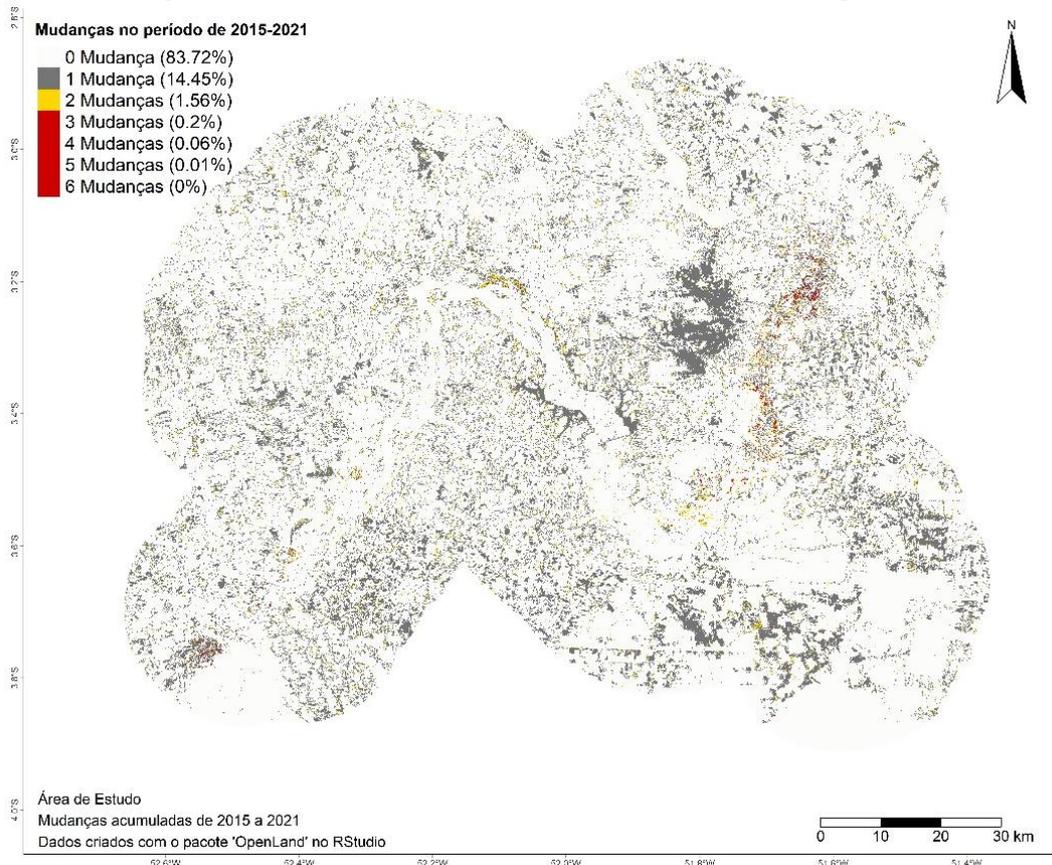
Ademais, em 2015-2016 ocorreu um aquecimento recorde na Amazônia ligado às condições de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) no Pacífico tropical e anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico tropical. As anomalias de temperatura de superfície chegaram ao pico no final de 2015, com até 13% das florestas tropicais em seca extrema entre fevereiro e março de 2016. O que pode ter acarretado a mortalidade de árvores, declínio de crescimento da biomassa e incêndios florestais (Jiménez-Muñoz et al., 2016) na *Área de Estudo*, favorecendo a perda de **VP** e **VS** entre 2015-2016, atrelada à pequena expansão de **AA**.

Nesse mesmo período, também ocorrem mudanças intensas entre 2018-2019 e 2020-2021 justificadas pelo enfraquecimento de leis e órgãos de proteção e fiscalização ambiental (Santos, 2019; Cordeiro; Novaes; Barcellos, 2022). Essas mudanças intensas são acompanhadas por grandes perdas de **VP**, ganhos de **AA** e **VS**.

No quarto período, a classe **VP** obteve perdas crescentes entre 2015-2017 e decrescentes entre 2017, com a menor perda entre 2019-2020 e a maior perda entre 2020-2021. A classe **AA** obteve os maiores ganhos entre 2016-2018, com expansões decrescendo de 2018-2020 e voltando a crescer entre 2020-2021, com menor ganho entre 2015-2016. A classe **VS** obteve perdas entre 2015-2018 e ganhos entre 2018-2021. Mesmo com a continuação da quarta fase do PPCDam (Brasil, 2016), as perdas de VP e VS ainda permanecem no último período de análise.

De acordo com a Figura 08, no último período as mudanças se expandem ainda mais ao sul da Área de Estudo em direção às TI. E ocorrem mudanças intensas no trecho de formação do Reservatório Xingu e dos Canais, e devido as alterações de vazão no TVR. Isso confirma a grande interferência da UHBM ao longo do rio Xingu e no TVR.

Figura 08 – Número de alterações nos intervalos de 2015-2021 (4º período).



Comparando as maiores intensidades de mudanças (Figura 04) com os dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites - PRODES (INPE, 2021), tem-se consenso nos períodos de 2001-2002, 2003-2004, 2015-2016, 2018-2019 e 2020-2021 com o aumento de desmatamento de **VP** no estado do Pará identificado pelo PRODES, o que pode justificar a intensificação de mudanças nesses períodos. Em contrapartida, tem-se diminuição ou estagnação das taxas anuais de desmatamento de **VP** identificadas pelos PRODES nos períodos de 1988-1989, 1991-1992, 1993-1994, 1996-1997, 2000-2001 e 2011-2012, que podem justificar as maiores intensidades de mudanças (Figura 04) devido à regeneração de **AA** para **VS**.

Através das alterações na paisagem observadas nas figuras 05, 06, 07 e 08 é possível avaliar que as maiores mudanças influenciadas pela UHBM ocorreram no 3º e 4º períodos ao longo do rio Xingu, onde foram criados o Reservatório Xingu e o TVR, e na área de criação de Reservatório Intermediário. Isso se confirma através da segunda maior intensidade de ganho e perda da classe **FNNF** no 3º período (Figura 02 e 03), com o início da construção dos dois canais de derivação, para a criação do reservatório dos canais, e o início do barramento do rio Xingu em 2012.

Além disso, o ganho e perda de área em **FNNF** mais intensos correspondem ao período 4 (Figura 02 e 03), o qual também ocorreu ganho de área mais intensa na classe **CH**. Isso se justifica pelo enchimento dos reservatórios da UHBM entre 2015-2016, resultando no alagamento de áreas (classe **CH**) com início do enchimento dos reservatórios em 2015 (+30,79 km<sup>2</sup>) e conclusão em 2016 (+ 120,00 km<sup>2</sup>); e pela criação de um TVR a jusante da barragem Pimental, ocasionando a exposição da classe **FNNF** ao longo de um trecho de 100 km, ocasionando um ganho de área em 2016 (+ 19,95 km<sup>2</sup>).

