

Artigo:

ANÁLISE DA MUDANÇA NA COBERTURA E USO DA TERRA NO BAIXO CURSO DO RIO JARI POR MEIO DA MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL

Analysis of land cover and land use change in the lower course of the Jari River through spatial dynamic modeling

Analyse des changements de couverture et d'utilisation des sols dans le cours inférieur du fleuve Jari par la modélisation dynamique spatiale

Data de recebimento: 05/07/2026

Data de publicação: 30/07/2026

Edivan Oliveira da Silva¹

Alexandre Luiz Rauber²

RESUMO

O Baixo Curso do Rio Jari, possui grande relevância ambiental e estratégica para a Amazônia, abrigando extensas áreas de floresta ombrófila densa, importantes cursos d'água e zonas de transição com formações de cerrado. Nas últimas décadas, esta área tem sido progressivamente modificada por pressões antrópicas, em especial pela intensificação da silvicultura com monocultivo de eucalipto e do avanço urbano e agropecuário, comprometendo a integridade ecológica local. Este artigo teve como objetivo analisar as transformações espaciais da paisagem do Baixo Curso do Rio Jari ao longo de 30 anos (1990 a 2020) e projetar cenários futuros de uso da terra até o ano de 2050, com o uso da modelagem dinâmica espacial. A abordagem metodológica combinou análises multitemporais com dados do projeto MapBiomass, observações de campo e aplicação de geotecnologias, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e da plataforma de simulação Dinâmica EGO. Os resultados apontam que, embora a formação de áreas florestais ainda represente a principal cobertura da terra, observa-se crescimento significativo das áreas destinadas à silvicultura e à ocupação urbana. A simulação até 2050 indica a continuidade dessas tendências, com implicações diretas sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos da região.

Palavras-chave: Dinâmica da paisagem. Cenários futuros. Rio Jari.

ABSTRACT

The Lower Jari River Basin is of great environmental and strategic importance to the Amazon, harboring extensive areas of dense rainforest, important watercourses, and transition zones with cerrado formations. In recent decades, this area has been progressively modified by anthropogenic pressures, especially the intensification of silviculture with eucalyptus monoculture and urban and agricultural expansion, compromising local ecological integrity. This study aimed to analyze the spatial transformations of the landscape of the Lower Jari River Basin over 30 years (1990 to 2020) and to project future land use scenarios until the year 2050, using dynamic spatial modeling. The methodological approach combined multitemporal analyses with data from the MapBiomass project, field observations, and the

1 Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amapá UNIFAP). E-mail: edivanolvra@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5289-9076>

2 Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da UNIFAP – PPGeo/UNIFAP E-mail: rauber@unifap.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4909-6491>

application of geotechnologies, through Geographic Information Systems (GIS) and the Dinamica EGO simulation platform. The results indicate that, although forested areas still represent the main land cover, there is significant growth in areas destined for forestry and urban occupation. The simulation up to 2050 indicates the continuation of these trends, with direct implications for the biodiversity and ecosystem services of the region.

Keywords: Landscape dynamics. Future scenarios. Jari River.

RÉSUMÉ

Le cours inférieur du fleuve Jari possède une grande pertinence environnementale et stratégique pour l'Amazonie, abritant de vastes zones de forêt ombrophile dense, d'importants cours d'eau et des zones de transition avec des formations de cerrado (savane). Au cours des dernières décennies, cette région a été progressivement modifiée par des pressions anthropiques, notamment par l'intensification de la sylviculture avec la monoculture d'eucalyptus et par l'avancée urbaine et agricole, compromettant l'intégrité écologique locale. Cet article vise à analyser les transformations spatiales du paysage du cours inférieur du fleuve Jari sur une période de 30 ans (de 1990 à 2020) et à projeter des scénarios futurs d'utilisation des sols jusqu'en 2050, à l'aide de la modélisation dynamique spatiale. L'approche méthodologique a combiné des analyses multitemporelles avec des données du projet MapBiomas, des observations de terrain et l'application de géotechnologies, à travers les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la plateforme de simulation Dinamica EGO. Les résultats indiquent que, bien que les formations forestières représentent toujours la principale couverture terrestre, on observe une croissance significative des zones destinées à la sylviculture et à l'occupation urbaine. La simulation jusqu'en 2050 montre la continuité de ces tendances, avec des implications directes sur la biodiversité et les services écosystémiques de la région.

Mots-clés : Dynamique du paysage. Scénarios futurs. Fleuve Jari.

INTRODUÇÃO

O entendimento das transformações que ocorrem na paisagem, sua complexidade e a interdependência entre os elementos que a compõem são fundamentais, considerando a acelerada dinâmica de alterações, frequentemente impulsionadas por interferências humanas. Assim, para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica dessas mudanças, é indispensável a incorporação de técnicas e tecnologias que possibilitem uma análise precisa da interação entre os diversos componentes da paisagem.

Nesse contexto, Neto et al. (2023) salientam que o uso da terra pode ser entendido como um importante elemento na alteração das paisagens naturais. Nessa perspectiva, a categoria paisagem assume um papel essencial na análise geográfica, integrando aspectos físico-naturais associados aos aspectos antrópicos no Domínio Amazônico.

O quadro vigente do uso e cobertura da terra na Amazônia demonstra como o espaço atual é reflexo das ações políticas e econômicas do passado (SILVA, 2013). O uso da terra na Amazônia foi tratado como um subsistema no interior de um sistema espacial, que com o tempo foi tendo seus espaços naturais transformados em espaços produtivos, resultado de uma série de decisões e escolhas historicamente determinadas (NASCIMENTO, 2012).

O uso da terra na Amazônia faz parte de um conjunto maior de relações socioeconômicas e ambientais (o sistema espacial). Ao longo da história, as áreas naturais desse sistema foram convertidas em áreas destinadas à produção econômica (espaços produtivos), em função de decisões políticas e econômicas tomadas em diferentes períodos.

O Baixo Curso do Rio Jari (BCRJ) compreende uma extensa faixa da Amazônia Legal Brasileira, localizada na margem esquerda do rio Amazonas, se estendendo por cerca de 6.764,5 km². Essa área é predominantemente coberta por Floresta Ombrófila Densa, com ocorrência de Cerrado na porção inferior da bacia. O Rio Jari, um importante afluente da margem esquerda do Rio Amazonas, delimita os estados do Pará e Amapá.

A análise sobre as transformações ocorridas no BCRJ é essencial para compreender os impactos das mudanças na cobertura e uso da terra, especialmente devido à escassez de estudos sobre a bacia nesse âmbito. Embora apresente ocupação urbana modesta, alguns setores da bacia têm acentuada utilização para atividades agrícolas, afetando sobremaneira a vegetação natural que caracteriza o bioma amazônico.

A elaboração de mapeamento da cobertura e uso da terra e a indicação de cenários constituem uma excelente estratégia no que diz respeito ao exercício de planejamento, baseado em registros históricos. Desta forma, a modelagem da dinâmica da paisagem por simulação de cenários se apresenta como uma importante ferramenta de análise da mudança na cobertura e uso da terra, expressando grande potencial às tomadas de decisão e à formulação de políticas e mecanismos de controle e mitigação de impactos.

Os modelos espaciais dinâmicos ou modelos de paisagem, conhecidos também como modelos LUCC (*Land Use and Land Cover Change*), simulam mudanças nos atributos do ambiente através do território geográfico. O uso de tais modelos visa auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e, assim, determinar como eles evoluem diante de condições circunjacentes, e ainda representam cenários traduzidos por diferentes quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (FERRARI, 2008).

A simulação de cenários é uma aproximação do que pode vir a acontecer com determinado fenômeno espacial no futuro. Caso as taxas de mudanças mantenham a mesma tendência do período anterior e as mesmas variáveis continuarem atuando para favorecer determinada transição, existe possibilidade de estimar cenários futuros. Sendo assim, os resultados podem servir como instrumentos de suporte à decisão para formular programas de conservação ambiental e uso adequado da terra numa paisagem em constante transformação.

