



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

EDIVAN OLIVEIRA DA SILVA

**A EVOLUÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGÁFICA
DO RIO JARI: MUDANÇAS NA PAISAGEM, TENDÊNCIAS E CENÁRIOS FUTUROS
(2020-2050)**

MACAPÁ/AP

2025

EDIVAN OLIVEIRA DA SILVA

**A EVOLUÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGÁFICA
DO RIO JARI: MUDANÇAS NA PAISAGEM, TENDÊNCIAS E CENÁRIOS FUTUROS
(2020-2050)**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de mestre em Geografia do
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Macapá/AP, ____ de _____ de 2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Luiz Rauber (Orientador)

Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira – IESA/UFG (Examinador externo)

Prof. Dr. Orleno Marques da Silva Junior – PPGeo/UNIFAP (Examinador interno)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

S586e Silva, Edivan Oliveira da.

A evolução da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Jari: mudanças na paisagem, tendências e cenários futuros (2020-2050) / Edivan Oliveira da Silva. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.

103 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Macapá, 2025.

Orientador: Alexandre Luiz Rauber.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Dinâmica da paisagem. 2. Modelagem espacial. 3. Rio Jari. I. Rauber, Alexandre Luiz, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 551.5

Dedicatória

À família,

Alicerce da minha trajetória, a vocês que me ensinaram o valor do esforço, da honestidade, minha eterna gratidão. Pelo apoio silencioso nos momentos difíceis e pela presença constante.

Sem vocês, este caminho teria sido mais árduo e menos significativo.

Agradecimentos

A Deus, pelo acalanto nos momentos difíceis em que pensei em desistir.

À minha família, que sempre me incentivou a buscar conhecimento e me apoiou nesta trajetória acadêmica.

Aos amigos, que em toda oportunidade demonstram seu amor e apoio às minhas decisões e fizeram esse percurso da pesquisa ser mais leve.

Ao meu orientador, Alexandre L. Rauber, pelos conselhos, orientação, paciência e compreensão nos momentos em que precisei me fazer ausente, e por ter aceitado embarcar comigo nesta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amapá e seus professores, que contribuíram imensamente nesta pesquisa seja através das disciplinas ou em conversas pelos corredores.

Aos professores Dr. Manuel Ferreira e Orleno Júnior, membros da banca de qualificação, pelas valiosas contribuições a esta pesquisa.

A FAPEAP, pelo suporte financeiro, que tornou possível seguir essa trajetória da pesquisa sem preocupações financeiras.

A elaboração desta dissertação não seria possível sem o apoio e compreensão dos familiares, amigos e demais pessoas que contribuíram direta e indiretamente no processo de construção desta pesquisa. O meu grande abraço e obrigado.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Jari, localizada na margem esquerda do Rio Amazonas, entre os estados do Pará e Amapá, possui grande relevância ambiental e estratégica para a Amazônia oriental, abrigando extensas áreas de floresta ombrófila densa, importantes cursos d'água e zonas de transição com formações de cerrado. Nas últimas décadas, o território da bacia tem sido progressivamente modificado por pressões antrópicas, em especial pela intensificação do extrativismo madeireiro, da silvicultura com monocultivo de eucalipto e do avanço urbano e agropecuário, comprometendo a integridade ecológica local. Diante desse cenário, compreender a dinâmica de cobertura e uso da terra na bacia do rio Jari torna-se essencial para subsidiar ações de planejamento ambiental e territorial. Este estudo teve como objetivo analisar as transformações espaciais da paisagem da Bacia Hidrográfica 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 MapBiomias, interpretação de imagens de sensoriamento remoto, observações de campo e aplicação de geotecnologias, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e da plataforma de simulação Dinamica EGO. O processo envolveu a seleção e preparação de variáveis espaciais explicativas, calibração e validação do modelo, seguido da simulação de cenários prospectivos. 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. Dessa forma, os cenários elaborados oferecem suporte técnico-científico para o planejamento ambiental, possibilitando a construção de estratégias de conservação e uso sustentável dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Jari.

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

ABSTRACT

The Jari River Basin, located on the left bank of the Amazon River between the states of Pará and Amapá, holds significant environmental and strategic value for the Eastern Amazon. It encompasses vast areas of Dense Ombrophilous Forest, important watercourses, and transitional zones with savanna formations. Over recent decades, this territory has undergone increasing anthropogenic pressure, especially due to intensified logging, eucalyptus monoculture silviculture, and the expansion of urban and agricultural areas, thereby compromising the region's ecological integrity. In this context, understanding the land cover and land use dynamics in the Jari River Basin is essential to support environmental and territorial planning efforts. This study aims to analyze spatial transformations in the landscape of the Jari River Basin over a 30-year period (1990–2020) and to simulate future land use scenarios for the year 2050 using dynamic spatial modeling. The methodological approach combines multitemporal analyses based on MapBiomas data, remote sensing image interpretation, field observations, and the use of geotechnologies through Geographic Information Systems (GIS) and the spatial simulation platform Dinamica EGO. The process involved the selection and preparation of explanatory spatial variables, model calibration and validation, followed by prospective scenario simulation. The results reveal that although forest formations still represent the dominant land cover, there has been a significant increase in areas used for silviculture and urban expansion. The simulation for 2050 indicates the continuation of these trends, with direct implications for biodiversity and ecosystem services in the region. Thus, the scenarios developed in this study provide technical and scientific support for environmental planning, enabling the formulation of strategies for conservation and sustainable use of the natural resources of the Jari River Basin.

Keywords: Landscape dynamics, future scenarios, Spatial Modeling, Jari River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jari	19
Figura 2 – “Beiradão” às margens do rio Jari, no município de Laranjal do Jari	23
Figura 3 – Mapa das Sub-províncias Geológicas e tipos de rocha da BHRJ	26
Figura 4 – Mapa de Unidades Geomorfológicas da BHRJ	28
Figura 5 – Mapa de classes de solo da BHRJ	30
Figura 6 – Mapa de Altitude da BHRJ	31
Figura 7 – Mapa de Declividade da BHRJ	32
Figura 8 – Mapa da Malha Hidrográfica da BHRJ	34
Figura 9 – Mapa de Cobertura Vegetal da BHRJ	36
Figura 10 – Mapa de vias da BHRJ	37
Figura 11 – Rodovia BR-156 não pavimentada	38
Figura 12 – Estrutura da ponte que ligaria Monte Dourado a Laranjal do Jari	38
Figura 13 – Balsa fazendo a travessia de carro e passageiros	39
Figura 14 – Mapa de precipitação da BHRJ dos meses janeiro, fevereiro, março e abril	40
Figura 15 – Mapa de precipitação da BHRJ dos meses de maio, junho, julho e agosto	41
Figura 16 – Mapa de precipitação da BHRJ dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.....	42
Figura 17 – Mapa de Áreas Protegidas e Terras Indígenas da BHRJ.....	45
Figura 18 – Mapa da área de contribuição territorial dos municípios que compõem a BHRJ ...	46
Figura 19 – Esquema das 10 etapas utilizadas na simulação de cenários	63
Figura 20 – Fluxograma Metodológico	70
Figura 21 – Mapa de Cobertura e Uso da Terra da BHRJ dos anos 1990 a 2020	74
Figura 22 – Gráficos representando a área que cada classe ocupava no período de 1990 a 2020	76
Figura 23 – Mapa de Cobertura e Uso da Terra da BHRJ do ano de 2023	78
Figura 24 – Castanhas extraídas na Vila de Iratapuru	79
Figura 25 – Plantação de Eucalipto próximo a área de vegetação natural	80
Figura 26 – Área de Savana na BHRJ	81
Figura 27 – Área de Floresta Alagável na BHRJ	81
Figura 28 – Monocultura de Eucalipto na BHRJ	82
Figura 29 – Área urbana dos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari	83