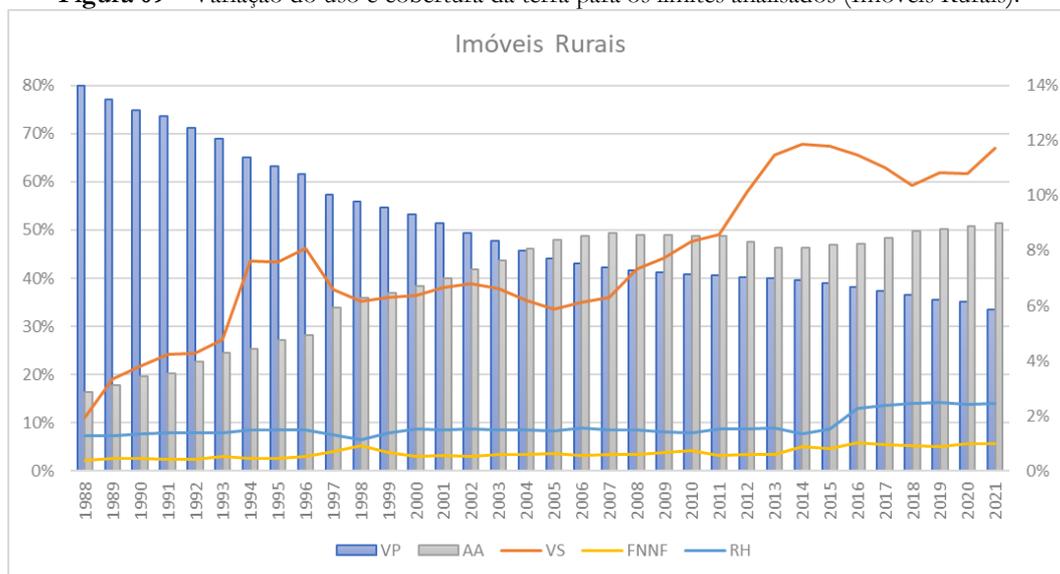
Essas alterações nos quatro períodos também foram observadas por Jiang et al. (2018), em que as mudanças no uso e cobertura da terra no primeiro e segundo períodos ocorrem ao longo de toda a área de estudo, longe do rio Xingu e próximo às rodovias (BR 230 e PA 415). E nos períodos 3 e 4, as mudanças na paisagem foram orientadas para o rio Xingu e reservatório da UHBM.

À vista disso, é possível considerar que a instalação da UHBM interferiu em grande intensidade ao longo do rio principal devido às alterações na cobertura da classe **CH** e **FNNF**. Além do mais, o barramento no rio principal alterou a vazão natural do corpo hídrico (ANA, 2011), havendo diminuição da quantidade de água que chega ao TVR criado. Essas mudanças no regime dos fluxos têm potencial de causar mudanças imprevisíveis nas comunidades, que podem persistir em longo prazo e dificultar a recuperação de assembleias (Martins et al., 2022).

De outro modo, a Área de Estudo é ocupada em 50,01% por *Imóveis Rurais (IR)* cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); em 24,64% por *Assentamentos (ASS)* e em 6,83% por *Terras Indígenas (TI)*. Quanto aos IR, em todos os períodos a dinâmica de mudanças nos IR se assemelha à dinâmica da *Área de Estudo*. Isso se deve aos IR ocuparem mais da metade desta área, assim como às influências de criações de leis, planos ambientais e estratégias de governos (Brasil, 2003, 2012a, 2012b, 2013, 2014a; Pará, 2015).

As maiores perdas de VP ocorreram entre 1988-1990, 1991-1994, 1996-1997, 2000-2005, 2013-2015, 2015-2019 e 2020-2021. Ademais, VS possui tendência crescente de área, mas obteve perdas entre 1994-1995, 1996-1998, 2002-2005, 2014-2015, 2015-2018 e 2019-2020. Dessa forma, os anos de maiores perdas de VP e VS se justificam pelos maiores ganhos de AA, que ocorreram entre 1991-1992, 1996-1998, 2000-2005, 2014-2015, 2016-2018 e 2019-2021. Da mesma forma, os anos que ocorreram perdas de área de AA coincidiram com os anos de menores perdas de VP e maiores ganhos de VS (Figura 09). Ademais, entre 2015-2016 os IR também foram afetados com ganho de FNNF e CH, o que se confirma pelas desocupações de IR para o enchimento dos reservatórios.

Figura 09 – Variação do uso e cobertura da terra para os limites analisados (Imóveis Rurais).



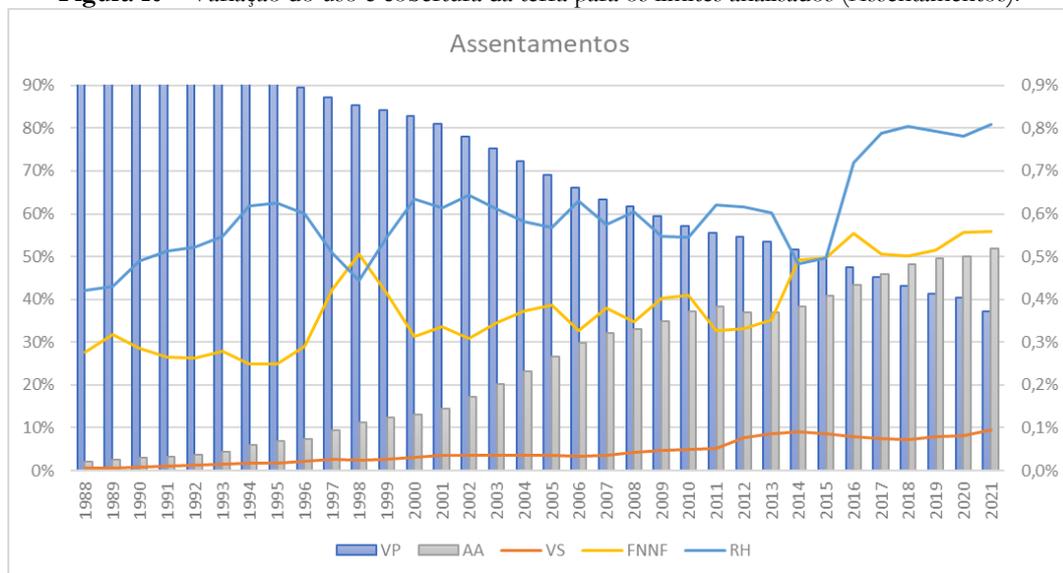
Fonte: autores.