Dado que a expansão das atividades de silvicultura na BHRJ está avançando sobre a composição e a estrutura da formação florestal e áreas de pastagem, é necessário pensar nas implicações dessas mudanças para os processos ecológicos e os recursos naturais da região, visto que o crescimento das atividades de silvicultura na BHRJ está resultando em uma diminuição da

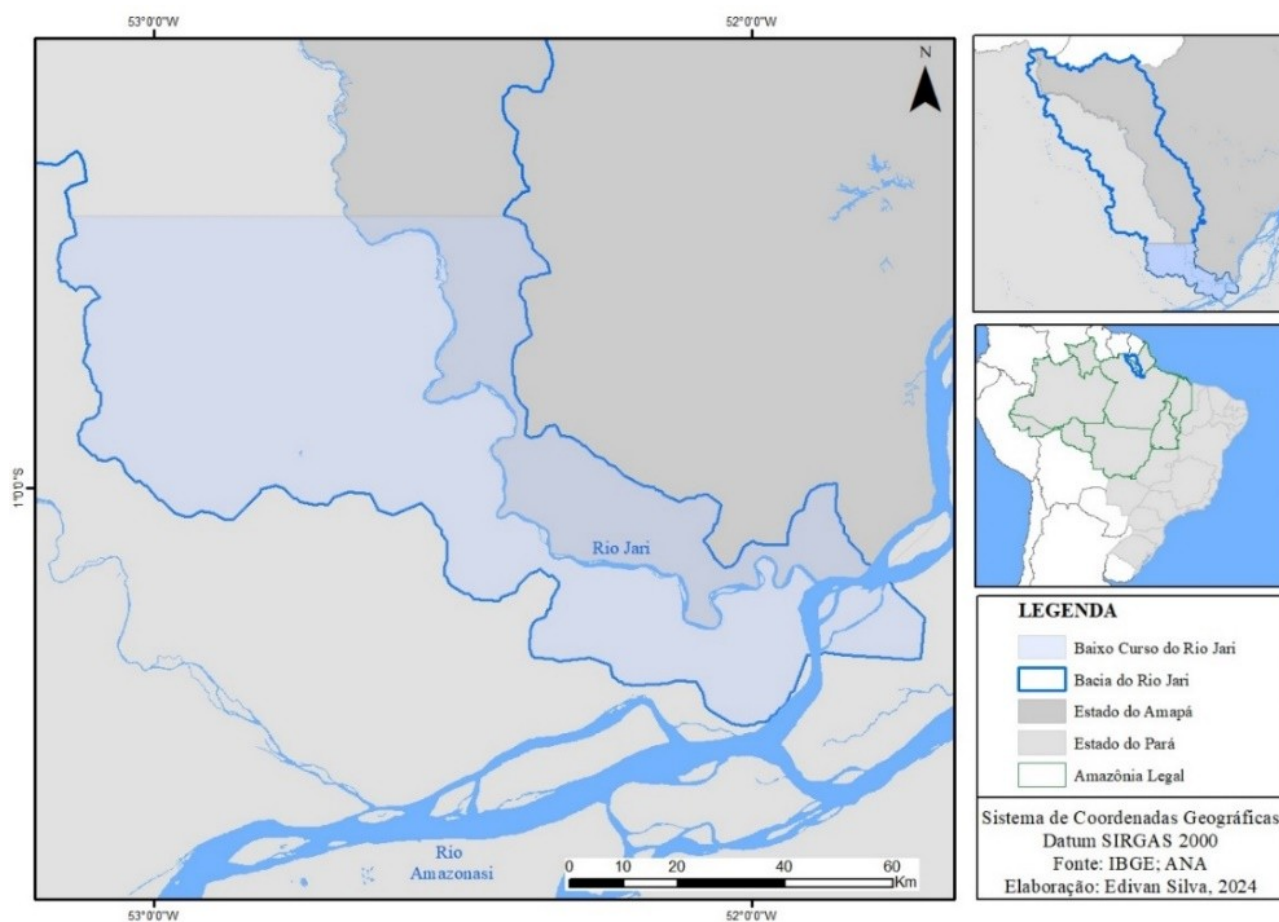
biodiversidade de vegetações e na alteração dos padrões de cobertura e uso da terra, o que pode comprometer a integridade dos ecossistemas locais e a disponibilidade de recursos naturais.

Assim, o presente estudo propõe desenvolver modelos com diferentes cenários futuros da dinâmica de cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Jari. Os resultados dessa modelagem podem contribuir para entender os efeitos de atividades sobre os recursos naturais, como forma de traçar trajetórias de mudanças e análise de impactos no espaço e no tempo futuro, utilizando informações das práticas históricas.

ÁREA DE ESTUDO

O Baixo Curso do Rio Jari está situado na parte setentrional da bacia hidrográfica do rio Amazonas, na margem esquerda e próximo à sua foz. Com aproximadamente 6.764,50 km², abrange áreas do município de Almeirim, onde estão localizados os distritos de Monte Dourado e Munguba, no estado do Pará, e nos municípios de Laranjal do Jari, Vitória do Jari e Mazagão, no estado do Amapá (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização do Baixo Curso do Rio Jari.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

O rio Jari escoa na direção NW-SE, limitando geograficamente os estados do Amapá e Pará. Sua nascente situa-se na Serra do Tumucumaque, na fronteira do Brasil com o Suriname, na unidade geomorfológica Colinas do Amapá.

A dinâmica de formação socioeconômica da bacia do rio Jari está relacionada historicamente a empreendimentos de desenvolvimento da Amazônia, especificamente o Projeto Jari Florestal, e, mais recentemente, à Usina Hidrelétrica de Santo Antônio (UHSA).

Para Greissing (2010), a região do Jari constitui o cenário de uma fusão entre dois mundos: de um lado as populações locais extrativistas que moravam em pequenas comunidades à beira do rio, no interior ou perto da floresta; e, de outro, as cidades-empresas que se formaram e cresceram ao redor da instalação de um grande projeto agroindustrial iniciado no final dos anos 1960. A autora destaca:

A região se caracteriza por uma floresta primária tropical muito rica em recursos naturais, principalmente a castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*) e a seringa (*Hevea brasiliensis*), cuja exploração sempre constituiu a fonte principal de subsistência para as populações extrativistas, mas também da economia regional baseada na exportação dos recursos naturais em estado bruto. Já nos tempos da colonização, os missionários instalados na região do Jari enriqueciam-se com a comercialização das “drogas do sertão” (GREISSING, 2010, p. 46).

No final da década de 1960, o Projeto Jari, implementado pelo norte americano Daniel Ludwig, causou profundas modificações no BCRJ. Segundo Filocreão (2015), para estabelecer as condições necessárias à consolidação do projeto, as atividades iniciais consistiam na derrubada das florestas nativas para o plantio de espécies exóticas, causando impactos socioambientais significativos, quando comparados aos que eram provocados pela economia extrativista comercial.

Fortemente apoiado pelo governo militar, o empreendimento de Ludwig, conhecido depois como “Projeto Jari”, é iniciado em 1967 com o desmatamento de grandes superfícies de floresta nativa em ambos os lados do rio Jari (140.000 hectares no total). O “Projeto Jari” foi iniciado ainda no mesmo ano com a derrubada de grandes áreas da floresta nativa na região, a fim de plantar uma monocultura de *gmelina* arbórea, uma espécie de crescimento rápido originária da Ásia (GREISSING, 2010).

O Projeto Jari buscou integrar atividades florestais, agrícolas, minerais e industriais. Ocupa 1,3 milhão de hectares distribuídos em terras nos estados do Pará (55%) e do Amapá (45%). Sua fábrica de celulose está localizada no distrito industrial de Munguba-PA, a aproximadamente 18 quilômetros de Monte Dourado-PA, também às margens do rio Jari (SANTOS, 2017).

O Projeto Jari estrutura-se em torno de dois núcleos urbanos principais: no lado paraense está localizada a cidade planejada, a *company town* de Monte Dourado-PA, onde se encontra a sede administrativa do projeto, e do outro lado do rio, no Amapá, a cidade de Laranjal do Jari-AP, que surgiu através da ocupação espontânea proveniente da mão de obra excedente e de baixa qualificação atraída e não absorvida por esse projeto econômico. Laranjal do Jari, durante muitos anos, não passou de uma imensa favela fluvial incrustada na floresta, denominada de “Beiradão” (SANTOS, 2017).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para compreender as alterações de uma determinada área, é necessário conhecer os padrões históricos de uso da terra do ponto de vista das atividades exercidas na região. Desse modo, é possível analisar “por quê”, “quando” e “onde” as mudanças ocorrem, além de identificar as circunstâncias e condições que favorecem na modificação da paisagem, descrever quantitativamente os fenômenos e prever sua evolução. Definiu-se como recorte temporal os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. A escolha desses anos levou em consideração a criação do município de Laranjal do Jari, que ocorreu em 1987 e também de Vitória do Jari, que ocorreu em 1994, também foi levado em consideração o repasse do Projeto Jari ao grupo ORSA, em 1999, além de retratar a realidade mais recente quanto as modificações na cobertura e uso da terra. Para a realização e avaliação das mudanças, foi construída uma base de dados composta de imagens multitemporais que servem para análise e entendimento das transformações, bem como por uma série de outros dados relacionados aos fatores condicionantes dessas mudanças, como características físicas e socioeconômicas da área de estudo. Modelos de simulação requerem como entrada dados cartográficos, os quais foram armazenados em conjunto com os mapas multitemporais em um SIG. Nesse ambiente, técnicas de análise geográfica foram utilizadas para quantificar os efeitos espaciais das variáveis que afetam as mudanças. Os dados temáticos relacionados à vegetação, geomorfologia, geologia, pedologia e limites estaduais e municipais, em formato vetorial, foram obtidos do IBGE. O limite da BHRJ e seus principais afluentes, disponibilizados pela Agência Nacional de Água (ANA), foram utilizados para a delimitação da bacia, bem como para a realização do recorte das características fisiográficas que compõe o BCRJ.