Figura 30 – Área de Campo Alagável na BHRJ	84
Figura 31 – Área de Pastagem na BHRJ	84
Figura 32 – Área de mineração de Caulim na BHRJ	85
Figura 33 – Área real e simulada da BHRJ para o ano de 2020	87
Figura 34 – Mapas de simulação para os anos de 2030 e 2040	90
Figura 35 – Mapa de simulação para o ano de 2050	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sub-províncias geológicas da BHRJ	25
Tabela 2 – Unidades Geomorfológicas da BHRJ	27
Tabela 3 – Classes de solos da BHRJ	29
Tabela 4 – Tipos de cobertura vegetal da BHRJ	35
Tabela 5 – Área de contribuição dos municípios da BHRJ	47
Tabela 6 – Evolução do crescimento populacional da BHRJ durante o período analisado	47
Tabela 7 – IDHM; IDHM-E; IDHM-L; IDHM-R do município de Laranjal do Jari	49
Tabela 8 – IDHM; IDHM-E; IDHM-L; IDHM-R do município de Vitória do Jari	49
Tabela 9 – Dados utilizados na caracterização da área de estudo e na modelagem de cobertura e uso da terra	59
Tabela 10 – Dados quantitativos das classes de cobertura e uso da terra dos anos de 1990 a 2020	73
Tabela 11 – Distribuição quantitativa das classes de cobertura e uso da terra para o ano de 2023	77
Tabela 12 – Distribuição preditiva para os anos de 2030, 2040 e 2050	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de declividade	32
Quadro 2 – Unidades de Conservação e Terra Indígena na BHRJ	44
Quadro 3 – Descrição das classes mapeadas	72
Quadro 4 – Reclassificação das classes de cobertura e uso da terra	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BHRJ	Bacia Hidrográfica do Rio Jari
CADAM	Caulim da Amazônia
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
GEE	Google Earth Engine
MAPBIOMAS	Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil
MMA	Ministério do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNIH	Sistema Nacional de Informação Hidrológica
TI	Terra Indígena
UC	Unidade de Conservação
UHSA	Usina Hidrelétrica de Santo Antônio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Objetivo Geral	18
Objetivos Específicos	18
 CAPÍTULO 1 – A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JARI	
1.1 Localização da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Jari	19
1.2 Aspectos Físico-geográficos	24
1.2.1 Geologia	25
1.2.2 Geomorfologia	27
1.2.3 Solos	29
1.2.4 Altitude e Declividade	31
1.2.5 Hidrografia	33
1.2.6 Vegetação	35
1.2.7 Sistema Viário	37
1.2.8 Precipitação	39
1.2.9 Áreas Protegidas	43
1.3 Características Socioespaciais da BHRJ	45
 CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 A categoria Paisagem na análise da cobertura e uso da terra	50
2.2 A Bacia Hidrográfica como categoria de análise	53
2.3 Dinâmica de cobertura e uso da terra	54
2.4 Sistema de Informação Geográfica e Modelagem Dinâmica	55
 CAPÍTULO 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	
3.1 Plataforma DINAMICA-EGO como Simulador de Cenários	61
3.2 Simulação de Alterações na Cobertura e uso da terra na Plataforma DINAMICA EGO	62
3.2.1 Parametrização do Modelo	64
3.2.2 Calibração do Modelo	67
3.2.3 Simulação do Modelo	68
3.2.4 Validação do Modelo	68
3.2.5 Simulação com formação e expansão de manchas	69
3.2.6 Obtenção de cenários prognósticos	69

CAPÍTULO 4 – TENDÊNCIAS DO COMPORTAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA ATÉ O ANO DE 2050

4.1 Quantificação e Análise da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Jari no Período de 1990 a 2020	72
4.2 Cobertura e Uso da Terra na BHRJ no ano de 2023	77
4.3 Tendências do comportamento do uso da terra	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS	97

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.

A Bacia Hidrográfica do Rio Jari (BHRJ) compreende uma extensa faixa da Amazônia Legal Brasileira, localizada na margem esquerda do rio Amazonas, se estendendo por cerca de 58 mil 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 na BHRJ 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.

Diante desse cenário, torna-se importante a existência de informações espaciais que representem a dinâmica da cobertura e uso da terra na BHRJ. Mais que isso, é importante lançar um olhar regional, principalmente no que diz respeito ao crescimento da monocultura do

eucalipto e a expansão urbana, sendo os processos mais dinâmicos na região, os quais nem sempre vêm acompanhados do planejamento necessário, gerando uma ampla gama de impactos ambientais.

Identificar e analisar as informações referentes ao uso e ocupação da terra é de grande importância para o planejamento e conservação dos recursos naturais, além de ser uma das principais informações para a realização de estudos ambientais diversos. A modelagem das mudanças do uso da terra pode ajudar a prever possíveis cenários problemáticos, e assim subsidiar planos e ações que mitiguem os possíveis efeitos acarretados ao meio ambiente (XAVIER, 2017).

Vieira e Ferreira (2015) enfatizam que o monitoramento temporal da cobertura e uso da terra em bacias hidrográficas é de fundamental importância para a manutenção de recursos naturais e da biodiversidade em ecossistemas em geral. As modificações da cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Jari estão historicamente relacionadas a empreendimentos de desenvolvimento da Amazônia, com o Projeto Florestal do Jari, e recentemente com a usina hidrelétrica de Santo Antônio, no Estado do Amapá.

Os investimentos do norte americano Daniel K. Ludwig na região na década de 1960, voltados à consolidação do Projeto Jari, o qual teve como atividade inicial a derrubada de florestas nativas para plantio de espécies exóticas, fez com que houvesse a empregabilidade de atividades econômicas na BHRJ, competindo diretamente com o espaço de natureza intocável ou ainda pouco alterada, definidas como atores importantes na reprodução do espaço e ações de poder manifestadas na paisagem.

Modelos de simulação surgiram como uma ferramenta promissora no campo de pesquisas ambientais, recebendo especial atenção por parte de pesquisadores de diversas áreas. A simulação é vista como um instrumento de aquisição de conhecimento a partir da integração da informação sobre sistemas dinâmicos (SOARES-FILHO et al., 2007).

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).

Trabalhos como o de Ferreira (2009), Stanganini (2016), Rosseti (2011), ao realizarem modelos de simulação dinâmica da paisagem, indicam os cenários de diminuição de vegetação primária convertidos em outros usos. Nesse sentido, as plataformas de modelagem dinâmica

espacial, como o software Dinamica EGO, que simulam alterações na paisagem, representam uma ferramenta poderosa. De acordo com Lima (2014), quando utilizado para o estudo de fenômenos de transição dos elementos da paisagem, a modelagem dinâmica torna-se uma ferramenta útil ao planejamento, uma vez que possibilita a simulação de cenários futuros a partir da experiência e dos dados espaciais e estatísticos acumulados ao longo da análise.

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.

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.

O uso das geotecnologias aplicada à análise de bacias hidrográficas e a incorporação de modelagem para a simulação de cenários possibilitam prognósticos e avaliação de forma quantitativa à estruturação e à dinâmica da bacia, proporcionando melhor visualização dos elementos responsáveis pelas transformações espaço-temporais.

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.

Embora a prática da silvicultura consiga diminuir a pressão sobre o patrimônio natural que é visto como recurso pelo homem, a preocupação referente ao desenvolvimento desta atividade está nas consequências do manejo inadequado de espécies exóticas e da prática de monocultura que pode em alguns casos gerar problemas ambientais e ameaçar ecossistemas locais. Nas últimas décadas a acelerada expansão das áreas de silvicultura incitada por órgãos públicos e empresas privadas, vem gerando profundas alterações nas paisagens, ocasionando em muitos casos a degradação dos ambientes e retração e fragmentação dos ecossistemas naturais (Moura et al., 2017).

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.

A materialização dos resultados desta pesquisa ocorre, principalmente, através de imagens, mapas e gráficos, que representam os principais fenômenos e objetos na paisagem investigada. As formas e as feições foram identificadas, registradas, mensuradas e modeladas a fim de possibilitar uma interpretação dos processos envolvendo a dinâmica e a complexidade existente em uma escala multitemporal para a BHRJ.

A pesquisa foi organizada a partir de um conjunto de análises para geração de um diagnóstico e de um prognóstico das mudanças de cobertura e uso da terra nessa região, a partir de uma abordagem metodológica que combina o uso de dados de sensoriamento remoto para detecção de mudanças, modelos estatísticos e de simulação para análise das mudanças da cobertura da terra e métricas de paisagem. Para isso, no primeiro momento, o enfoque do trabalho está na caracterização da área de estudo, abordando tanto aspectos ambientais como sociais da BHRJ. Após essa caracterização, é apresentado o referencial teórico da pesquisa, que envolve a fase fundamental de embasamento da pesquisa. Em seguida, são detalhados os procedimentos metodológicos que envolvem os processos de modelagem. Por fim, os resultados da modelagem mostram que a abordagem metodológica desenvolvida pode ser aplicada para outros estudos que tem como foco as mudanças na cobertura e uso da terra. Porém, a principal contribuição deste trabalho foi explorar cenários relativos à expansão da silvicultura do eucalipto, observando limiares e as tendências deste uso na estrutura da paisagem.

Se a tendência de expansão da silvicultura de eucalipto na BHRJ se mantiver, as áreas de floresta natural, pastagens e formações savânicas sofrerão redução e fragmentação progressivas, provocando alterações significativas na estrutura da paisagem e na disponibilidade de recursos naturais, com impactos mensuráveis sobre a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas locais.

Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo geral analisar a dinâmica da cobertura e uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Jari através de análise multitemporal de imagens de satélite visando projeções para o ano de 2050, por meio da modelagem Dinâmica Espacial utilizando a ferramenta Dinamica EGO.