A criação dos ASS na *Área de Estudo* se iniciou em 1995 com seguimento até 1999 (PA Assurini, PA Brasil Novo, PA Canoé, PA Araraquara, PA Pilão Poente, PA Pilão Poente II, PA Igarapé Flores, PA Laranjal, PA Jurauá, PA Morro dos Araras, PA Itapuama, PA Ressaca), coincidindo com anos que obtiveram maiores perdas de VP, maiores expansões de AA e VS. Todos os assentamentos criados neste período são definidos como PA (Projetos de Assentamento), com finalidade principal de redistribuição de terras e destinados ao assentamento de famílias de agricultores ou trabalhadores rurais (INCRA,

2019; Farias et al., 2021). Já em 2004 e 2014 ocorreram a criação de dois assentamentos (PDS Anapu I e PA Lajes, respectivamente), coincidindo com os anos de maiores perdas de **VP** e ganhos de **AA**.

As maiores perdas de **VP** dentro dos limites de ASS ocorreram entre **1993-1994**, **1996-2000**, **2001-2006**, **2013-2015**, **2015-2019** e **2020-2021**, que coincidiram com os anos de maiores ganhos de **AA**. Os maiores ganhos de **VS** ocorreram entre **1995-1997**, **1999-2000**, **2000-2001**, **2007-2009**, **2011-2013**, **2018-2019**, **2020-2021**, que coincidiram com os anos de perdas de área de **AA** e menores perdas de **VP** (Figura 10). E essas áreas também foram interferidas pela UHBM, ganhando áreas de **CH** entre 2015-2016.

**Figura 10** – Variação do uso e cobertura da terra para os limites analisados (Assentamentos).

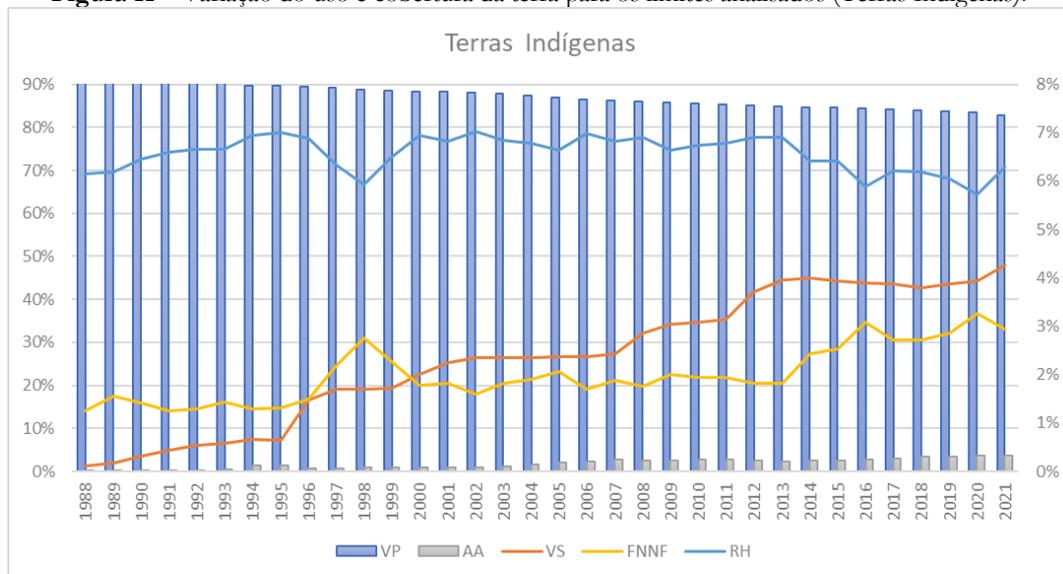


A *TI* Paquiçamba foi homologada em 1991 (Brasil, 1991); Koatinemo e Trincheira de Bacajá foram homologadas em 1996 (Brasil, 1996a; Brasil, 1996b); Juruna KM 17 e Arara de Volta Grande do Xingu, reservada e homologada, respectivamente, em 2015 (Brasil, 2015a, 2015b). A Paquiçamba foi reestudada para ampliação da área com identificação em 2002 e declarada em 2014 (Brasil, 2014b). Dentro do limite das *TI* observou-se polígonos de *IR* com cadastro no CAR, analisados com pendência e aguardando análise; e dois polígonos na Trincheira de Bacajá aguardando análise. De acordo com Souza et al. (2022), isso evidencia a exploração econômica mesmo dentro de territórios protegidos legalmente.

O limite das *TI* foi o que sofreu menores perdas de **VP** em comparação com os outros limites (Figura 11). E assim como os demais limites de estudo, as maiores perdas de **VP** coincidiram com os maiores ganhos de **AA**; e os maiores ganhos de **VS** ocorreram em

função de perdas de **AA**, coincidindo com os dados levantados por Turíbio, Veloso e Lobato (2022) nas TI de Paquiçamba e Arara de Volta Grande.

**Figura 11** – Variação do uso e cobertura da terra para os limites analisados (Terras Indígenas).

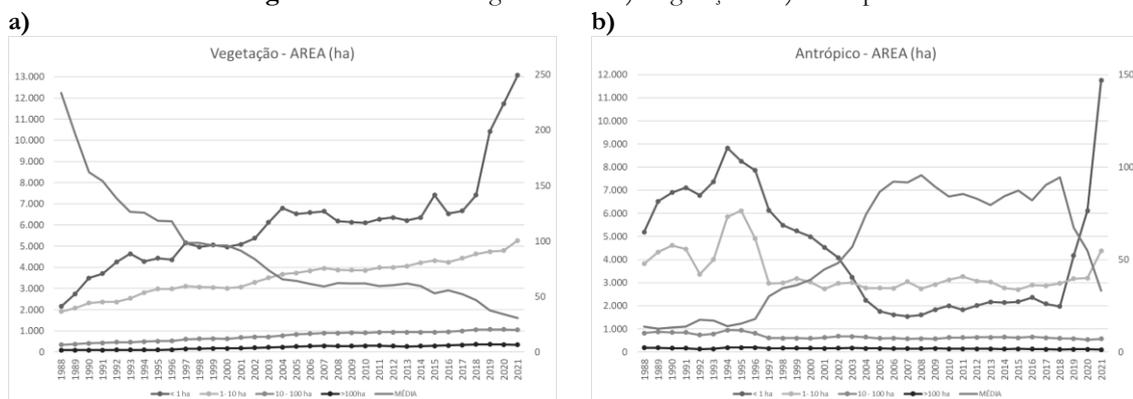


Fonte: autores.