Modelos numéricos de elevação digital derivados das imagens SRTM (*Shuttle radar Topography Mission*), disponibilizadas pela plataforma USGS (*United States Geological Survey*) foram utilizados para gerar mapas de declividade e altitude para toda a área de estudo e também compor a base de dados no processo de modelagem. Os aplicativos computacionais utilizados para

a manipulação e geração dos resultados deste estudo foram o software ArcMap (aplicação central do ArcGis), versão 10.3, para confecção dos mapas temáticos; e o software DINAMICA EGO, versão 8.0, para modelagem. Após realizado os trabalhos de gabinete, fez-se necessário a realização de trabalho de campo, tanto para reconhecimento da área de estudo como para análise e validação das informações adquiridas. O trabalho de campo ocorreu no segundo semestre de 2023, com o intuito de identificação e validação das classes de cobertura e uso da terra, visando confrontar a realidade produzida em gabinete com a realidade concreta, assim como as alterações previamente identificadas nos mapas temáticos gerados.

Tabela 1: Dados utilizados na caracterização da área de estudo e na modelagem de cobertura e uso da terra.

Descrição	Tipo	Ano	Fonte	Finalidade
Limite da Bacia Hidrográfica do Rio Jari	Vetorial (polígono)	2022	ANA	Delimitação da área de estudo
Subprovíncias geológicas e tipos de rocha	Vetorial (polígono)	2021	IBGE	Caracterização da área de estudo; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Unidades Geomorfológicas	Vetorial (polígono)	2021	IBGE	Caracterização da área de estudo; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Classes de solo	Vetorial (polígono)	2021	IBGE	Caracterização da área de estudo; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Altimetria	Matricial	-	USGS	Caracterização da área de estudo; Obtenção do fator topográfico da BHRJ; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Declividade	Matricial	-	USGS	Caracterização da área de estudo; Obtenção do fator topográfico da BHRJ; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Malha Hidrográfica	Vetorial (linha)	2022	ANA	Caracterização da área de estudo; variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Vias	Vetorial (linha)	2024	Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL)	Variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra.
Classificação da cobertura e uso da terra	Matricial	1990, 2000, 2010, 2020 e 2022	MapBiomias	Referência no modelo de cobertura e uso da terra.

Fonte: Elaborada por Edivan Silva.

Para se identificar essas modificações, se fez uso do banco de dados sobre cobertura e uso da terra do Projeto MapBiomas, coleção 9.0 do ano de 2024. O Projeto consiste no mapeamento anual da cobertura e o uso da terra em todo o território nacional, em que é possível consultar dados e imagens do período de 1985 a 2023. O cálculo das áreas de cada classe é realizado considerando os *pixels* das respectivas imagens sensoradas remotamente (Projeto MapBiomas, 2023). O projeto Mapbiomas consolida-se como uma iniciativa inovadora e facilitadora para os estudos que têm o uso e cobertura da terra como informação vital para reconhecimento, planejamento ou aproveitamento dos recursos naturais.

A escolha para utilização do MapBiomas foi a distribuição de classes bem definidas que o projeto traz e por dificuldade de encontrar imagens de satélite adequadas que representassem a área. A nebulosidade foi a maior problemática encontrada em grande quantidade de imagens levantadas, dificultando uma classificação manual ou por verossimilhança.

As imagens utilizadas pelo Projeto são das séries históricas produzidas pelos satélites Landsat (com 30 metros de resolução espacial). Todas as imagens disponíveis no ano são usadas para geração de mosaicos, com bandas de reflectância, índices espectrais, temporais e de textura. Todo o processamento é feito na nuvem e as classificações supervisionadas são feitas por algoritmos de aprendizagem de máquina na plataforma Google Earth Engine (GEE) (Gorelick, 2017).

Lançado em 2015, o MapBiomas é uma iniciativa brasileira que envolve diversos atores, como instituições públicas, ONGs, universidades e empresas de tecnologia, com o propósito de disponibilizar gratuitamente mapas anuais de cobertura e uso da terra em todo o Brasil, em escalas até 1:100.000 (pixel de 30x30m), a fim de contribuir para o entendimento das transformações em escala nacional e para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa no país (Cruz e Cruz, 2021).

Considerando que as transformações de uma paisagem não ocorrem de forma aleatória, mas são influenciadas por uma determinada organização do espaço, a função de alocação espacial das mudanças é um modelo matemático que estima a potencialidade de alteração em função de um conjunto de variáveis explicativas das causas das mudanças no uso da terra. Este modelo permite avaliar em que locais provavelmente a mudança ocorrerá no futuro (LUCAS, 2021).

A previsão de cenários futuros, cujo objetivo é demonstrar a evolução ou a tendência de mudança de cenários de uso da terra, permite avaliar possíveis trajetórias futuras. No entanto, tais previsões não devem ser interpretadas como determinações absolutas, mas sim um parâmetro que possibilita ações que possam auxiliar os planejadores na mitigação acerca das ações que devem ser

tomadas no sentido de impactar da menor forma possível os danos que venham a ocorrer (STANGANINI, 2016).

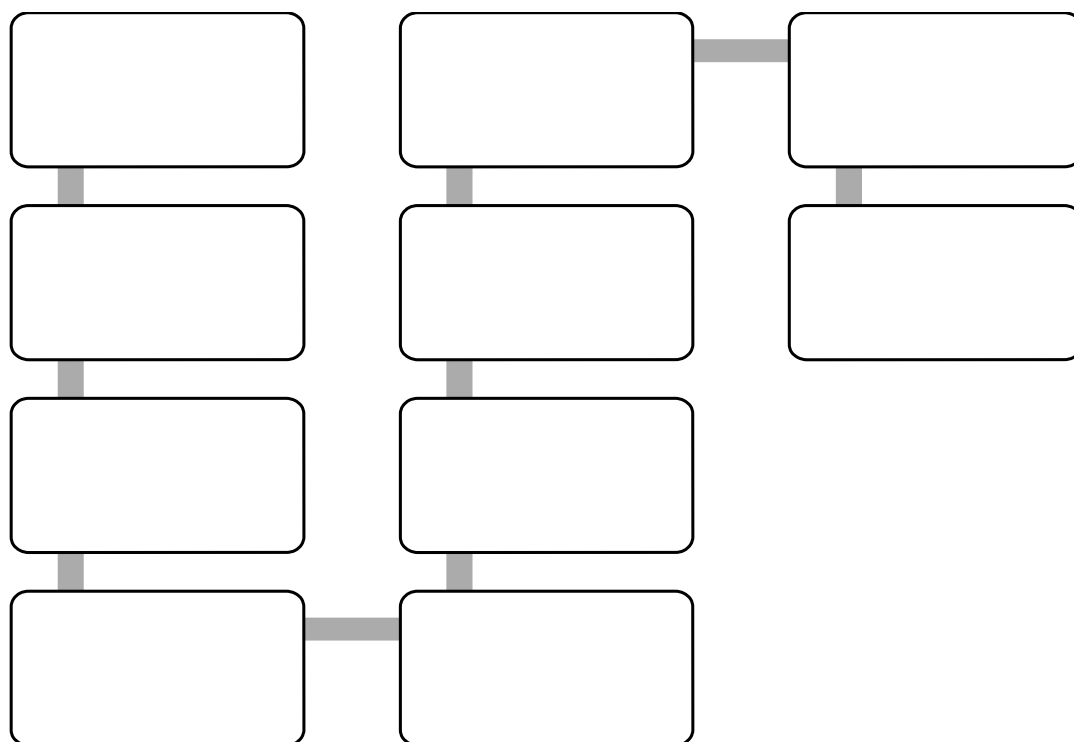
O desenvolvimento da modelagem na plataforma DINAMICA EGO envolve três etapas fundamentais: parametrização, calibração e validação. A parametrização consiste no conjunto de métodos ou rotinas para conferir pesos às variáveis de entrada. A calibração, por sua vez, refere-se ao procedimento iterativo de ajuste de parâmetros através da contínua comparação entre a cena real e a simulada, visando à aproximação da cena simulada à real. Por fim, a validação utiliza métodos estatísticos para mensurar o grau de conformidade entre a cena real e a cena simulada, comumente normalizado de 0 a 1 (Almeida et al., 2003).

O ambiente de modelagem do DINAMICA EGO envolve uma série de operadores chamados de funtores (functors). Um functor pode ser entendido como um processo que atua sobre um conjunto de dados de entrada sobre o qual é aplicado um número finito de operações para gerar um novo conjunto de dados como saída (RODRIGUES et al., 2007).

Para a realização da simulação de cenários de cobertura e uso da terra, o DINAMICA EGO conta com 10 passos. O primeiro passo da modelagem é a parametrização, na qual é criada uma rotina para conferir pesos às variáveis. Esta etapa se inicia com o cálculo das matrizes de transição global e individual, que são obtidas a partir do mapa inicial e final de cada período, que vai calcular a quantidade de mudança entre as classes de uso e cobertura da terra. Então, para cada período, e com base no seu intervalo em número de anos, é gerada uma matriz global, que fornece as taxas das transições de todo o período, e uma matriz individual, com as taxas para uma unidade de tempo (um passo), que consiste na decomposição ano a ano da matriz global.