Objetivos Específicos

- Analisar os aspectos fisiográficos aliados aos fatores socioambientais que possam ter condicionado as mudanças da cobertura e uso da terra na área de estudo;
- Quantificar e examinar as transformações entre as classes, por períodos decenais, em um espaço temporal de 30 anos (1990, 2000, 2010, 2020); e
- Elaborar uma série temporal simulada de 2023 a 2050 sobre a cobertura e uso da terra, empregando a modelagem dinâmica espacial.

CAPÍTULO 1

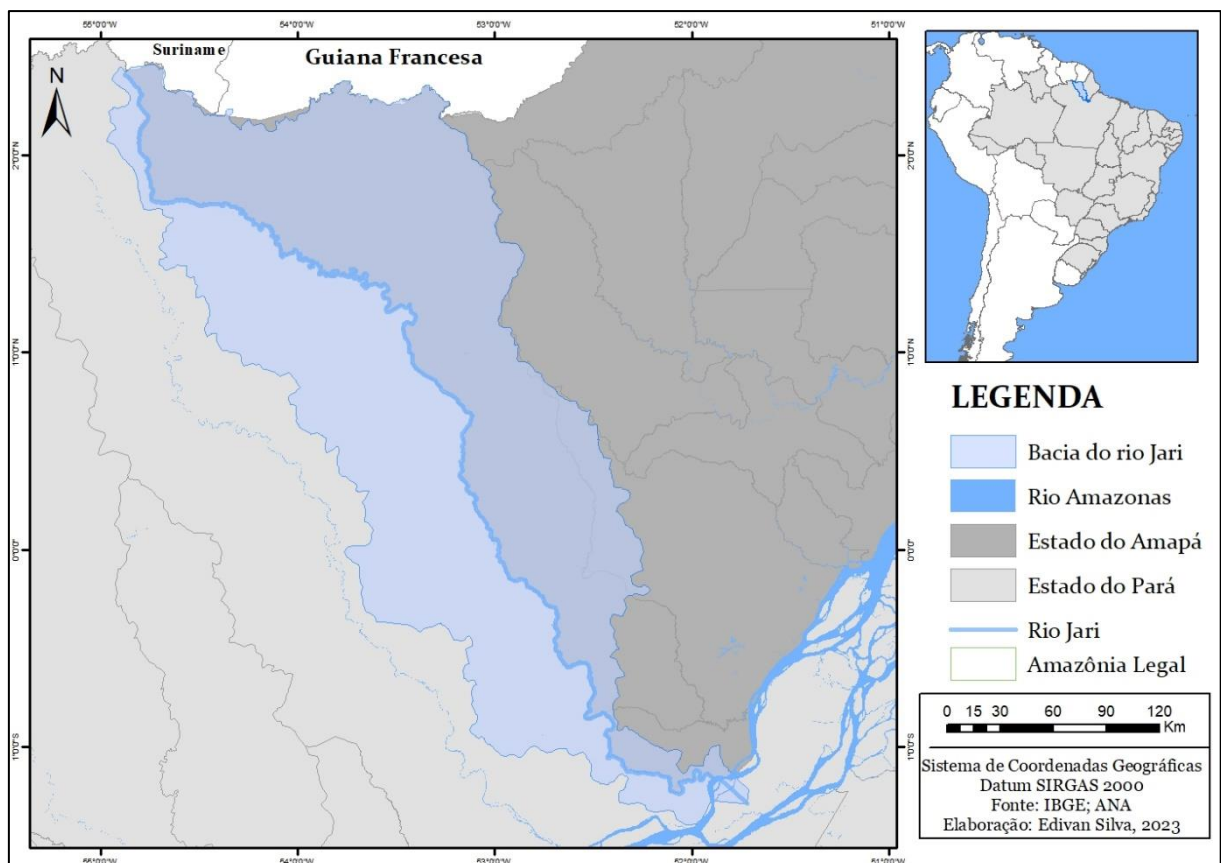
A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JARI

Nesse capítulo são apresentadas as características físico-geográficas e socioeconômicas da Bacia Hidrográfica do Rio Jari, fundamentais para compreender a dinâmica da área de estudo, suas potencialidades e peculiaridades.

1.1 Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jari - BHRJ

A Bacia Hidrográfica do Rio Jari (BHRJ) está situada na parte setentrional da bacia do rio Amazonas, na margem esquerda e próximo à sua foz. Com aproximadamente 58.000 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 da Bacia Hidrográfica 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).

Becker (1999), ao analisar os eixos de integração e desenvolvimento na Amazônia, salienta que a região foi intensamente afetada pela “malha programada” (poderosa malha de duplo controle – técnico e político). Devido à riqueza e abundância de seus recursos naturais e à sua extensão, aliada a baixas densidades demográficas, sua ocupação foi considerada prioritária em termos estratégicos e de exploração econômica.

O espaço amazônico, ao longo de sua história recente, passou por um intenso processo de transformações conjunturais, envolvendo diferentes atores e políticas, que estiveram associadas a interesses diferenciados, tanto na esfera local, quanto nacional e internacional (SILVA, 2013).

A análise das causas do desflorestamento não pode se dissociar da transformação do espaço e das transformações temporais. Neste sentido, o entendimento das dinâmicas criadas pelas políticas da década de 1960 e 1970, embasadas em um modelo de desenvolvimento que não levava em consideração os impactos ambientais, apresentam componentes importantes para a análise das causas atuais do desflorestamento e conseqüentemente da cobertura e do uso da terra (NASCIMENTO et al., 2012, p. 244).

Aguiar (2012), ao examinar a modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia, concluiu que o processo de ocupação na Amazônia é heterogêneo em tempo e espaço. A bacia hidrográfica do rio Jari está associada a primeira fase de ocupação da região amazônica, o que de acordo com Silva (2013), está relacionada, sobretudo, ao modo de produção extrativista, que fazia uso de recursos florestais disponíveis, predominando a retirada de matéria-prima.

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 Daniel Ludwig, causou profundas modificações na BHRJ. 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).

Os impactos socioeconômicos do empreendimento de Ludwig se manifestaram já no início dos anos 1970: a transformação da floresta nativa em monocultura e a saída dos comerciantes portugueses levaram à desorganização das redes de comercialização dos produtos extrativistas, forçando muitas famílias a abandonar suas moradias nas áreas agora derrubadas para instalarem-se nas novas cidades ou em regiões ainda mais isoladas, onde a mata permanecia intacta (GREISSING, 2010, p. 49).

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).

O Projeto Jari causou um impacto forte na região, tanto na utilização do território, quanto na substituição da floresta por uma monocultura. Santos (2012) salienta que, com a chegada do Projeto Jari, foi instalado praticamente um distrito industrial para a produção de celulose. Lins (2001) comenta que, do ponto de vista físico, a região encontrava-se, a bem-dizer, intacta. A população vivia do extrativismo, sem nenhuma tradição de agropecuária que

os levasse a efetuar derrubadas significativas, exceto em pequenas áreas de plantio da mandioca para fabricar farinha. As mudanças também foram perceptíveis no sistema socioeconômico, causando uma desorganização das redes comerciais do extrativismo, formação de uma favela nas margens do rio, migração, entre outros. De acordo com Lins (2001)

(...) não se pode negar que a região experimentou um desenvolvimento industrial sem precedentes na história do baixo Amazonas. Em consequência deste desenvolvimento, foram gerados recursos financeiros que proporcionaram uma grande diversificação de negócios, tanto internamente como nos demais municípios vizinhos, como, por exemplo Macapá, Prainha, Monte Alegre e Santarém (LINS, 2001, p. 301).

A organização territorial da bacia do rio Jari decorre de duas formas de ocupação: a primeira, onde estão concentradas as principais estruturas territoriais devido ao Projeto Jari, situada na porção sul da bacia, correspondendo a cerca de 20% da sua área; a segunda formada por Unidades de Conservação – UCs e Terras Indígenas – TI, onde a ocupação antrópica é basicamente de populações indígenas, situada nas porções central e setentrional da bacia, correspondendo a praticamente 80% de toda a área da bacia (HYDROS, 2011). As transformações relacionadas às práticas indígenas relacionada ao uso da terra não é expressiva.

As áreas urbanas da margem esquerda do Jari surgidas sem qualquer planejamento, com uma densidade populacional significativa devido ao Projeto Jari, atraindo um contingente populacional, principalmente de nordestinos, que para ali afluiu vislumbrando melhores condições de vida, sendo utilizado como mão de obra.