As maiores perdas de **VP** dentro dos limites de TI ocorreram entre **1988-1990**, **1992-1994**, **1997-1998** (1º período), **2002-2007**, **2009-2010** (2º período) e **2017-2021** (4º período). Os quais coincidem com os maiores ganhos de **AA** que ocorreram entre **1993-1994**, **2002-2007**, **2014-2019** (3º e 4º períodos).

As métricas de paisagem também foram utilizadas para observar as mudanças no decorrer do período estudado. A Figura 12ab sintetiza o número de fragmentos por tamanho (hectares) da classe **Vegetação** e **Antrópico** ao longo dos 34 anos de estudo.

**Figura 12** –Área de Fragmentos de a) Vegetação e b) Antrópico.



Fonte: autores.

Em nível da *Área de Estudo*, os fragmentos de **Vegetação** e **Antrópico** obtiveram comportamentos distintos. Todas as categorias de fragmentos de **Vegetação** cresceram ao

longo do período de estudo, com a média de tamanho diminuindo ao longo do tempo. Os fragmentos < 1 ha de **Vegetação** aumentaram ao longo do tempo, obtendo comportamento crescente entre 1988-1993, 2001-2004, 2014-2015 e 2017-2021; os demais fragmentos (1-10 ha; 10-100 ha > 100 ha) também obtiveram comportamento crescente para **Vegetação** ao longo de todo o período.

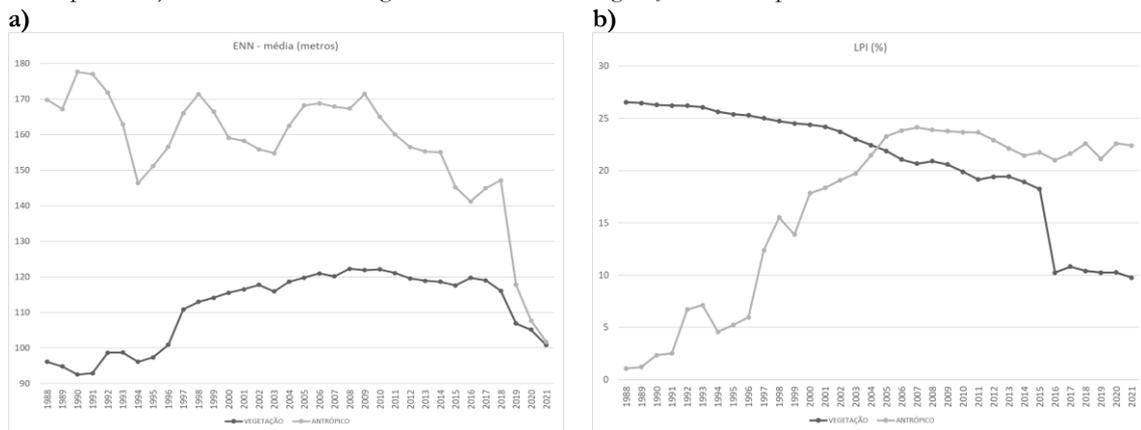
Em contrapartida, os fragmentos de **Antrópico** obtiveram uma média crescente até 2006 e decrescente a partir de 2018. Os fragmentos < 1 ha de **Antrópico** diminuíram ao longo do tempo, mas apresentaram comportamento crescente entre 2019-2021 devido ao surgimento de novos fragmentos; os fragmentos entre 1-10 ha de **Antrópico** obtiveram comportamento crescente entre 1988-1990, 1993-1995, 2007-2011 e 2018-2021; e as demais categorias (10-100 ha e > 100 ha) decresceram para a classe de **Antrópico**.

A partir do comportamento do número de fragmentos, depreende-se que para a classe **Vegetação** o comportamento se caracteriza por ser crescente e o comportamento de **Antrópico** se caracteriza por ser decrescente. Isso ocorre devido à redução das florestas através do processo de fragmentação ocasionado pela expansão de atividades antrópicas, o que aumenta o número de fragmentos menores e mais isolados de **Vegetação**, e diminuem o número de fragmentos de **Antrópico** que se tornam maiores e agrupados a outros fragmentos de mesma classe. Esses fatos também foram evidenciados por Montoya, Lima e Adami (2019) no entorno da Usina de Tucuruí-PA.

A Figura 13a demonstra a distribuição dos fragmentos pela distância para outro fragmento de mesma classe. Os resultados mostram a média das distâncias aumentando para **Vegetação**, com variação de 92 a 122 metros, devido ao aumento da fragmentação e isolamento para essa classe; e diminuindo para **Antrópico**, que variou entre 101 a 177 metros, devido ao aumento da conectividade desses fragmentos (Turner; Gardner, 2015). A partir de 2017 e 2020 ocorreu uma diminuição da média da distância para as classes de **Vegetação** e **Antrópico**, respectivamente. Isso pode ter ocorrido devido ao aumento do desmatamento de **VP** nesses períodos (INPE, 2021).

A Figura 13b ilustra a métrica LPI, a qual compreende a porcentagem que o maior fragmento da classe **Vegetação** e **Antrópico** ocupa na paisagem de estudo. A representação de LPI para **Vegetação** diminuiu ao longo do período, com uma queda abrupta a partir de 2015 devido à fragmentação do maior fragmento presente na paisagem; e LPI para **Antrópico** aumentou ao longo do tempo, indicando a consolidação de uma matriz antropizada. Ambos os valores são justificados pela expansão de áreas antrópicas e perda de áreas vegetadas ao longo do período, principalmente a partir de 2015.

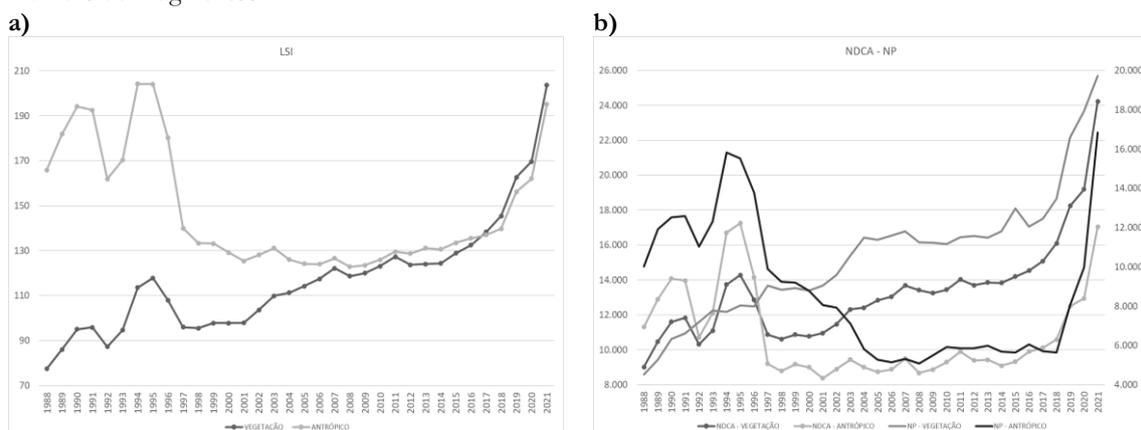
**Figura 13** – a) Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (ENN) de fragmentos da classe Vegetação e Antrópico; e b) Maior Índice de Fragmento – LPI e de Vegetação e Antrópico.