O DINAMICA EGO segue dez etapas que consistem em (Figura 2): 1) Calcular matrizes de transição; 2) Calcular intervalos para categorizar variáveis contínuas; 3) Calcular os Pesos de Evidência; 4) Analisar a correlação de mapas; 5) Montar e rodar o modelo de simulação de uso e cobertura da terra; 6) Validar a simulação usando a função de decaimento exponencial; 7) Validar a simulação usando a função de decaimento constante; 8) Rodar a simulação com a formação de manchas (patch); 9) Rodar a simulação com a formação e expansão de manchas; 10) Projetar as trajetórias de uso e cobertura da terra (HINATA, et al., 2023).

Figura 2: Esquema das 10 etapas utilizadas simulação na simulação de cenários



Fonte: Adaptado de DINAMICA EGO.

QUANTIFICAÇÃO E ANÁLISE DA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JARI NO PERÍODO DE 1990 A 2020

As mudanças na Cobertura e Uso da Terra no BCRJ e consequentemente na paisagem, estão diretamente ligadas a forças motrizes econômicas que regem a dinâmica da região geográfica onde está inserida.

A partir da organização e análise dos dados foi possível identificar nove classes de Cobertura e Uso da Terra na BHRJ, a saber: Formação Florestal, Formação Savânica, Floresta Alagável, Silvicultura, Campo Alagado, Pastagem, Área Urbanizada, Mineração e Corpo Hídrico, como pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1: Descrição das classes mapeadas

CLASSE	BREVE DESCRIÇÃO
Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, pode haver árvores remanescentes de vegetação primária.
Formação Savânica	Formação vegetal aberta, com um estrato arbustivo e/ou arbóreo mais ou menos desenvolvido, estrato herbáceo sempre presente.
Floresta Alagável	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente.
Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (eucalipto e pinus).
Campo Alagado	Vegetação de várzea ou campestre influenciada por regimes fluvial e/ou lacustre.
Pastagem	Áreas de pastagem predominantemente plantadas, diretamente ligadas à atividade agropecuária.
Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Mineração	Áreas referentes a extração mineral de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação antrópica.
Corpo Hídrico	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água

Fonte: Elaborado por Edivan Silva. Adaptado de MapBiomias (2023).

Durante os 30 anos analisados, foi possível identificar que a classe que abrange a maior área é a Formação Florestal, caracterizada por ser de Floresta Ombrófila, onde ocupava uma área de 4.836 km² em 1990 e 4.460 km² em 2020, tendo uma perda de 7,77% da sua área, sendo substituída principalmente por atividades de silvicultura. Na Tabela 2 é possível visualizar a área de abrangência de cada classe mapeada.

Tabela 2: Quantitativo das classes de Cobertura e Uso da Terra no período de 1990 a 2020.

Classe	1990		2000		2010		2020	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Formação Florestal	4836	71,49	4506,6	66,61	4470	66,01	4.460,2	65,94
Formação Savânica	37	0,55	14,3	0,21	23	0,35	22,4	0,33
Floresta Alagável	888,4	13,13	812,4	12,01	836,5	12,4	790	11,67
Silvicultura	188,3	2,78	408,7	6,04	500	7,4	579,4	8,58
Campo Alagado	420,5	6,22	461	6,81	453,2	6,7	509,2	7,52
Pastagem	168,7	2,49	286,8	4,24	228,2	3,4	170,1	2,51
Área Urbanizada	6	0,09	7,9	0,12	11	0,16	11,7	0,18
Mineração	0,3	0,004	0,8	0,01	1,6	0,02	2,2	0,03
Corpo Hídrico	219,3	3,24	266	3,95	241	3,56	219,3	3,24
Total	6.764,5	100	6.764,5	100	6.764,5	100	6.764,5	100

Fonte: Elaborada pelos autores.

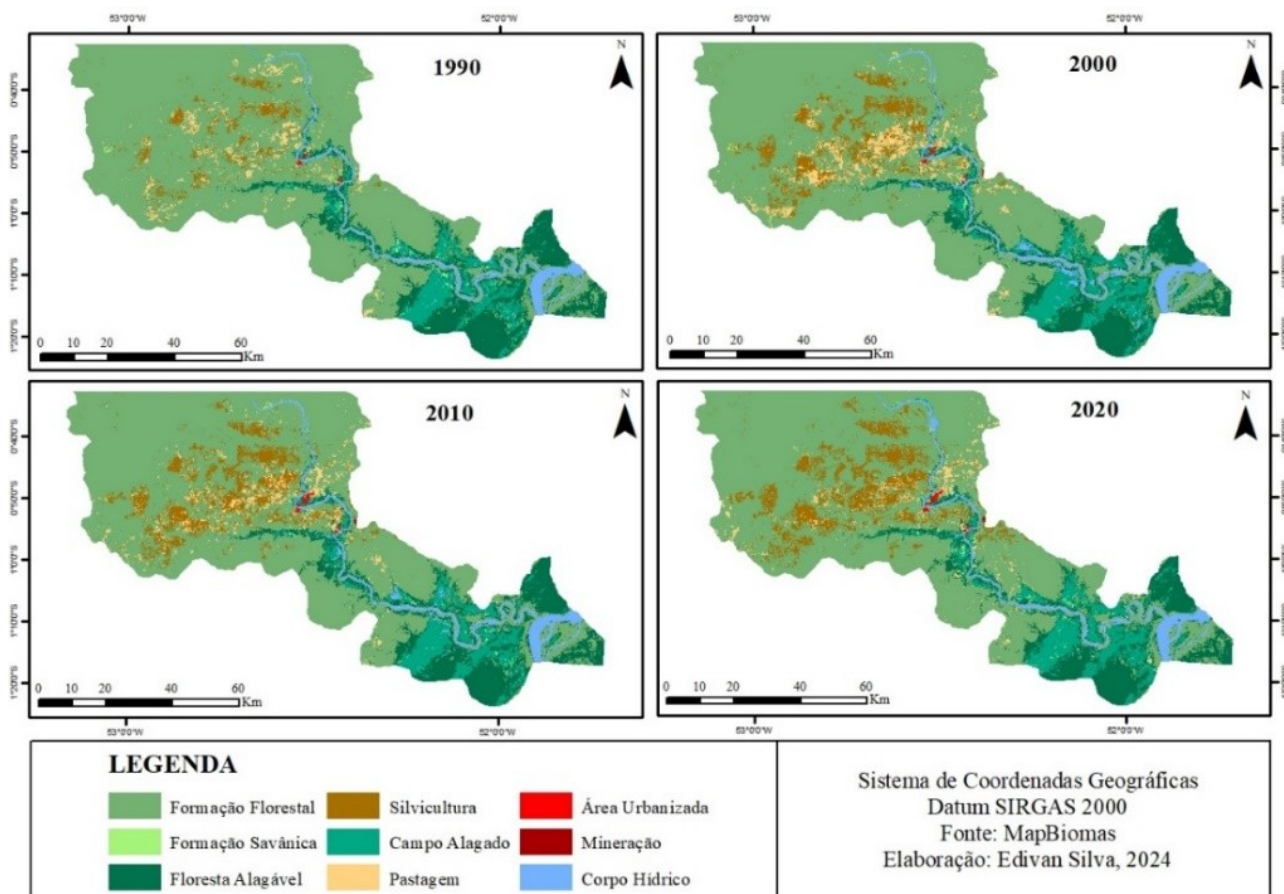
A classe que apresentou crescimento durante todo o período analisado foi a Silvicultura, que correspondia a 188,3 km² da área (2,78%) em 1990, e em 2020 a área chegou a 579,4 (8,58%), apresentando um crescimento de 207,5% durante os 30 anos analisados. Essa atividade se concentra principalmente no Município de Almeirim, na margem paraense, onde se verifica um considerável estado de alteração dos ecossistemas nativos, na maior parte associados a atividade de Silvicultura e a Exploração Mineral.

As área de Floresta Alagável estão localizadas em terrenos inundados periódica ou permanentemente, são formações que se estabelecem ao longo de cursos d'água, que adquirem fisionomias de matas de várzea e matas de igapó. No ano de 1990 esta classe ocupava uma área de 888,4 km², apresentando no ano de 2020, o contingente de 790 km².

As manchas urbanas existentes no BCRJ são encontradas principalmente na margem esquerda, no lado amapaense, nos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari. No ano de 2020 essa classe correspondia a 11,7 km² (0,18% da área), apresentando um aumento de 95%. Um dos fatores que justifica esse crescimento é o aumento populacional que tem ocorrido nos últimos anos nos municípios amapaenses de Laranjal do Jari e Vitória do Jari.