Esta parcela da população ocupou, inicialmente, as áreas atualmente denominadas “Beiradão”, em Laranjal do Jari-AP (Figura 2), “Beiradinho”, em Vitória do Jari-AP, núcleos “satélites” que se constituem nos maiores “favelões fluviais” da região e do país. Já a população urbana da margem direita resulta do planejamento realizado conforme as necessidades e interesses da empresa do Projeto Jari, com a implantação de “*company towns*”, Monte Dourado e Munguba, que abrigavam os funcionários e suas famílias, com a infraestrutura urbana planejada necessária para a permanência destes, junto às áreas dos setores de produção industrial (celulose e minérios) (HYDROS, 2011).

Figura 2: “Beiradão” as margens do rio Jari, no município de Laranjal do Jari/AP.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

A ocupação irregular nas margens do rio, representada pela construção de barracos e palafitas, é identificada como um dos principais problemas da região, tanto social quanto ambiental. A precariedade das condições sanitárias e de saúde das palafitas deixa a população vulnerável a doenças, enchentes, incêndios, falta de saneamento básico, etc.

Conforme Rauber e Palhares (2022), a planta industrial da CADAM, localizada junto às margens do Rio Jari no distrito de Munguba, entre os estados do Amapá e Pará, nos municípios de Vitória do Jari e Almeirim, respectivamente, constitui uma das primeiras frentes de expansão da indústria mineral no Amapá a partir da década de 1960, constituindo atividade que abrange grandes áreas de lavra com impacto na paisagem da região.

Além da indústria e do extrativismo, há outras atividades econômicas que, embora mais contidas dentro da bacia, também contribuem para a movimentação da economia local. Entre elas estão a criação de gado e suínos, e a extração e fabricação de palmitos e frutos de açaí. No setor de serviços, o comércio local é bastante relevante. Outra atividade que pode ter um grande impacto sobre os recursos hídricos é a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Jari, localizada cerca de 150 km da foz de rio Jari (OLIVEIRA, 2011),

A base econômica da bacia do rio Jari apresenta características muito específicas constituídas pela combinação entre a presença de um núcleo localizado e compacto de atividades empresariais, altamente verticalizadas, voltadas à exploração de recursos minerais e madeireiros e as atividades rurais e urbanas. Essa porção é de fácil acesso e ocupação (porção sul da bacia), assentada sobre a planície amazônica.

No alto e médio curso do rio Jari, é muito reduzida a antropização. Ali se destacam as UCs de Proteção Integral e de Uso Sustentável, cobertas por florestas densas, contínuas e intocadas, e Terras Indígenas, que têm seus territórios homologados, que dão direito legal ao uso do povo que ali vive atualmente, como o grupo indígena Waiãpi.

Na bacia hidrográfica do Rio Jari, tanto do ponto de vista da organização política como da gestão do território, atuam na região diversos órgãos e institutos vinculados às administrações do estado do Pará e do estado do Amapá, entre os quais se destacam o Instituto de Terras do Pará (ITERPA/PA), o Instituto de Pesquisa Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA/AP), Amapá Terras e a Secretaria do Meio Ambiente do Amapá (SEMA/AP), e no âmbito federal, a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

1.2 Aspectos Físico-geográficos

Sob a ótica da ciência geográfica, existe uma lógica espacial responsável e determinante. Portanto, nenhum elemento se localiza no espaço aleatoriamente, pois há uma tendência multi e microescalar, pautada no espaço e no tempo, seja sob a égide da natureza, seja sob o controle da sociedade. É nesta ótica temporal que surgem as características espaciais (ARAÚJO et al., 2020).

Para o estudo do recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Jari, fez-se necessário um levantamento acerca dos aspectos da área em relação à geologia, geomorfologia, solos, altitude e declividades, precipitação, vegetação, sistema viário, hidrografia, áreas protegidas com finalidade de descrever as características e peculiaridades para entender como se dão os processos e dinâmicas físico-ambientais e socioeconômicas da área.

O conhecimento do meio físico torna-se cada vez mais importante por ser este o suporte de todas as atividades antrópicas presentes e futuras. O domínio de processos de análise da dinâmica do meio é imprescindível para a tomada de decisão quanto a alternativas locais e técnicas de tais propostas. Apesar da existência de instrumentos legais que visam disciplinar o uso dos recursos naturais e criar mecanismos de gestão e gerenciamento para evitar ou reduzir

impactos, tais medidas só podem ser eficazes com o conhecimento adequado das condições ambientais locais.

Os elementos da natureza não devem ser reduzidos somente a recursos, pois, antes de assim transformados, constituem-se em bens e elementos naturais que possuem dinâmica própria e que independem de sua apropriação social. Como tal, desempenham papel fundamental na estruturação do espaço geográfico (MENDONÇA, 2001).

1.2.1 Geologia

A BHRJ se caracteriza por apresentar sete sub-províncias geológicas, sendo elas: Alter do Chão, Cobertura Cenozoica Indiscriminada, Bacajá-Tumucumaque Cauarane, Amazonas, Barreiras, Oiapoque e Penatecaua, como pode ser observado na Tabela 1 e Figura 3.

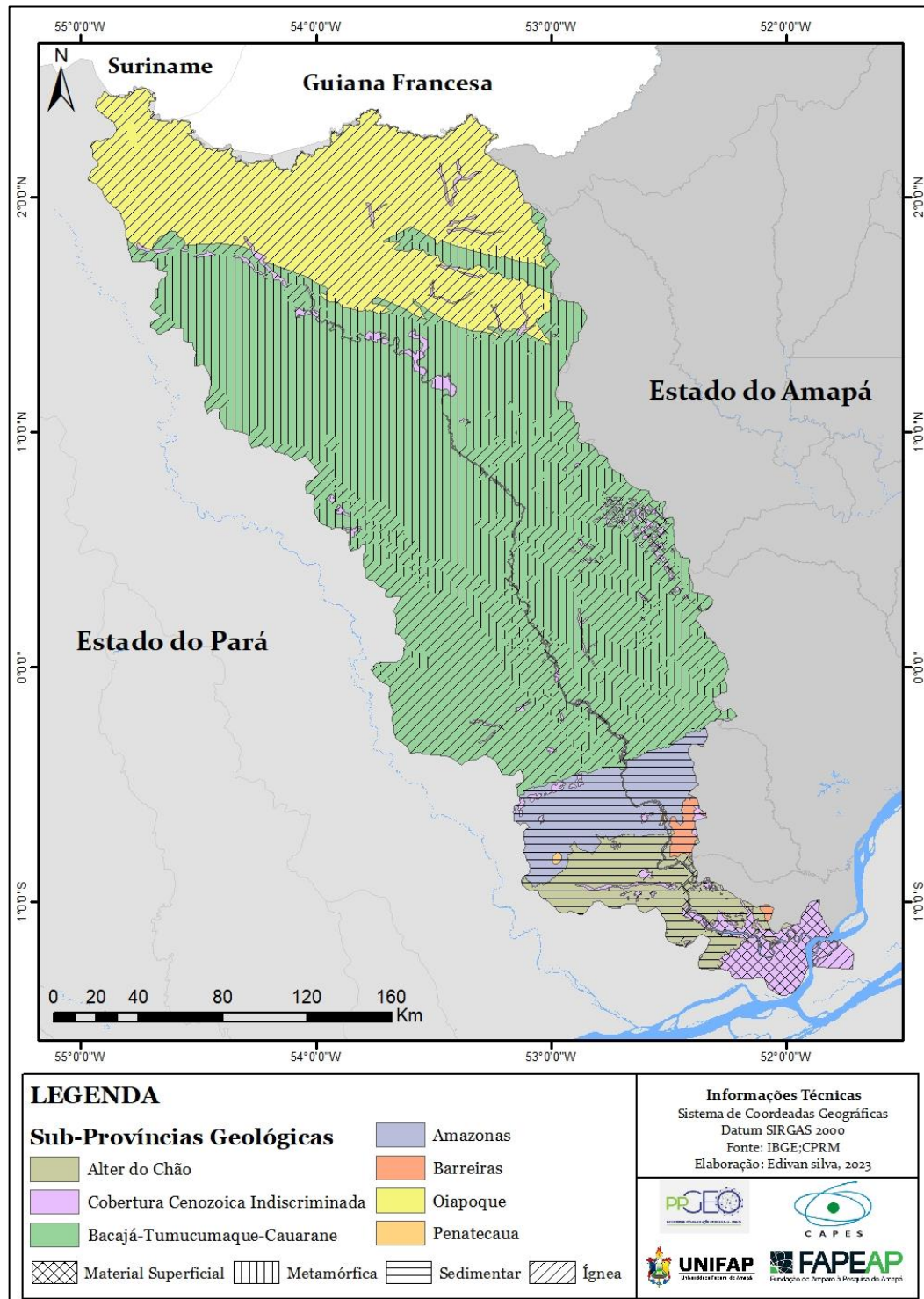
Tabela 1: Sub-províncias geológicas da BHRJ.