Fonte: autores.

A Figura 14a representa o comportamento das classes **Vegetação** e **Antrópico** através da métrica LSI, a qual mensura a compactação entre os fragmentos (Mcgarigal; Marks, 1995). Sendo possível observar que LSI, entre 1988-1997, era menor para **Vegetação** e maior para **Antrópico**, indicando que os fragmentos de **Vegetação** eram mais compactados, devido à consolidação da floresta, e os de **Antrópico** irregulares e desagregados na matriz. Nos anos seguintes os valores de LSI diminuem para **Antrópico** e aumentam para **Vegetação** e a partir de 2017 os valores para **Vegetação** se tornam maiores que de **Antrópico**, devido à dominância e fragmentos dispersos da classe **Antrópica** (Montoya; Lima; Adami, 2020; Narmada et al., 2021).

**Figura 14** –a) Índice de forma de paisagem – LSI e b) Número de áreas centrais disjuntas – NDCA e Número de Fragmentos–NP.



Fonte: autores.

A métrica NDCA (Figura 14b) entre 1988-1996 apresenta valores maiores para **Antrópico** e menores para **Vegetação**, ocorrendo inversão a partir de 1997. Assim, os menores valores para **Antrópico**, a partir de 1997, ocorrem pela forma compactada dos

fragmentos que, contendo áreas centrais maiores, mas menores quantidades de áreas centrais disjuntas. Por outro lado, os maiores valores para **Vegetação**, a partir de 1997, ocorrem pelos fragmentos se tornarem mais irregulares e complexos, contendo maiores quantidades de áreas centrais disjuntas. Dessa forma, há uma grande fragmentação de áreas vegetadas, e consolidação e predominância de uma matriz antropizada (Mcgarigal; Marks, 1995).

O número de fragmentos (Figura 14b) para a classe **Vegetação** apresenta aumento ao longo do período, com maiores aumentos a partir de 2017. Para a classe **Antrópico** apresenta tendência crescente 1988-1991, decrescente em 1992, crescente entre 1993-1994, decrescente entre 1995-2018, com crescimento acentuado a partir de 2019.

O crescimento de NP ocorre pelo aumento da fragmentação e o surgimento de novos fragmentos isolados. Os menores números nem sempre significam menor fragmentação, podendo indicar fragmentos maiores ou a agregação de fragmentos menores, como a expansão da classe **Antrópica** (Mcgarigal; Marks, 1995).

Dessarte, por meio das métricas de paisagem é notável que as principais mudanças na paisagem ocorreram na década de 90, devido à expansão agropecuária, e continuaram no início do século XXI com políticas públicas e legislações de proteção ambiental. A partir de 2015, as mudanças tiveram relação com eventos climáticos (ENOS), novos focos de desmatamento ilegal atrelados ao enfraquecimento de ações de proteção ambiental e, também, a instalação da UHBM. Esta justifica-se pela supressão de áreas promovidas pela abertura de estradas de acesso, reassentamentos, instalação de infraestruturas, inundação de áreas e assim por diante.

A partir de 2015 ocorreram mudanças significativas nos valores de todas as métricas analisadas neste estudo, que apontam a intensificação da fragmentação florestal na área de estudo. Por exemplo, o aumento do número de fragmentos < 1ha, a diminuição do tamanho do maior fragmento (LPI), o aumento de LSI, NDCA e NP evidenciam que a paisagem vem sofrendo um processo intenso de fragmentação florestal. Isso repercute no aumento da área de contato dos fragmentos de vegetação com o meio externo (efeito de borda), que deixam os habitats mais expostos a pressões como desmatamento ilegal, expansão urbana, grilagem e extrativismo insustentável que colocam em risco a biodiversidade de fauna e flora.

Além disso, essas pressões antrópicas atreladas às mudanças climáticas e às alterações de vazões proporcionadas pela UHBM repercutem nos remanescentes de vegetação e nos corpos hídricos. Essa combinação de fatores produz efeitos sinérgicos nos ecossistemas naturais, afetando a permanência de espécies.

## Conclusão

Através dos resultados é possível observar a dinâmica da paisagem em 34 anos e quatro períodos (1988-2000, 2000-2010, 2010-2015 e 2015-2021). Concluindo que ocorreram mudanças na paisagem que coincidiram com o início da instalação e operação da UHBM. Considerando os 34 anos de estudo, os intervalos de 1988-1989, 1991-1992, 1993-1994, 1996-1997, 2000-2002, 2003-2004, 2011-2012, 2015-2016, 2018-2019, 2020-2021 atingiram maiores intensidades de mudanças.

O terceiro e quarto períodos foram os que obtiveram maiores intensidades de ganho de FNNF, dos quais o quarto período foi o único com maior intensidade na classe CH. No quesito perda, os dois últimos períodos também foram os únicos com maior intensidade da classe FNNF. Com isso é possível constatar que os períodos de instalação e operação da UHBM interferiram na dinâmica da classe FNNH e CH. Da mesma forma, as intensidades de mudanças e alterações acumuladas em pixels mostrou que a UHBM teve forte influência na classe de CH e FNNF.

A classe de VS obteve maior intensidade de ganho no terceiro período, devido aos efeitos provocados pelas legislações ambientais. Em contrapartida, entre 2011-2012 as taxas anuais de perdas em VP não se correlacionaram com as maiores taxas de desmatamento identificadas pelo PRODES, para o estado do Pará, indicando que o início da construção da UHBM pode ter intensificado ações de desmatamento na região de estudo.

A classe de VS obteve maior intensidade de perda no quarto período, justificando-se pela flexibilização de ações de fiscalização e leis ambientais. Da mesma forma, nesse período ocorreu uma crescente perda de VP, coincidindo com o enchimento dos reservatórios e o início da operação da UHBM.

Considerando os períodos estudados, constatou-se que as mudanças no uso e cobertura da terra nos dois primeiros períodos ocorreram ao longo de toda a área de estudo e incrementadas pelas rodovias (BR-230 e PA-415) e vicinais. Nos dois últimos períodos as mudanças foram orientadas para o rio Xingu e reservatórios do Xingu e Canais.