A classe campo alagado representa 509,2 km² no ano de 2020, o que mostra um aumento desta classe comparado ao ano de 1990, em que a área correspondia a 420,5 km². É uma classe que está sob influência fluvial e situada em área de relevo plano. Costuma alternar entre períodos mais secos, principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro, e épocas mais inundáveis, em decorrência de maiores índices pluviométricos nos meses de fevereiro, março, abril, maio e junho. Na Figura 3 é possível observar a espacialização das classes durante o recorte temporal.

Figura 3: Mapa de evolução temporal da Cobertura e Uso da Terra do BCRJ.

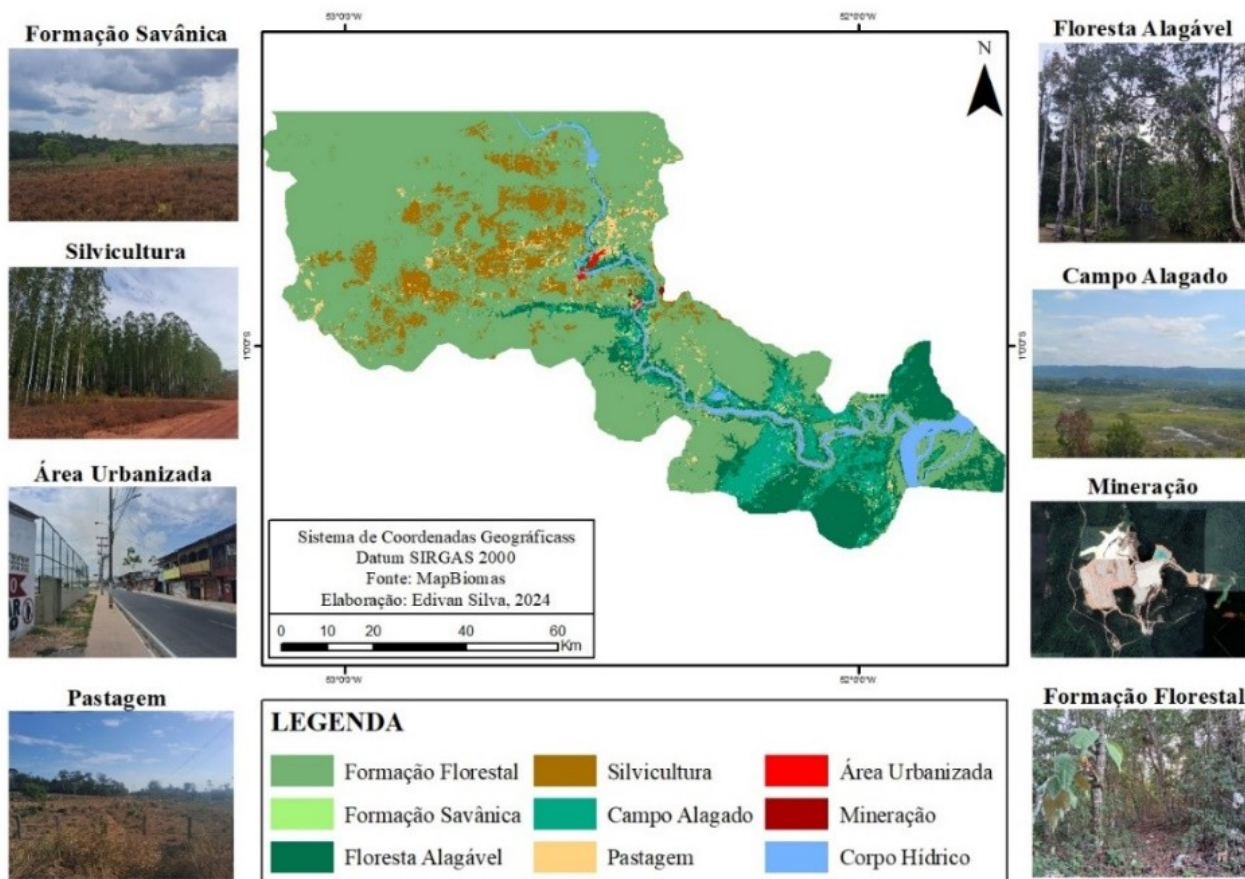


Elaboração: Edivan Silva, 2024.

As áreas de pastagem são caracterizadas por estarem vinculadas às atividades agropecuárias, no ano de 1990 esta classe ocupava uma área de 168,7 km², apresentando crescimento na década seguinte chegando a 286,8 km², porém, apresentando diminuição durante os anos de 2010 e 2020, chegando a 170,1 km² no ano de 2020.

A mineração é uma das classes que vem se expandiu durante todo o período analisado, no ano de 1990 a área de abrangência desta classe era de 0,3 km², no ano de 2020 a área de era de 2,2 km², um crescimento de 633,33%. Na figura 4 é apresentado o mapa de Cobertura e Uso da Terra do ano de 2022.

Figura 4: Cobertura e Uso da Terra do ano de 2022.



Elaboração: Edivan Silva, 2024

De acordo com Sanaiotti et al. (2002), aproximadamente 200.000 km² na Amazônia são campos e savanas, que estão dispersos de forma isolada e não isolada, sob diferentes tipos climáticos, fatores edáficos, relevo e distúrbios antropogênicos. A classe formação savânica no BCRJ possuía uma área de 37 km² no ano de 1990, no ano de 2020 essa área chegou a 22,4 km², uma perda de 14,6 km². É uma classe encontrada nas áreas de planície amazônica, de relevo plano, com áreas de baixas altitudes que chegam até 6m.

A integração das informações espaciais históricas na compreensão dos processos de mudanças sociais e ambientais permite elucidar a relação do homem e a paisagem. A partir do processamento dos dados, tornou-se possível a análise quantitativa das mudanças ocorridas em todas as classes mapeadas no BCRJ. Sousa e Ferreira (2014) salientam que mapas de cobertura e uso da terra são importantes instrumentos de gestão territorial, em particular quando capazes de representar a dinâmica de ocupação.

TENDÊNCIA DE COMPORTAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA PARA O ANO DE 2050

O bom desempenho do modelo de simulação até 2050 indica que as variáveis explicativas utilizadas representam adequadamente os condicionantes da mudança do uso da terra. A proximidade de estradas e a presença de áreas com topografia favorável surgem como fortes indutores da expansão da silvicultura, enquanto a presença de unidades de conservação e áreas de relevo acidentado atuam como barreiras naturais. Essa combinação de fatores explica a concentração da silvicultura com o cultivo de eucalipto no baixo curso da bacia do Rio Jari, sobretudo, em áreas próximas à infraestrutura de transporte.

A silvicultura se apresenta como alternativa para atender a grande demanda por produtos de origens florestais, dessa forma, o eucalipto e o pinus são utilizados como fonte de matéria prima para suprir os setores moveleiros e de construção civil, bem como para atender a produção de carvão vegetal, celulose, papel, óleos, entre outros produtos.

Segundo Guedes (2021), a silvicultura de eucalipto trata-se de um segmento fortemente vinculado à técnica, à ciência e à informação, tanto em termos de geração de produtos, quanto em relação à esfera do mercado. No entanto, essa atividade também acarreta impactos ambientais negativos, como a degradação de ecossistemas naturais, a alteração dos recursos hídricos, a desestruturação de sistemas tradicionais de uso da terra, a modernização da propriedade e as migrações campo/cidade.

As plantações mercantis de eucalipto – como toda e qualquer monocultura semeada nas artificialidades dos laboratórios das grandes corporações – não interagem com a natureza. Nelas não há possibilidade alguma de existir vida diversificada, intercâmbio biológico, cadeia alimentar e condições naturais que permitam a sobrevivência, até mesmo, do mais rasteiro dos insetos (La Torre, 2011, p. 2).

A partir dessa concepção, é possível entender por que o modelo de latifúndio com monocultura de eucalipto é denominado por entidades ambientalistas de “Deserto Verde”. Apesar da aparência de floresta, na essência, possui reduzida biodiversidade. Dessa forma, é necessário ponderar os benefícios socioeconômicos da prática de silvicultura frente aos seus impactos ambientais, destacando que é de suma importância conciliar o crescimento econômico e a conservação do ambiente.

Segundo as análises de Pato (2012), as construções conceituais no monocultivo de eucalipto que, tanto na esfera das políticas públicas, como na esfera empresarial, passaram a ser denominadas de “floresta plantada”, transmitindo noção de qualidade ambiental que o termo florestal incorpora em suas várias dimensões, o que favorece, sobretudo, ao Estado e às grandes corporações

capitalistas que lidam com a questão ambiental, uma legitimação do próprio capital elevando o status dessas intervenções produtivas do agronegócio no ambiente, como ecológica e socialmente justas, sem, contudo questionar a questão estrutural de apropriação privada na natureza e suas consequências depredativas para o meio ambiente.

Cabe salientar que neste estudo não se adota o termo floresta plantada ou reflorestamento, termos estes utilizados pelas empresas plantadoras de eucalipto como forma de amenizar os custos ambiental e social que esta atividade proporciona, e por entender que floresta, de acordo com WRM (2011), apresenta as seguintes características: a) diversidade de espécies vegetais de tamanho e idades variadas; b) grande variedade de espécies animais; e, principalmente, pela c) capacidade de interação da atividade humana nesse ambiente, onde se busca alimentos, sementes, água e outros bens e serviços que uma floresta fornece para a sobrevivência humana.