Sub-província	Área (km ²)	%
Alter do Chão	2.785,29	4,79
Amazonas	2.970,77	5,11
Bacajá-Tumucumaque-Cauarane	35.725,39	61,45
Barreiras	278,38	0,48
Cobertura Cenozoica Indiscriminada	2.622,49	4,51
Oiapoque	13.395,24	23,04
Penatecaua	31,71	0,05
Corpo d'água	326,08	0,56
Total	58.135,36	100,00

Elaborada por Edivan Silva. Adaptado de IBGE/CPRM.

A Sub-província Bacajá-Tumucumaque Cauarane abrange 35.725,39km² cerca de 61,45% da área da bacia, onde são encontradas rochas do tipo metamórfica e ígnea, localizadas na área central da bacia. A Sub-província Oiapoque representa cerca de 23,04% da bacia, localizada na porção ao norte, junto às principais nascentes da bacia (Figura 2); nesta classe são encontradas rochas ígneas.

Figura 3: Mapa Sub-províncias geológicas e tipos de rocha da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

As Sub-províncias geológicas Amazonas, Alter do Chão e Barreiras, representam respectivamente, 5,11%, 4,79% e 0,48% da área e estão localizadas na porção sul da bacia, próximo à foz do rio Jari, apresentando rochas do tipo sedimentar, onde também está localizado o núcleo urbano da bacia e suas principais atividades econômicas. A Cobertura Cenozoica

Indiscriminada com 4,51% está localizada na foz do rio Jari, no rio Amazonas, com material superficial como característica principal, dada as peculiaridades da sua localização.

1.2.2 Geomorfologia

A Geomorfologia é fator essencial quando se trata de ações visando as alterações na paisagem, pois permite compreender os processos atuantes, potencialidade e fragilidades no que diz respeito à cobertura e uso da terra. A BHRJ apresenta seis unidades geomorfológicas, sendo elas: Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas; Depressão Periférica da Amazônia Setentrional; Planaltos Residuais do Amapá; Colinas do Amapá; Planalto Uatumã – Jari e Planície Amazônica (Tabela 2 e Figura 4).

Tabela 2: Unidades Geomorfológicas da BHRJ.

Unidade	Área (km²)	%
Colinas do Amapá	26.809,51	46,12
Depressão Periférica da Amazônia Setentrional	11.984,39	20,61
Planalto do Uatumã – Jari	2.463,65	4,24
Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas	3.704,27	6,37
Planaltos Residuais do Amapá	10.372,32	17,84
Planície Amazônica	2.475,51	4,26
Corpo d'água	325,69	0,56
Total	58.134,74	100,00

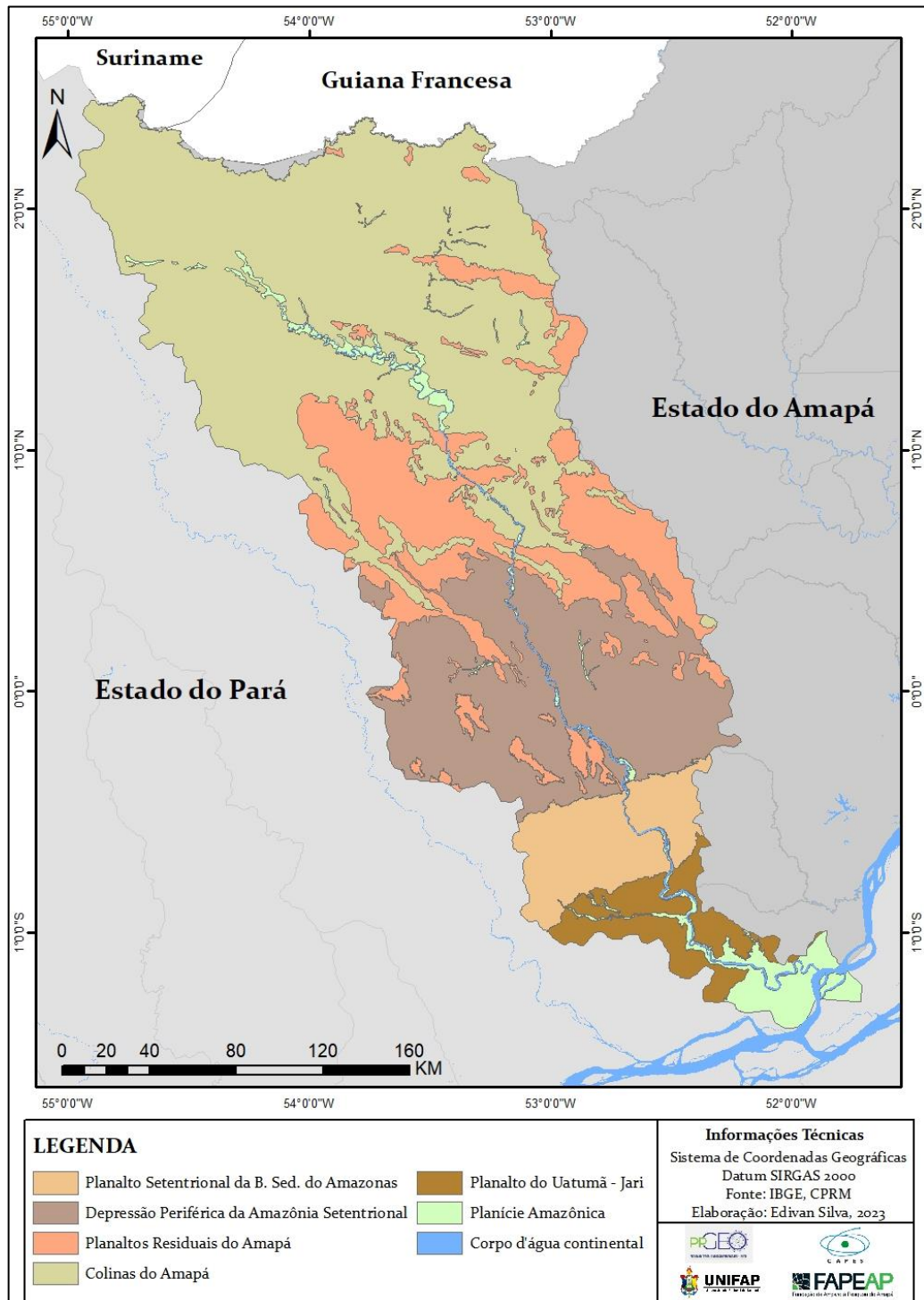
Elaborada por Edivan Silva. Adaptado de IBGE/CPRM.

A partir da análise do mapa da Figura 4, observa-se que a maior unidade geomorfológica da bacia é a Colinas do Amapá, abrangendo 26.809,51 km² e 46,12% da área. Possui domínio de Crátons Neoproterozoicos, com características de dissecação homogênea de topo convexo, localizada na porção norte da bacia hidrográfica.

A Depressão Periférica da Amazônia Setentrional, com 11.984,39 km² e 20,61% da área, tem sua formação na área central da bacia. Assim como a unidade Colinas do Amapá, esta pertence ao domínio de Crátons Neoproterozoicos, com características de dissecação homogênea, com forma de topo convexo e tabular.

O Planalto Uatumã – Jari foi a menor unidade delimitada, com 2.463,65 km² e com 4,24% da área. Seu domínio é de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas, localizado na região de Baixos Planaltos da Amazônia Oriental. Caracteriza-se pela forma plana e suavemente inclinada e topo tabular e convexo.

Figura 4: Mapa de Unidades Geomorfológicas da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

O Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas é uma unidade de domínio de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas, localizado em região de Planaltos Cuestiformes das Bordas da Bacia Sedimentar do Amazonas. Abrange uma área de 3.704,27 km² e 6,37% da bacia. Sua natureza é de aplanamento e dissecação, com forma plana e suavemente inclinada, com topo tabular e convexo.

Com a métrica de 10.372,32 km² e 17,4% da bacia hidrográfica, os Planaltos Residuais do Amapá são a terceira maior unidade geomorfológica da BHRJ. Em domínio de Crátos Neoproterozoicos, a unidade está sob a região de Serras Residuais da Amazônia Setentrional. Possui características de dissecação homogênea, com forma de topo aguçado e convexo.

Em domínio de Depósitos Sedimentares Quaternários, a Planície Amazônica, com 2.463,65 km² e 4,26% da área da bacia, pode ser categorizada em planícies e terraços fluviais. Esta unidade geomorfológica está localizada próximo à foz do rio Jari.

1.2.3 Solos

Na BHRJ foi possível identificar 7 classes de solos - Tabela 3 e Figura 5.

Tabela 3: Classes de solos da BHRJ.