A dinâmica de perdas e ganhos anuais de VP, VS e AA foi similar entre os limites da Área de Estudo, ASS e IR. No entanto, os ASS começaram a ter maiores perdas de VP e ganhos de AA após 1996, um ano depois do início da criação de ASS na Área de Estudo. A partir de 2014 e 2015 as perdas anuais foram crescentes para VP e VS, respectivamente, nos três limites, coincidindo com o final da fase de construção da usina. E no quarto período, o ano de 2021 foi o de maiores mudanças para as classes de VP, VS e AA, favorecidas pela flexibilização de ações de flexibilização ambiental.

Áreas das TI foram as de menos mudanças nas taxas anuais, em que o segundo período e terceiro obtiveram maiores perdas de VP e ganhos de AA, entre 2002-2007 antes do decreto que dispõe sobre infrações e sanções administrativas ao meio ambiente; e entre 2017-2021, com mudanças provocadas pelas transições de governo.

Por meio das métricas foi possível observar que as mudanças na fragmentação da paisagem foram drásticas a partir de 2017, período de operação da UHBM e de mudanças de governo. As métricas de área e borda mostraram que o tamanho dos fragmentos apresentou tendência crescente para Antrópico e decrescente para Vegetação, evidenciando o aparecimento de novos fragmentos de Antrópico.

Por meio das métricas de área central e agregação, atentou-se que na década de 90 os fragmentos de Antrópico e Vegetação eram compactados em relação à matriz, evidenciando fragmentos isolados de Antrópico ao longo de uma matriz de Vegetação. No entanto, esses fragmentos se tornaram irregulares e desagregados no decorrer do período estudado, mostrando uma paisagem segmentada e o desaparecimento de uma matriz dominante.

## Referências

ALDWAIK, S. Z.; PONTIUS, R. G. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. **Landscape and Urban Planning**, v. 106, n. 1, p. 103–114, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.010>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

ALDWAIK, S. Z.; PONTIUS, R. G. Map errors that could account for deviations from a uniform intensity of land change. **Int. J. Geogr. Inf. Sci.**, v. 27, n. 9, p. 1717–1739, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2013.787618>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

ANA – Agência Nacional de Água. **Cursos d'Água**. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 48, de 28 de fevereiro de 2011**. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/ANA/RE0048-280211.PDF>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

ANDERSON, M. J. Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). **Wiley Statsref: Statistics Reference Online**, p. 1-15, 15 nov. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat07841>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Sistema de Informações de Geração da ANEEL SIGA. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYz>>

dkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIImMiOjR9>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ARCANJO, N. M. M.; HERRERA, J. A.; SILVA, D. C. Reassentamento rural coletivo km-27 (RRC-27), Vitória do Xingu/PA, por famílias ribeirinhas impactadas pela UHE-Belo Monte. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 17, p. 81-108, 2022.

Disponível em:

<<https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/65974/35108>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

BEZERRA, T. S. L.; HERRERA, J. A.; NASCIMENTO, L. A. B. As múltiplas transformações no território afetado pelo empreendimento Hidrelétrico de Belo Monte, na Amazônia Paraense. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 4, p. 267-278, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17648/ihgp.v4i01.92>>. Acesso em: 13 jan. 2022

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970**. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1970.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm)>. Acesso em: 03 fev. 2023

\_\_\_\_\_. **II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND – 1975-1979)**. Brasília, DF: 1974. 81 p. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/24>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 388, de 24 de dezembro de 1991**. Homologa a demarcação administrativa da Área Indígena Paquiçamba, no Estado do Pará. Brasília, DF: Presidência da República, 1991. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/d0388.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d0388.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto s/n, de 02 de outubro de 1996**. Homologa a demarcação administrativa da Terra Indígena Trincheira Bacajá, localizada nos Municípios de Pacajá, São Félix do Xingu, Senador José Porfírio e Altamira, Estado do Pará. Brasília, DF: Presidência da República, 1996a. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/dnn/Anterior\\_a\\_2000/1996/Dnn4505.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/Anterior_a_2000/1996/Dnn4505.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto s/n, de 05 de janeiro de 1996**. Homologa a demarcação administrativa da Terra Indígena Koatinemo, localizada no Município Altamira, Estado do Pará. Brasília, DF: Presidência da República, 1996b. Disponível em:

<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/DNN/Anterior\\_a\\_2000/1996/Dnn3813.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior_a_2000/1996/Dnn3813.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em:

<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto de 03 de julho de 2003**. Institui Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para os fins que especifica e dá outras providências. Brasília, DF:

Presidência da República, 2003. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/dnn/2003/dnn9922.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/2003/dnn9922.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 788, de 13 de julho de 2005.** Autoriza o Poder Executivo a implantar o Aproveitamento Hidroelétrico Belo Monte, localizado em trecho do Rio Xingu, no Estado do Pará, a ser desenvolvido após estudos de viabilidade pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobrás. Brasília, DF: Senado Federal, 2005. Disponível em:  
<<http://imagem.camara.gov.br/Imagem/d/pdf/DCD14JUL2005.pdf#page=3>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008.** Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012a. Disponível em:  
<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012.** Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012b. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 8.235, de 5 de maio de 2014.** Estabelece normas gerais complementares aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal, de que trata o Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, institui o Programa Mais Ambiente Brasil, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2014a. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/decreto/d8235.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8235.htm)>. Acesso em: 10 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 904, de 30 de maio de 2014.** Declarar de posse permanente do Grupo Indígena Juruna a Terra Indígena PAQUIÇAMBA. Brasília, DF: Presidência da República, 2014b. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/71175123/dou-secao-1-02-06-2014-pg-19>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Portaria s/n, de 30 de abril de 2015.** Reservada Terra indígena Juruna KM 17. Brasília, DF: Presidência da República, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Decreto de 17 de abril de 2015.** Homologa a demarcação administrativa da Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu, localizada no Município de Senador José Porfírio, Estado do Pará. Brasília, DF: Presidência da República, 2015b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/dsn/dsn14171.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/dsn/dsn14171.htm). Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm (1ª fase)**. Brasília, DF: MMA, 2004. 156 p. Disponível em: <[http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM\\_fase1.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM_fase1.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm (2ª fase – 2009-2011)**: Rumo ao desmatamento ilegal zero. Brasília, DF: MMA, 2009. 170 p. Disponível em: <[http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM\\_fase2.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM_fase2.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm (3ª fase – 2012-2015)**: Pelo uso sustentável e conservação da floresta. Brasília, DF: MMA, 2013. 172 p. Disponível em: <[http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM\\_fase3.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM_fase3.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm (4ª fase – 2016-2020)**: Pelo uso sustentável e conservação da floresta. Brasília, DF: MMA, 2016. 60 p. Disponível em: <[http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM\\_fase1.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM_fase1.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CHEN, G.; POWERS, R. P.; DE CARVALHO, L. M. T.; MORA, B. Spatiotemporal patterns of tropical deforestation and forest degradation in response to the operation of the Tucuruí hydroelectric dam in the Amazon basin. **Applied Geography**, v. 63, n. 1/8, 2015. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.06.001>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