A partir dessas premissas, será utilizado o termo eucaliptocultura, por se tratar de uma atividade comercial agrícola nos moldes do setor de plantação industrial.

A eucaliptocultura se torna uma atividade agrícola como qualquer outra, visando fins comerciais e, nesse caso, a forma de manejo e plantio trazidos para as Américas e para o resto do mundo têm sido nos moldes monocultivo, com extensas áreas de plantio, utilização de maquinarias e insumos químicos, com vistas a maior produtividade (Andrade e Oliveira, 2016, p. 296).

Dado a semelhança de algumas classes de cobertura e uso da terra, e visando melhorar o processo de modelagem, foi realizado o agrupamento de classes, no quadro abaixo é possível verificar as novas nomenclaturas.

Quadro 2: Reclassificação das classes de cobertura e uso da terra.

CLASSE	Reclassificação
Formação Florestal	Floresta
Floresta Alagável	
Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação natural não florestal
Formação Savânica	
Silvicultura	Silvicultura
Pastagem	Pastagem
Área Urbanizada	Área Urbanizada
Mineração	Mineração
Corpo Hídrico	Corpo Hídrico

Fonte: Elaborado por Edivan Oliveira da Silva.

Foi realizada simulação para as seguintes classes: o avanço da silvicultura sob áreas de Floresta, Formação Natural não Florestal e Pastagem. Abaixo é possível observar o quantitativo de mudanças por período decenal, onde se observa um avanço da classe silvicultura sobre as demais.

Tabela 3: Distribuição preditiva para os anos de 2030, 2040 e 2050.

Classe	2030		2040		2050	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	4.804,98	76,31	4.752,58	75,47	4.700,76	74,65
Formação natural não florestal	495,55	7,78	494,83	7,86	494,12	7,85
Silvicultura	658,51	10,46	731,18	11,61	800,70	12,72
Pastagem	149,33	2,37	129,78	2,06	112,79	1,79
Área Urbanizada	14,35	0,23	14,35	0,23	14,35	0,23
Mineração	2,17	0,03	2,17	0,03	2,17	0,03
Corpo Hídrico	172,03	2,73	172,03	2,73	172,03	2,73

Elaborada: Edivan Silva, 2024.

De acordo com os dados tabulados a partir da simulação, é possível inferir que as plantações de eucalipto vão continuar avançando para áreas de floresta e de pastagem, é importante destacar que plantações de pinus de eucalipto não representam o retorno da dinâmica original, uma vez que a vegetação original é heterogênea e a monocultura tem como principal característica a substituição de extensas áreas por plantações homogêneas com um único cultivo, o que pode interferir na dinâmica da paisagem.

A análise dos dados da tabela e dos mapas de tendências de cenários futuros mostra padrões importantes na BHRJ. O modelo projetou mudanças significativas na paisagem entre os anos de 2030, 2040 e 2050, com especial atenção para expansão da silvicultura e a redução das áreas de pastagem e floresta.

Os dados indicam a expansão contínua da silvicultura, aumentando 149,19 km², apontando um possível crescimento de 21,6% no período, evidenciando uma tendência de expansão que não desacelera até 2050, além da redução gradual da classe Floresta, que perde 104,22 km² no mesmo intervalo, uma redução de aproximadamente 2,17%.

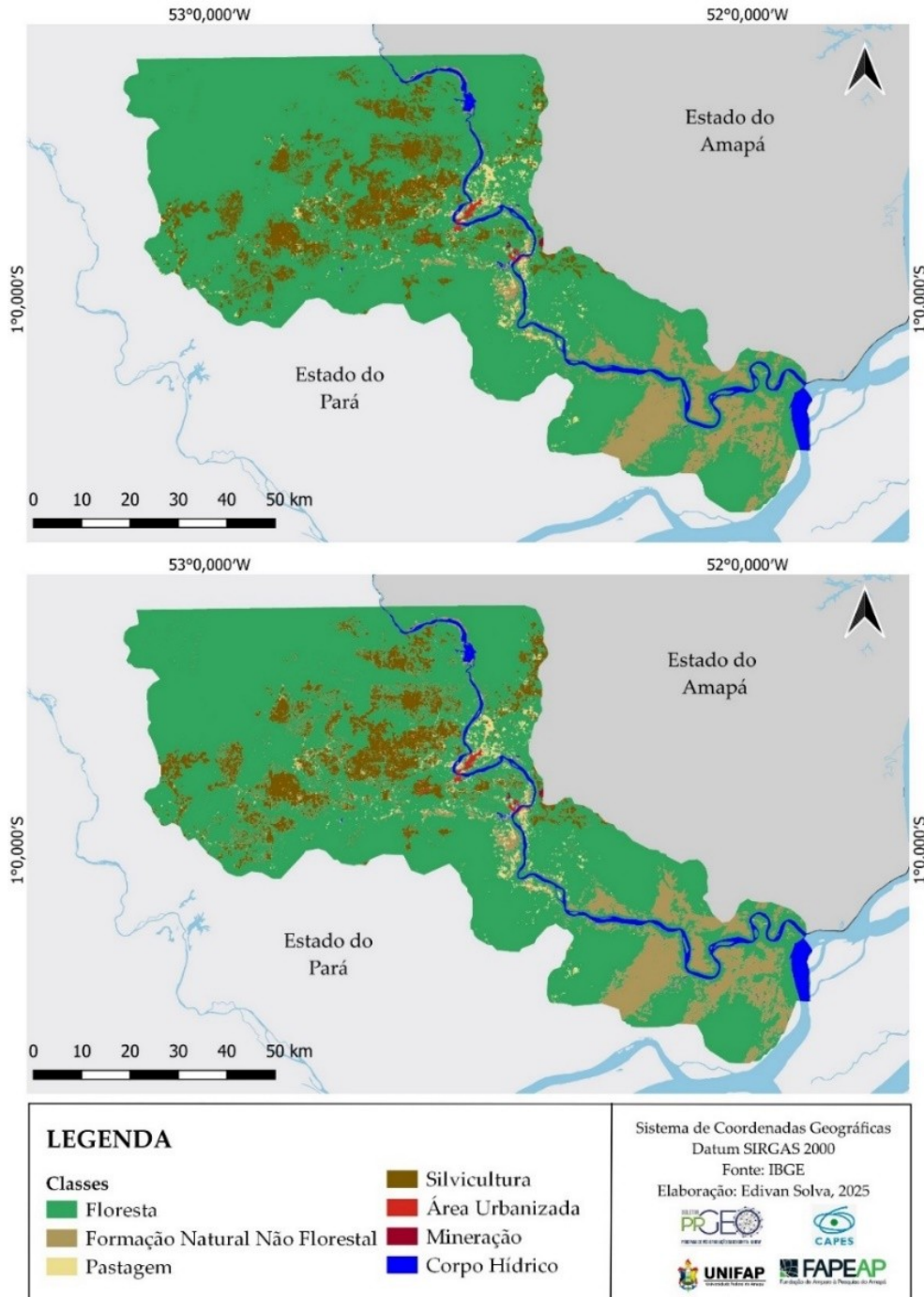
A estabilidade da formação natural não florestal demonstra baixa vulnerabilidade a conversões. O avanço da eucaliptocultura ocorre principalmente sobre pastagens, mas há também a conversão gradual de floresta, ainda que em menor escala, o que é ambientalmente crítico.

Cabe destacar a diminuição expressiva da pastagem, que diminui 36,54 km² no período simulado, representando uma perda de 24,47% de sua área inicial. A formação natural não florestal mantém sua estabilidade, sugerindo que essa classe de vegetação não está sofrendo conversões significativas para silvicultura.

O avanço da silvicultura sobre áreas de pastagens indica um uso mais intensivo das áreas já alteradas, o que, em tese, não gera impactos diretos sobre a floresta. Já o avanço sobre floresta nativa, a conversão, mesmo que pequena, pode ter impactos ecológicos relevantes, como a

fragmentação de habitats e alteração do ciclo hidrológico, além da perda florestal se tornar preocupante se for constante, o que exige atenção e fiscalização da pressão econômica sobre a vegetação nativa.

Figura 5: Mapa de simulação para os anos de 2030 e 2040.