Classes de Solos	Área (km²)	%
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico	856,69	1,44
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	632,83	1,07
Latossolo Amarelo Distrófico	4.077,51	6,88
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	39.230,01	66,16
Nitossolo Vermelho Distrófico	330,30	0,56
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	12.228,81	20,62
Neossolo Litólico Distrófico	453,51	0,76
Total	59.299,18	100,00

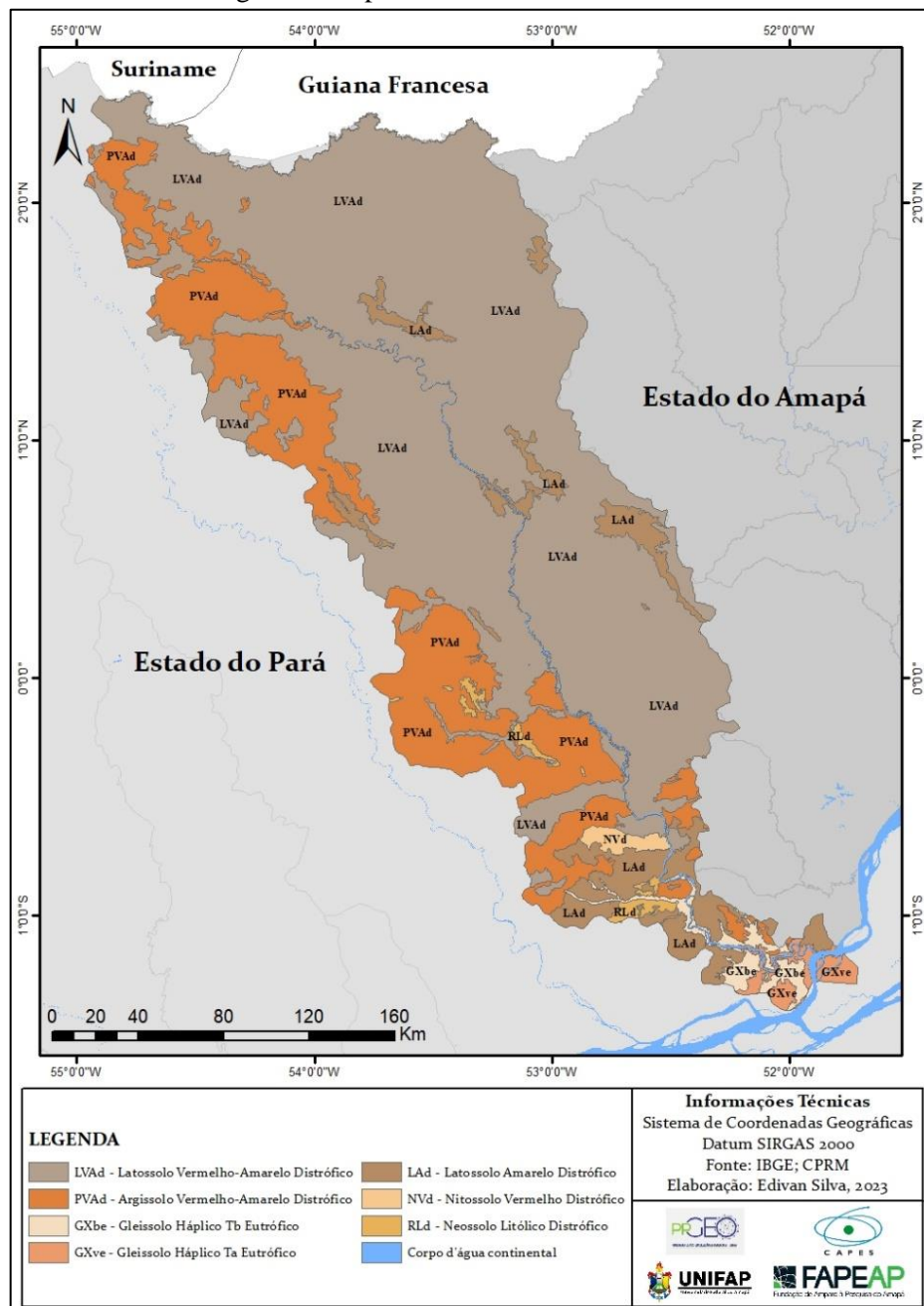
Elaborada por Edivan Silva. Adaptado de IBGE/CPRM, 200x

Lins (2001) salienta que, em quase todo o curso do rio Jari, no seu primeiro estágio, os solos são argilosos devido à pequena, mas contínua, colmatagem efetuada pelas partículas em suspensão contidas em suas águas. Comparando a textura dos solos que margeiam o Rio Jari com os do Rio Amazonas, o primeiro apresenta textura menos pesada, devido a transportar maior quantidade de areia, enquanto o segundo apresenta maior quantidade de silte em suas águas.

O Gleissolo Háptico Tb Eutrófico ocupa 856,69 km² e 1,44% da área da BHRJ. É um solo de textura argilosa encontrado em relevo plano. O Gleissolo Háptico Ta Eutrófico de textura siltosa e argilosa também é característico de relevo plano e ocupa uma área de 632,83 km², ou 1,07% da área da bacia.

Com a métrica de 4.077,51 km² e 6,88% da bacia, o Latossolo Amarelo Distrófico se caracteriza por apresentar textura argilosa e muito argilosa, sendo encontrado principalmente em relevo plano e suave ondulado. O Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico foi a maior classe de solo delimitada da BHRJ, com área de 39.230,01 km² e 66,16% da bacia. É um solo de textura argiloso e cascalhenta, com relevo suave ondulado e forte ondulado.

Figura 5: Mapa de classes de Solo da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

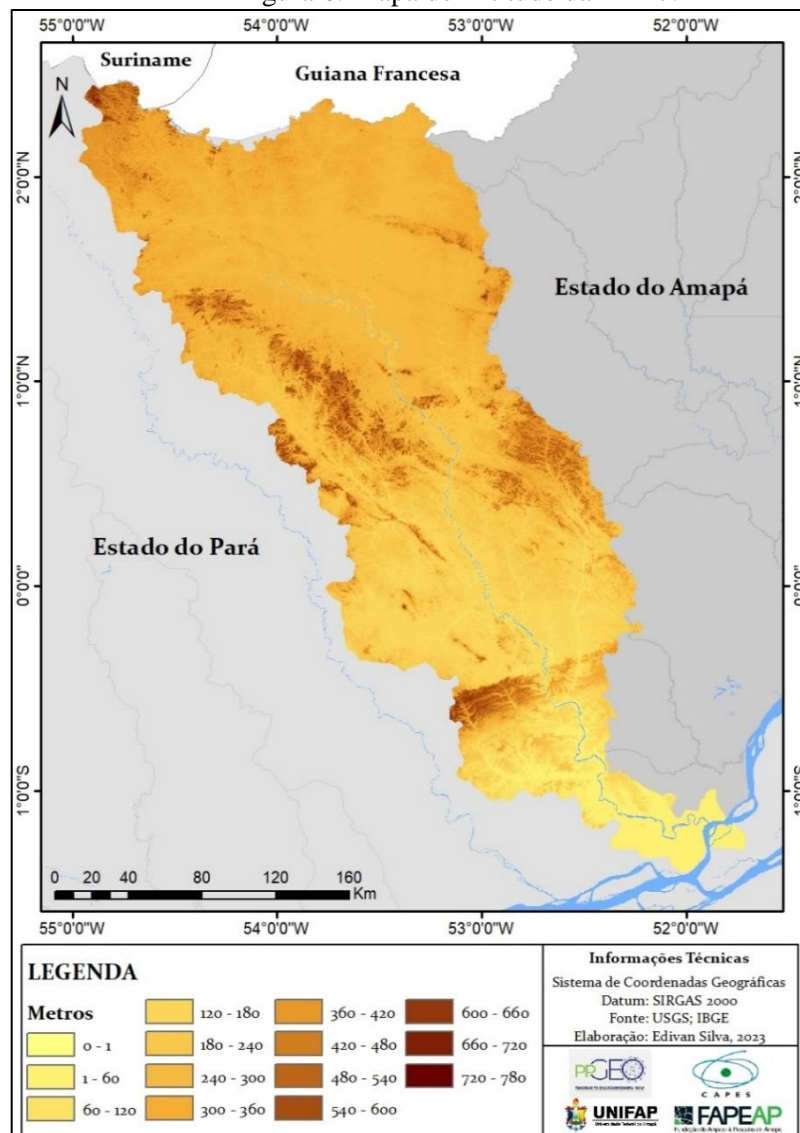
O Nitossolo Vermelho Distrófico foi a menor classe delimitada, com área de 330,30 km², representando 0,56% da área. Constitui solos de textura argilosa localizado em áreas de relevo ondulado. A classe de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico se caracteriza por ser de textura argilosa e argilosa cascalhenta, encontrado em relevo ondulado e forte ondulado. É uma classe de solo com 12.228,81 km², representando 20,62% da área total da bacia.