CORDEIRO, M. S. S.; NOVAES, R. B.; BARCELLOS, S. B. A questão ambiental e o governo Bolsonaro: entre conflitos ambientais e ideias conspiratórias. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, v. 42, n. 2, p. 263-276, 2022. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.37370/raizes.2022.v42.799>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Shapefile Rodoviário**. Disponível em: <<https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

ESTRONIOLI, E. M.; MIRANDA NETO, J. Q. A Hidrelétrica de Belo Monte como fator de segregação socioespacial: uma análise a partir da cidade de Altamira-PA. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 3, p. 219-238, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v24i3.9273>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

EXAVIER, R; ZEILHOFER, P. OpenLand: Software for Quantitative Analysis and Visualization of Land Use and Cover Change. **The R Journal**, v. 12, n. 2, p. 359-371, 2020. Disponível em: <<https://journal.r-project.org/archive/2021/RJ-2021-021/RJ-2021-021.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

FARIAS, M. H. C. S.; CARVALHO, A. C.; BELTRÃO, N. E. B.; SANTOS, C. A.; SILVA-JÚNIOR, M. B. Regularização Fundiária na Amazônia: Panorama dos Projetos de Assentamentos no Estado do Pará. In: CARVALHO, André Cutrim. **Gestão ambiental nos Trópicos Úmidos**: impactos das ações humanas nos recursos naturais das fronteiras amazônicas. São Paulo: Científica, 2021. Cap. 15. p. 121-134. Disponível em:

<<https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210102704>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

FEARNSIDE, Philip Martin Martin. **Hidrelétricas na Amazônia**: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: Editora do INPA, 2015. v. 1. 296 p. Disponível em:  
<[https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4684/1/hidreletricas\\_na\\_Amazonia\\_v1.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4684/1/hidreletricas_na_Amazonia_v1.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2021

\_\_\_\_\_. Belo Monte: atores e argumentos na luta sobre a barragem amazônica mais controversa do Brasil/Belo Monte. **Revista Nera**, v. 21, n. 42, p. 162-185, 29 mar. 2018. **Revista NERA**. Disponível em: <<https://doi.org/10.47946/rnera.v0i42.5691>>. Acesso em: 12 set. 2021.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Shapefile limites Terras Indígenas**. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape> Acesso em: 01 abr. 2022.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

HESSELBARTH, M. H. K.; SCIAINI, M.; WITH, K. A.; WIEGAND, K.; NOWOSAD, J. Landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, p. 1648–1657, 2019. <<https://doi.org/10.1111/ecog.04617>>. Disponível em:  
<[https://publications.goettingen-research-online.de/bitstream/2/69450/1/Hesselbarth\\_et\\_al\\_2019\\_Ecography\\_42\\_10.pdf](https://publications.goettingen-research-online.de/bitstream/2/69450/1/Hesselbarth_et_al_2019_Ecography_42_10.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2022.

HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of Educational Psychology**, v. 24, n. 6, p. 417–441, 1933. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1037/h0071325>>. Acesso em: 29 dez. 2022.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Licenciamento Ambiental - Belo Monte - 02001.001848\_2006-75/. Disponível em:  
<[http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte%20-%202002001.001848\\_2006-75/](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte%20-%202002001.001848_2006-75/)>. Acesso em: 01 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**. Disponível em:  
<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Shapefile de assentamentos**. Disponível em: <<https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Instrução Normativa Nº 99, de 30 de dezembro de 2019**. Fixa os procedimentos administrativos para titulação de imóveis rurais em Projetos de Assentamento de Reforma Agrária, criados em terras de domínio ou posse do Incra ou da União, bem como verificação das condições de permanência e de regularização de beneficiário no Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA). Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=31/12/2019&jornal=515&pagina=52>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites - PRODES. **Desmatamento de 1998 a 2021 – Amazônia Legal**. 2023. Disponível em: <[http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

JIANG, X.; LU, D.; MORAN, E.; CALVI, M. F.; DUTRA, L. V.; LI, G. Examining impacts of the Belo Monte hydroelectric dam construction on land-cover changes using multitemporal Landsat imagery. **Applied Geography**, v. 97, p. 35-47, ago. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.05.019>>. Acesso em: 22 out. 2023.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍA-ARTIGAS, A.; TAKAHASHI, K.; MALHI, T.; SOBRINO, J. A.; SCHRIER, G. V. D. Aquecimento recorde e seca extrema na floresta amazônica durante o curso do El Niño 2015-2016. **Scientific Reports**, v. 6, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/srep33130>>. Acesso em: 01 de maio 2023.

LEME ENGENHARIA LTDA; CAMARGO CORRÊA; ANDRARE GUTIERREZ; ODEBRECHT; ELETROBRÁS; NORTE ENERGIA; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **EIA: Estudo de Impacto Ambiental - Aproveitamento hidrelétrico Belo Monte**. Brasília, maio 2009. (Cartilha).

MCGARIGAL, Kevin; MARKS, Barbara J. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure**. 2.0 Portland/Oregon: Department of Agriculture/Forest Service/Pacific: Pacific Northwest Research Station, 1995. 132 p. Disponível em: <[https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw\\_gtr351.pdf](https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2023.

MAPBIOMAS. **MapBiomas General “Handbook”**: algorithm theoretical basis document (atbd). Coleção 7. Versão 1. 2022a. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD\\_Collection\\_7\\_v2.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_7_v2.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Amazon – Appendix**: Collection 7.0. Version 1. 2022b. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Collection%207/Amazon\\_-\\_Appendix\\_-\\_ATBD\\_Collection\\_7.docx.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Collection%207/Amazon_-_Appendix_-_ATBD_Collection_7.docx.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Descrição da Legenda**: Coleção 7.0. 2022c. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Legenda\\_Cole%3%A7%3%A3o\\_7\\_-\\_Descri%3%A7%3%A3o\\_Detalhada\\_-\\_PDF\\_PT.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Legenda_Cole%3%A7%3%A3o_7_-_Descri%3%A7%3%A3o_Detalhada_-_PDF_PT.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2022.