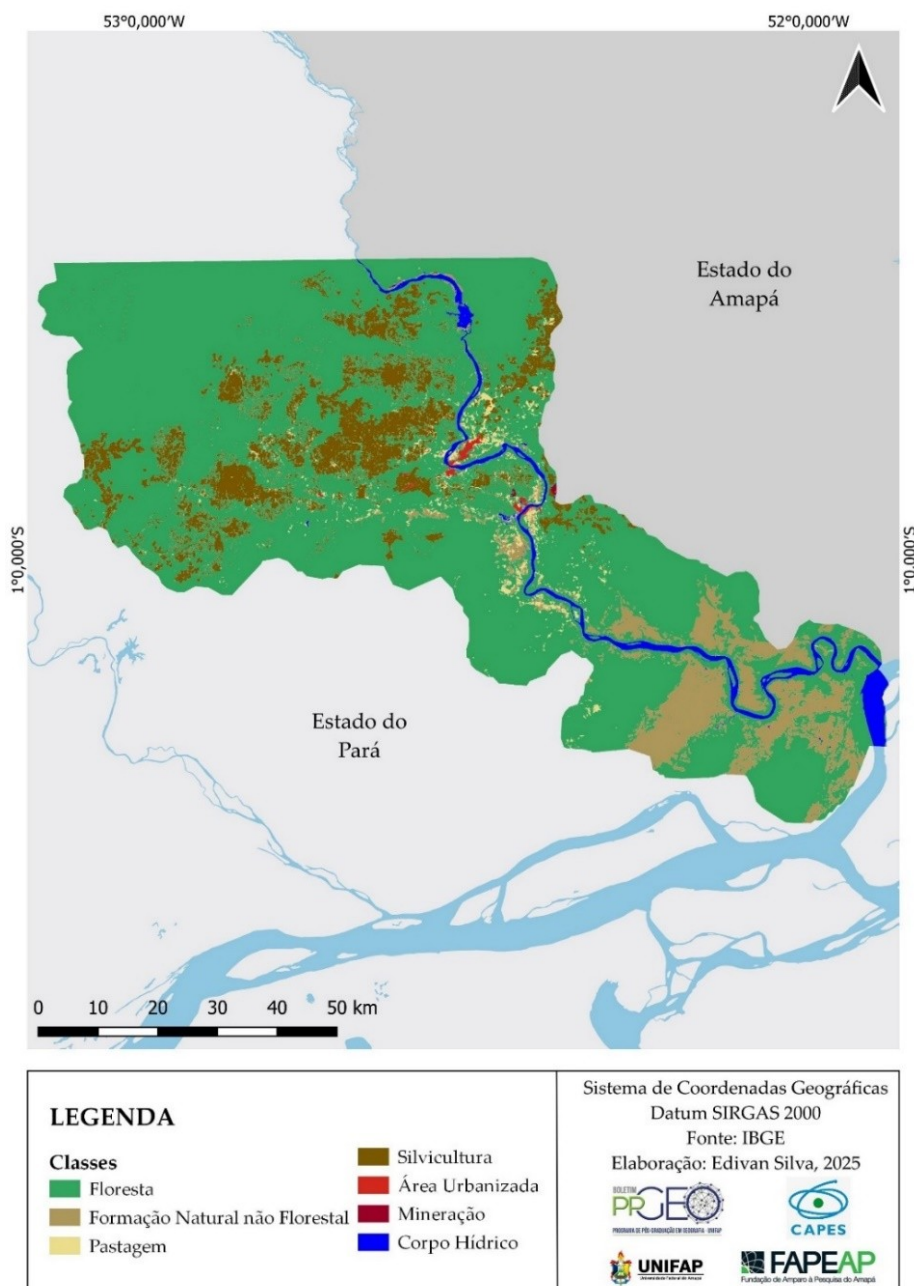
Elaborado: Edivan Silva, 2024.

A partir dos dados levantados a partir da simulação, é possível inferir o crescimento que as áreas de silvicultura irão continuar avançando caso as taxas de transição continuem as mesmas. A modificação na estrutura da paisagem pode gerar redução da diversidade de espécies, dado que

diferente das florestas nativas, plantações homogêneas de eucalipto oferecem poucos recursos para espécies dependentes de ecossistemas complexos. Da mesma forma, a troca de vegetação natural por monoculturas altera fluxos de nutrientes, podendo empobrecer o solo e aumentar a necessidade de insumos químicos.

O eucalipto possui alta taxa de evapotranspiração, podendo reduzir a recarga de lençóis freáticos e afetar corpos hídricos. As mudanças na umidade do solo e no balanço hídrico podem comprometer a regeneração de áreas naturais.

Figura 6: Mapa de simulação para o ano de 2050



Elaborado: Edivan Silva, 2025.

A análise da alteração da estrutura da paisagem mostra um resultado indicativo de diminuição do isolamento das manchas do plantio de eucalipto. A tendência é que as manchas de silvicultura tendem a se expandir a partir da área atual para áreas adjacentes, formando grandes manchas de eucaliptocultura. É possível observar que o crescimento do lado do Estado do Amapá apresente tendências do aumento da silvicultura em áreas próximas a estrada.

A silvicultura já exerce um papel econômico relevante na região, e os cenários futuros indicam que essa atividade continuará em expansão, o que pode significar mudanças na dinâmica fundiária, pois a conversão de terras para silvicultura pode estimular a concentração fundiária, deslocando pequenos produtores e alterando a estrutura de posse da terra, fazendo com que pequenos agricultores e pecuaristas possam ser impactados negativamente, reduzindo sua participação na economia e aumentando a vulnerabilidade socioeconômica. A monocultura do eucalipto gera uma maior submissão econômica, pois a especialização da economia em uma única atividade pode trazer riscos a longo prazo, como vulnerabilidade a oscilações do mercado global de celulose. A redução significativa das áreas de pastagem, como mostra a projeção até 2050, pode estar associada a baixa competitividade da pecuária em relação à silvicultura, uma vez que a conversão de pastagens indica que economicamente a silvicultura se tornou mais vantajosa.

Como observa Greissing (2010) a instalação de uma monocultura onde antes existia uma floresta nativa com uma biodiversidade extraordinária e com uma alta ocorrência de recursos extrativistas já é contestável em si. Pode-se de fato interrogar sobre os efeitos a longo prazo da qualidade de água potável das comunidades que se situam perto das plantações. Caso se concretize a conversão de floresta para silvicultura, isso pode indicar falhas na fiscalização e no cumprimento de normas ambientais, já que a legislação, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), estabelece restrições ao desmatamento para conversão de florestas nativas em atividades econômicas, o que pode gerar dúvidas sobre a eficácia das políticas ambientais e a capacidade de órgãos reguladores em conter avanços ilegais

Lima (1993) destaca que o eucalipto pode acarretar problemas de solapamento da produtividade biológica do ecossistema vulnerável através de uma tríade de fatores: a) sua grande biomassa necessita de uma elevada quantidade de água para o desenvolvimento, exaurindo a umidade do solo e prejudicando a descarga da água subterrânea que consequentemente desestabiliza o ciclo hidrológico; b) a elevada demanda por nutrientes cria um grande déficit anual que é responsável por desestabilizar o ciclo de nutrientes do solo; c) O eucalipto impede o desenvolvimento de outras espécies através de um processo conhecido como alelopatia no qual

ocorre liberação de compostos químicos que inibe o crescimento de outras plantas e microrganismos no solo, reduzindo, assim, ainda mais sua fertilidade.

Tal atividade industrial (celulose) tem como característica principal uma estrutura baseada em economia de enclave, ou seja, em um modelo econômico de mercado globalizado no qual as atividades produtivas localizadas em regiões periféricas destinam sua produção quase que essencialmente para a exportação, sem integração com o mercado local. Mediante a sua atividade e o volume de produção, necessita basicamente de dois elementos espaciais fundamentais: terra barata e potencial hidrológico em abundância (OLIVEIRA, 2019). O eucalipto, por apresentar uma elevada biomassa, necessita de muitos nutrientes e elevada quantidade de água para acelerar seu crescimento, por conta disso muitas plantações geralmente se dão próximas a corpos hídricos (LIMA, 1993), o que acaba corroborando para o crescimento desta atividade na BHRJ.

Diante do crescimento da silvicultura, se faz essencial pensar em políticas de compensação e conservação, como corredores ecológicos para minimizar os impactos da fragmentação florestal, programas de compensação ambiental, exigindo que empresas invistam em restauração de ecossistemas nativos e no monitoramento hídrico, além de programas de incentivo à agroecologia e diversificação produtiva, evitando dependência econômica de uma única commodity (celulose).

A fiscalização rigorosa do Código Florestal (Lei 12.651/2012) também se faz necessária, garantido que a expansão não ocorra em áreas de floresta primária. Assim como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para produtores que mantenham vegetação nativa e corredores ecológicos. A simulação mostra que grande parte da expansão do eucalipto se dá sobre áreas de pastagem. Essa conversão, quando bem planejada e acompanhada de boas práticas, como certificação florestal, controle de insumos químicos e manutenção de Áreas de Preservação Permanente, pode ser positiva. O manejo integrado, como o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Já testado com sucesso pela Embrapa no bioma Cerrado, pode ser replicado na BHRJ.