A classe Neossolo Litólico Distrófico é um solo considerado novo, de textura indiscriminada, encontrado em relevo forte ondulado, de característica montanhoso e escarpado. A classe possui 453,5107 km² e 0,76% da área.

1.2.4 Altitude e Declividade

Dados altimétricos e de declividades são fatores relevantes no estudo de cobertura e uso da terra, visto que as atividades econômicas e a concentração populacional procuram se estabelecer em áreas de relevo plano ou pouco acidentados, além de auxiliar nos estudos de planejamento ambiental, agrícola e urbano. A partir da análise do mapa altimétrico (Figura 6), pode-se verificar que a BHRJ possui cotas altimétricas que variam de 0 a 780 metros, tendo suas altitudes mais baixas próximas à foz do rio Jari, no rio Amazonas.

Figura 6: Mapa de Altitude da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

Suas maiores altitudes estão localizadas, principalmente, sobre as unidades geomorfológicas Colinas do Amapá e Planaltos Residuais do Amapá, no curso superior da BHRJ, em áreas onde há grande concentração de Floresta Ombrófila Densa e pouca atividade antrópica.

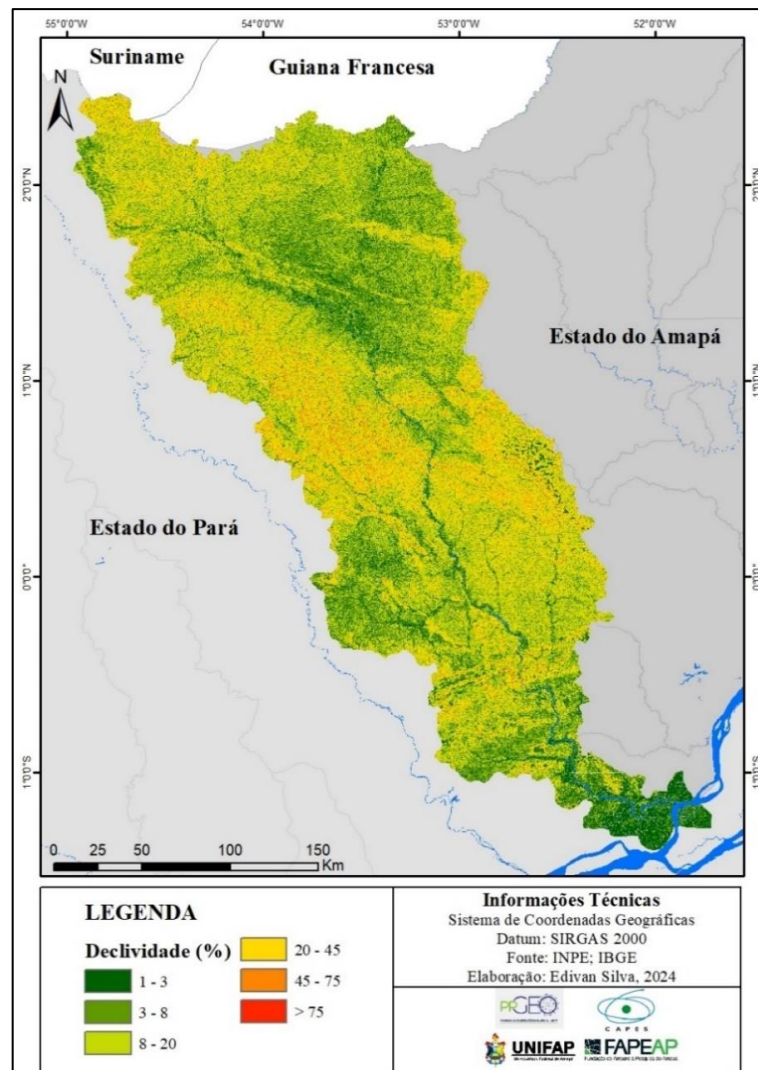
De acordo com Santos (2019), a declividade apresenta papel importante para a distinção de unidades paisagísticas, bem como condiciona a capacidade de uso da terra, subsidiando estudos que promovem o planejamento urbano, o planejamento agrícola e o planejamento ambiental. A definição das classes de declividade da BHRJ foi embasada na classificação trazida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1999) – Quadro 1 e Figura 7.

Quadro 1: Classes de declividade

Classe de Relevo	Declividade %
Plano	0 – 3
Suave Ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte Ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: Adaptado de Embrapa (1999).

Figura 7: Mapa de declividade da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2024.

A partir da análise da figura 7, é possível identificar que o relevo do exutório da BHRJ possui declividade de 0 – 3%, classificada como relevo plano. Sua área central possui formações de suave ondulado até forte ondulado, com cotas que podem chegar até 45%.

1.2.5 Hidrografia

O rio principal de uma bacia é a maior linha de fluxo de água que liga uma nascente ao exutório. As drenagens secundárias que conduzem a água diretamente ao rio principal são denominadas de afluentes e, da mesma forma, os rios que confluem para os afluentes são subafluentes do rio principal (CRUZ & TAVARES, 2009).

O rio Jari é o principal rio da Bacia; este nasce na divisa do Brasil com o Suriname, a uma altitude de 656 m, onde se tem muitas cachoeiras e corredeiras até alcançar a Cachoeira de Santo Antônio, último trecho acidentado do rio antes deste encontrar a baixada amazônica, a 150 km da foz. Com seus afluentes, complementa a circulação da população e produtos econômicos. De acordo com LINS (2001), o Jari é um rio que possui águas escuras ou pretas, não podendo, portanto, ser comparado com um rio de águas brancas ou barrentas, no que tange à fertilidade dos solos que ficam periodicamente sob sua inundação. Mesmo assim, numa distância de aproximadamente 80km de sua foz com o Amazonas, existem grandes extensões de campos naturais, e sua mata ciliar é exuberante.

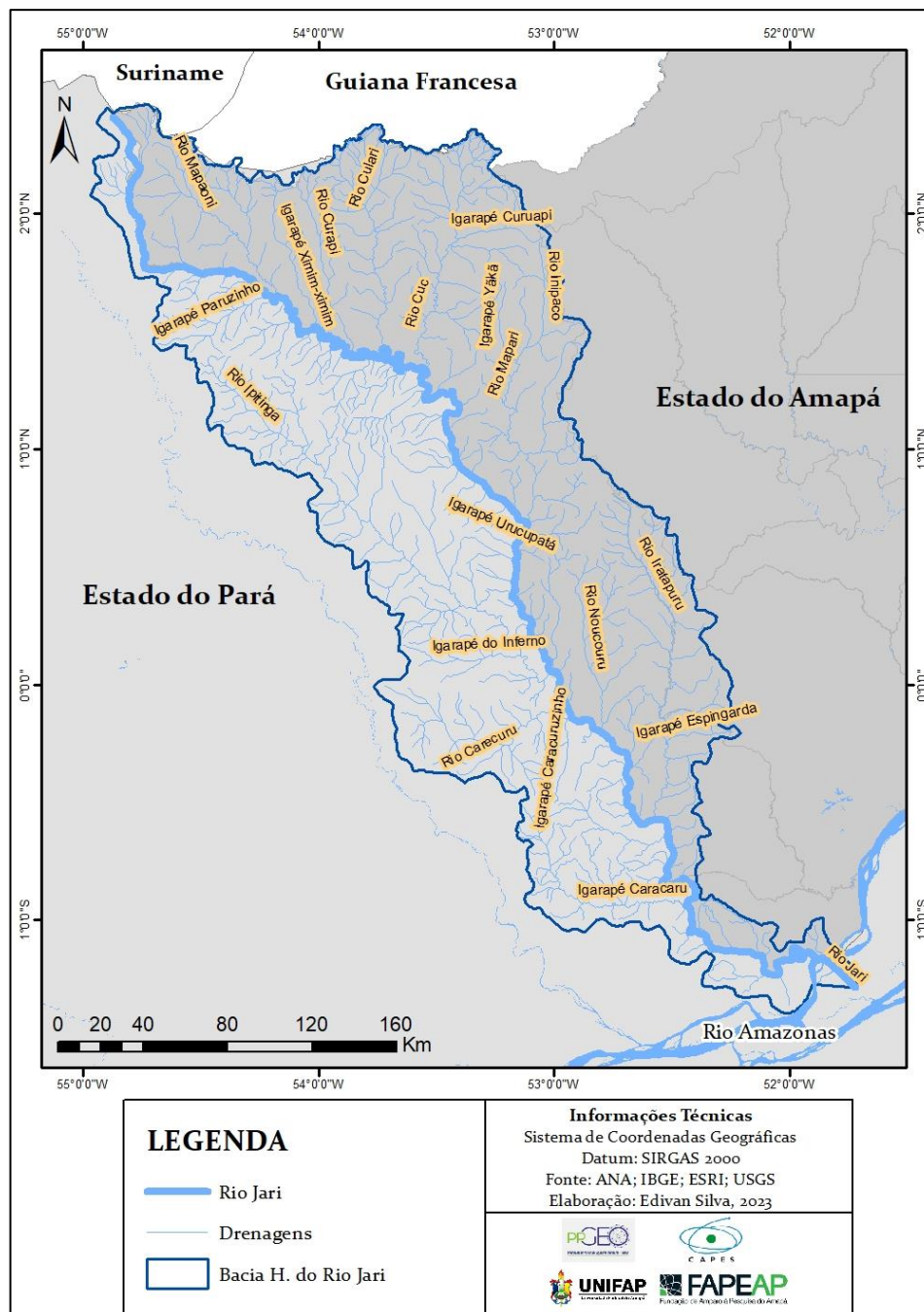
O rio Jari se apresenta como um dos principais afluentes na margem esquerda ou calha norte do rio Amazonas, e apresenta uma largura média de aproximadamente quatrocentos metros e profundidade média de dez metros. Neste curso, o rio apresenta meandros bastante acentuados (LINS, 2001).