- \_\_\_\_\_. **Deforestation and Secondary Vegetation**: Appendix. Collection 6. 2021. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Deforestation\\_\\_\\_Secondary\\_Vegetation\\_Appendix\\_-\\_ATBD\\_Collection\\_6\\_v2.docx.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Deforestation___Secondary_Vegetation_Appendix_-_ATBD_Collection_6_v2.docx.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2022.
- MARTINS, A. R.; BASTOS, D. A.; SOUSA, L. M.; GIARRIZZO, T.; VIEIRA, T. B.; ZUANON, J. Intense droughts affect temporal stability of Amazonian stream fish assemblages. **Freshwater Biology**, v. 67, n. 9, p. 1656-1667, 22 jul. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/fwb.13970>>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- MILHOMENS, L.; GOHN, M. G. Movimentos sociais e Amazônia: da ditadura civil-militar aos grandes projetos da atualidade. **Cadernos Ceru**, v. 29, n. 2, p. 238-270, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2595-2536.v29i2p%25p>>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- MONTOYA, A. V.; LIMA, A.; ADAMI, M. Mapeamento e Análise Temporal da Paisagem no Entorno do Reservatório de Tucuruí-PA. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/28625/15839>>. Acesso em: 13 mar. 2022
- \_\_\_\_\_. Análisis de la Cobertura de la Tierra en Torno de una Hidroeléctrica en la Amazonía Brasileña. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 74-86, 2019. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_1\\_74\\_86](http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_74_86)>. Acesso em: 11 set. 2022.
- \_\_\_\_\_. Multitemporal analysis of deforestation in response to the construction of the Tucuruí Dam. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 10, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijgi9100583>>. Acesso em: 13 jan. 2022
- MOREIRA, R. P.; HERRERA, J. A. A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no Estado do Pará: consequência e causa do desenvolvimento geográfico desigual. In: HERRERA, J. A.; CAVALCANTE, M. M. A. (Org.). **Hidrelétricas na Amazônia: Implicações territoriais nas áreas de influência das Usinas nos rios Xingu (Pará) e Madeira (Rondônia)**. Belém: Ed. GAPTA/Universidade Federal do Pará, 2017. p. 93-130
- MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi. **Relatório Final de Vegetação**: descrição e análise da flora da região do médio-baixo rio Xingu. 2008. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte%20%2002001.001848\\_200675/EIA/Volume%2017%20%20RELATORIOS%20MPEG%20VEGETA%20c7%20c3O/TEXT0/FLORA/0%20RELAT%20RIO%20FINAL%20VEGETA%20c7%20c3O%20SEM\\_TB%20V\\_1.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte%20%2002001.001848_200675/EIA/Volume%2017%20%20RELATORIOS%20MPEG%20VEGETA%20c7%20c3O/TEXT0/FLORA/0%20RELAT%20RIO%20FINAL%20VEGETA%20c7%20c3O%20SEM_TB%20V_1.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2022.
- NAGY, H. B.; LÁSZLÓ, Z.; SZABÓ, F.; SZÓCS, L.; DÉVAL, G.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Landscape-scale terrestrial factors are also vital in shaping Odonata assemblages of watercourses. **Scientific Reports**, v. 9, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-019-54628-7>>. Acesso em: 11 set. 2022.
- NARMADA, K.; GOGOI, D.; DHANUSREE; BHASKARAN, G. Landscape metrics to analyze the forest fragmentation of Chitteri Hills in Eastern Ghats, Tamil Nadu. **Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences**, v. 7, n. 1, p. 001-007, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.17352/2455-488X.000038>>. Acesso em: 29 dez. 2022.

PARÁ. **Decreto nº 1.379, de 3 setembro de 2015**. Cria o Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado do Pará – PRA/PA e dá outras providências. Belém, PA: Governo do Estado, 2015. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/6673>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PEKEL, J. F.; COTTAM, A.; GORELICK, N.; BELWARD, A. S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. **Nature**, v. 540, n. 7633, p. 418-422, 7 dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nature20584>>. Acesso em: 26 out. 2022.

QIN, Y.; XIAO, X.; LIU, F.; SILVA, F. S.; SHIMABUKURO, Y.; ARAI, E.; FEARNSSIDE, F. M. Forest conservation in Indigenous territories and protected areas in the Brazilian Amazon. **Nature Sustainability**, v. 6, p. 295–305, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41893-022-01018-z>>. Acesso em: 26 out. 2022.

SANTOS, A. J. V. Os primeiros meses da agenda socioambiental de Jair Bolsonaro e o que esta nos diz sobre nossa ontologia. **Rev. Sociologias Plurais**, v. 5, n. 2, p. 226-244, dez. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/sclplr.v5i2.71037>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do Espaço Habitado**: fundamentos teórico e metodológico da geografia. 1. ed. São Paulo: Hucitec, 1988. 136 p.

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Bases de CAR**. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SILVA JÚNIOR, C. H. L.; HEINRICH, V. H. A.; FREIRE, A. T. G.; BROGGIO, I. S.; ROSAN, T. M.; DOBLAS, J.; ANDERSON, L. O.; ROUSSEAU, G. X.; SHIMABUKURO, Y. E.; SILVA, C. A.; HOUSE, J. L.; ARAGÃO, L. E. O. C. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. **Scientific Data**, v. 7, n. 269, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41597-020-00600-4>>. Acesso em: 21 set. 2022.

SOUZA, C. M. [et al.]. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n.17, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs12172735>>. Acesso em: 21 set. 2022.

SOUZA, M. B.; PAIVA, P. F. P. R.; SILVA, G. M. J.; RUIVO, M. L. P.; BRAGA, T. G. M.; CARDOSO, P. M. MIRANDA, S. B. A.; CORDEIRO, L. C. Análise geoespacial do sistema de cadastro ambiental rural incidentes na terra indígena Ituna Itatá (PA). **Nature and Conservation**, v. 15, n. 2, p. 119-127, 2022. Disponível em: <<http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.002.00>>. Acesso em: 21 set. 2023.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape Ecology in theory and practice**: pattern and process. 2. ed. New York: Springer, 2015. 499 p.

TURÍBIO, L. M. A.; VELOSO, G. A.; LOBATO, M. M. Análise do Índice de Desflorestamento das Terras Indígenas Paquiçamba de Arara da Volta Grande do Xingu, da Área Diretamente Afetada pela UHE Belo Monte entre os anos de 2000 e 2020. **Revista do Núcleo de Meio Ambiente da UFPA**, v. 7, n. 2, 2022. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpa.br/index.php/reumam/article/view/13938>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

### Como citar:

#### ABNT

CAVALCANTE, J. da C. [et al.]. Dinâmica da paisagem no entorno da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 10, n. 01, e23180, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e23180>>. Acesso em: 30 dez. 2024.

#### APA

Cavalcante, J. da C. [et al.]. Dinâmica da paisagem no entorno da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 10, n. 01, e23180, 2024. Recuperado em 30 dezembro, 2024, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e23180>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2024, Universidade Federal do Maranhão.