Seus benefícios estão relacionados ao aumento da produtividade pecuária, recuperação de pastagens degradadas, sombreamento do gado, incremento de carbono no solo e redução da pressão para novos desmatamentos. A inserção de faixas de eucalipto consorciadas com pastagem possibilita ganhos econômicos e ambientais, mantendo biodiversidade maior que na monocultura pura, pois a conversão de pastagens degradadas para sistemas integrados ou para silvicultura bem manejada eleva a produtividade e diminui emissões de gases de efeito estufa, evidenciando o potencial dessa estratégia também no BCRJ.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados, confirma-se que o emprego das técnicas de geoprocessamento e o uso de produtos derivados do sensoriamento remoto, inseridos em ambiente de SIG, contribuíram, de forma exitosa, no mapeamento do uso e cobertura da terra no BCRJ, possibilitando uma análise integrada da dinâmica espacial.

Os cenários simulados indicam uma transformação gradativa da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Jari, evidenciando a expansão da silvicultura sobre áreas anteriormente ocupadas por pastagem, floresta e formações naturais não florestais. Essa expansão não ocorre de maneira isolada, mas sim como parte de um processo mais amplo, influenciado por mudanças econômicas, sociais e ambientais.

A conversão de pastagens pode indicar uma reorganização econômica da região, contudo, é fundamental considerar os riscos associados, como impactos ambientais e concentração fundiária. Já a redução da floresta, mesmo que gradual, pode comprometer a conectividade ecológica e os serviços ambientais essenciais. Os resultados obtidos se mostraram altamente relevantes para o planejamento territorial e para a gestão ambiental da BHRJ, pois revelam tendências de longo prazo que podem subsidiar políticas públicas regionais. Do ano de 1990 a 2023, a classe floresta teve uma perda de 331,90 km², embora a perda florestal projetada não pareça extrema à primeira vista, a tendência de redução contínua sugere a necessidade de um monitoramento mais rigoroso e de estratégias de ordenamento territorial mais eficientes.

O crescimento das áreas de silvicultura, por sua vez, depende de múltiplos fatores que não foram incorporados ao modelo, tais como variáveis econômicas, políticas públicas, aspectos sociais, dados estes que nem sempre são passíveis de serem premeditados. Ainda assim, as variáveis selecionadas para a modelagem demonstraram-se adequadas para explicar as possíveis mudanças na paisagem ao longo do período analisado. A silvicultura obteve um aumento de 393,03 km entre 1990 e 2023, o que representa um crescimento de 205,5%. E para a projeção de 2050 uma métrica de 800,70 km. É importante ressaltar que os cenários simulados não devem ser interpretados como previsões determinísticas, mas como projeções de uma realidade possível, caso certas tendências e condições se mantenham. No entanto, os resultados obtidos refletem um cenário plausível de perdas florestais, reforçando a importância de políticas de conservação e planejamento territorial.

O estudo da paisagem por meio de mapas de uso e cobertura da terra permitiu compreender não apenas a organização espacial dos fenômenos geográficos, mas também a dinâmica evolutiva da paisagem ao longo do tempo. Além disso, a pesquisa de campo desempenhou um papel essencial na cartografia de paisagens, possibilitando a observação e o registro direto de atributos naturais e

antrópicos. Para a gestão pública, a modelagem espacial fornece subsídios valiosos ao indicar os agentes responsáveis pelas mudanças, os locais onde elas ocorrem e a magnitude das transformações. A partir dessas informações, torna-se possível formular políticas públicas e estratégicas mais assertivas, a fim de gerir as áreas de interesse socioambientais de forma concisa e eficiente.

A utilização de ferramentas de modelagem em ambiente SIG demonstrou-se eficaz na compreensão dos processos que ocorrem no espaço geográfico, ainda que não possam ser apreendidos em sua totalidade/complexidade, mas visualizados através de mapas, que são representações de dados espaciais.

Reitera-se, portanto, a importância da análise multitemporal da cobertura e uso da terra, como a realizada neste estudo, uma vez que representações cartográficas consistentes do espaço constituem em importante subsídio às decisões voltadas à gestão territorial e, conseqüentemente, em importante instrumento na busca de uma sociedade mais justa e ambientalmente referenciada.

Os resultados da projeção deixam evidente que o futuro da BHRJ dependerá da governança territorial, da fiscalização ambiental e da implementação de políticas de compensação adequadas, visando conciliar desenvolvimento econômico e conservação ambiental. O modelo projeta que a eucaliptocultura continuará crescendo e competindo principalmente com pastagens, enquanto a floresta sofrerá perdas mais lentas, porém ambientalmente significativas. A aplicação de estratégias de manejo integrado, como ILPF, associada a um planejamento territorial rigoroso e políticas de mitigação, é fundamental para que a expansão da silvicultura atenda à demanda por celulose sem comprometer a integridade ecológica da Bacia do Rio Jari.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Bolsa de Estudos de Mestrado fornecido pela CAPES/FAPEAP que contribuiu para a permanência e seguimento do Mestrado em Geografia no PPGeo/UNIFAP.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. D.; BATTY, M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. G.; PENNACHIN, C. L. Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. **Computers, Environment and Urban Systems**, New York, v. 27, p. 481-509, 2003.
- ANDRADE, Maicon Leopoldino; OLIVEIRA, Gilca Garcia. A monocultura do eucalipto na Bahia: um retrato da apropriação privada da natureza. **Cadernos do CEAS**, n. 237, p. 294-326, 2016.

CRUZ, Camila Lauria Zenke; CRUZ, Carla Bernadete Madureira. Avaliação da exatidão temática da cobertura e uso da terra representada através do MapBiomas no Rio de Janeiro. **Geographia**, v. 23, n. 50, p. 1-13, 2021.

FERRARI, Renata. **Modelagem dinâmica do uso e cobertura da terra da Quarta Colônia, RS**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geomática – Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GORELICK, Noel *et al.* Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

GREISSING, A. A região do Jari, do extrativismo ao agronegócio: as contradições do desenvolvimento econômico na Amazônia florestal no exemplo do Projeto Jari. **Revista de Estudos Universitários**, v. 36, n. 3, p. 43-75, 2010.

GUEDES, Luciano da Silva; TRINDADE JÚNIOR, Saint-Clair Cordeiro da. A silvicultura do eucalipto na Região Geográfica Intermediária de Araguaína: implicações socioespaciais sob a ótica do meio técnico-científico informacional. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 1, p. 279-305, 2021.

HINATA, Sumirê da Silva; BASSO, L. A.; REKOWSKY, I. C. Transformações na bacia hidrográfica do Lago Guaíba/RS no período 1985 a 2020 e cenários para 2030 e 2050. **Geo UERJ**, n. 42, Rio de Janeiro, 2023.

LA TORRE, Wagner Giron. Eucalipto: o verde enganador. Reflexões sobre o avanço irrefreado da monocultura do eucalipto e os imensuráveis impactos ambientais e sociais dele efluentes. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, n. 3, 2011.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993.

LUCAS, Douglas Felipe. **Análise de multicritérios e simulação do uso e cobertura da terra na área de entorno da UHE Itutinga: um subsídio ao planejamento ambiental**. 2021. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

MAPBIOMAS. **O projeto**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 2 ago. 2023.

MARTINS, Ana Lúcia do Nascimento. **Modelagem dinâmica espacial da perda de solo associada às mudanças de cobertura e uso da terra na bacia do Alto Iguaçu-PR**. [Completar os dados da publicação.]

NASCIMENTO, Cláudia Pinheiro; SILVA, Maurício. A condição atual do uso e da cobertura da terra na Amazônia: uma leitura a partir do seu processo de formação socioespacial. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, n. 1, p. 255-281, 2012.

NETO, João Cândido André da Silva; MACEDO, Diego Rodrigues. Modelagem ambiental aplicada à simulação de desmatamento na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, Alvarães, Amazonas. **Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 2, p. 143-159, 2023.

OLIVEIRA, Allison Bezerra. Indústria de celulose e o avanço da silvicultura do eucalipto na fronteira agrícola da Amazônia maranhense. **Geosul**, v. 34, n. 71, p. 301-327, 2019.

- PATO, Christy Ganzert. Economia política do desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 17., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012.
- RODRIGUES, Hermann Oliveira; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007.
- SANTOS, Emmanuel Raimundo Costa. Infraestrutura na Amazônia Setentrional Amapaense (ASA): eixos de circulação e configuração do espaço regional. **Ciência Geográfica**, v. 21, n. 2, Bauru, 2017.
- SILVA, Edivan Oliveira da; RAUBER, Alexandre Luiz. Evolução da cobertura e uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Jari, entre os anos de 1990 e 2020. **Ciência Geográfica**, v. 28, n. 2, p. 84-100, Bauru, 2024.
- SILVA, Maurício; NASCIMENTO, C. P.; COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C. A.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M. A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, p. 229-248, Belém, 2013.
- SOUSA, Silvio Braz; FERREIRA, Laerte Guimarães. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto ópticos multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 66/2, p. 321-336, Rio de Janeiro, 2014.
- STANGANINI, Fábio Noel. **Modelagem da dinâmica espacial do uso da terra para o município de São Carlos: condições pretéritas e futuras**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- WRM – WORLD RAINFOREST MOVEMENT. **A definição de florestas**. Montevideu: Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais, 2011.