Entre os principais afluentes do rio Jari que integram a malha hidrográfica da BHRJ (Figura 8) destacam-se, na margem esquerda – pertencentes o território amapaense – respectivamente o Rio Mapaoni, Igarapé Ximin-ximin, Rio Curapi, Rio Culari, Rio Cuc, Igarapé Curuapi, Igarapé Yãkã, Rio Inipaco, Rio Mapari, Rio Noucouru, Rio Iratapuru e Igarapé da Espingarda. Na margem direita que compõe o estado do Pará, destacam-se o Igarapé Paruzinho, Rio Ipitinga, Igarapé Urucupatá, Igarapé do Inferno, Rio Carecuru, Igarapé Caracaruzinho e Igarapé Caracaru. Um de seus principais afluentes na margem esquerda é o rio Iratapuru, que conta com uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), criada em 1997 pelo governo do Estado do Amapá.

Segundo a EcologyBrasil (2009), o rio Jari corre encaixado em vale aberto em “U”, típico curso de drenagem escavado em embasamento sedimentar de climas equatoriais. O rio Jari ainda não apresenta restrições associadas à indisponibilidade hídrica frente à demanda. A

influência de maré em seu baixo curso garante a navegabilidade no rio o ano todo, independentemente das variações na vazão de montante. Na maioria de seu trecho, o rio Jari serve de divisor entre o Estado do Amapá e Pará, territórios de suas margens esquerda e direita, respectivamente. Ao longo da margem esquerda do rio Jari está presente o município de Laranjal do Jari, exceto nos 80 km próximos na confluência com o Amazonas, onde está presente o município de Vitória do Jari.

Figura 8: Mapa da malha hidrográfica da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

1.2.6 Vegetação

Apesar da área da BHRJ ser extensa e estar dentro de dois estados da federação, foram delimitadas somente 12 classes de fitofisionomia: Floresta Ombrófila Aberta Submontana, Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana,, Formação Pioneira com Influência Fluvial, Refúgio Vegetacional Submontano, Savana Arborizada, Vegetação Secundária e Agricultura. Para a confecção do mapa de Vegetação, foi utilizada a base cartográfica contínua do IBGE, referentes ao ano de 2023. Além das já citadas classes de vegetação, o IBGE também traz em seus dados classes referentes à Pastagem e Silvicultura.

Lins (2001) destaca que a floresta tropical em clímax é exuberante, formada por inúmeras espécies onde, tanto nos platôs aplainados como em relevo suavemente ondulado, predominam a Maçaranduba, a Maparajuba, a castanheira em reboladas e o Angelim.

A Floresta Ombrófila Densa Submontana é a métrica predominante de classe vegetacional encontrada na bacia, possui 50.852,44 km² e 87,96%, se estendendo desde a porção central da bacia até ao norte – Tabela 4 e Figura 9.

Tabela 4: Tipos de cobertura vegetal da BHRJ.

Tipos de Vegetação	Área (km ²)	%
Agricultura	186,12	0,32
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	774,60	1,34
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1.456,32	2,52
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	1.844,28	3,19
Floresta Ombrófila Densa Montana	561,23	0,97
Floresta Ombrófila Densa Submontana	50.852,44	87,96
Reflorestamento	1.163,77	2,01
Formação Pioneira com influência fluvial	779,19	1,35
Pastagem	17,02	0,03
Refúgio Vegetacional Submontano	15,92	0,03
Savana Arborizada	6,64	0,01
Vegetação Secundária	152,77	0,26
Total	57.810,30	100,00

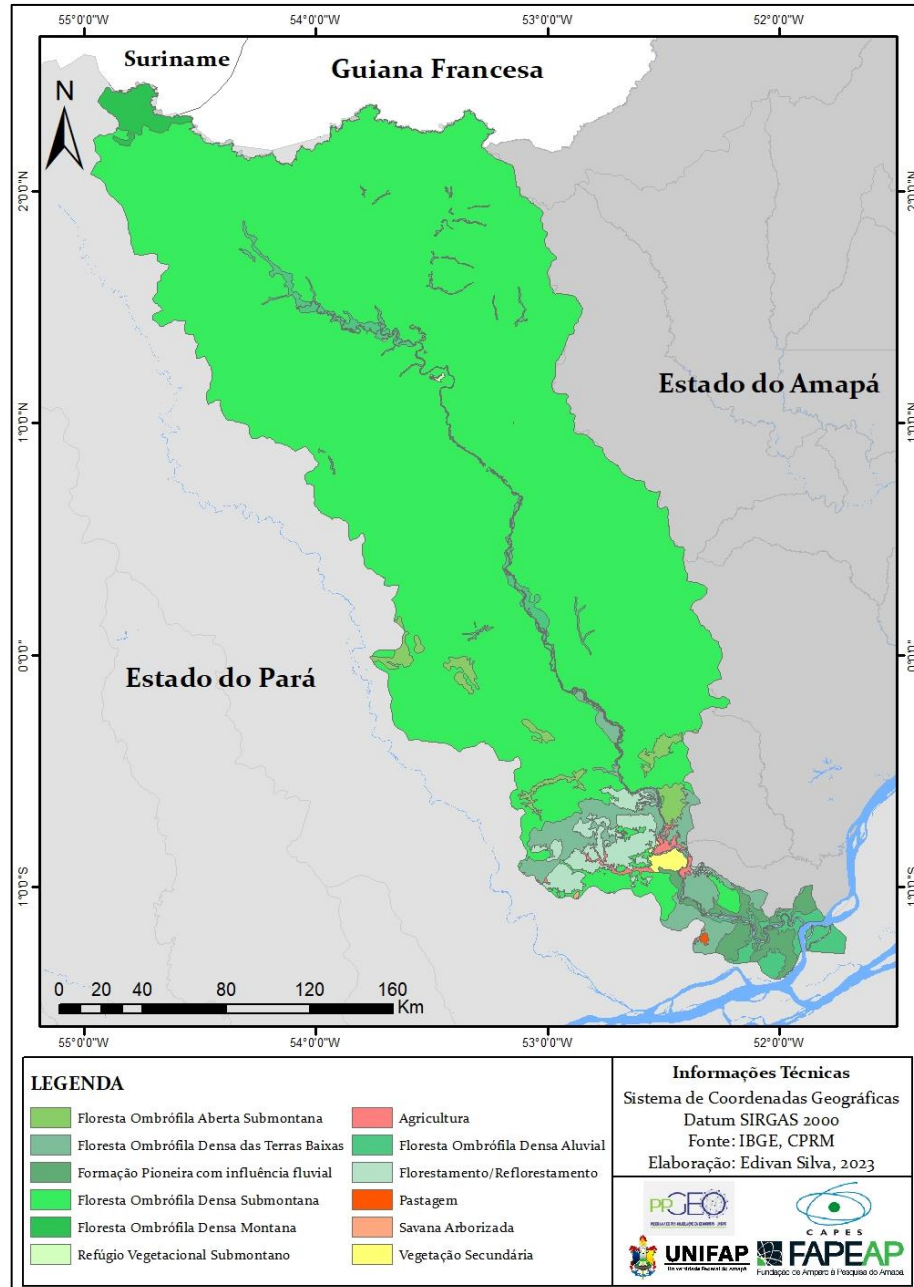
Elaborada por Edivan Silva. Adaptado de IBGE, 2020.

Outras variações também podem ser observadas na BHRJ, como Floresta Ombrófila Aberta Submontana, Floresta Ombrófila densa das Terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Aluvial, está relacionada com ambientes situados nas margens de alguns cursos d'água, baixadas úmidas e até em áreas temporariamente alagadas, abrange uma área de 1.456,32 km², o que corresponde a 2,52% da BHRJ.

Na área norte da Bacia é possível identificar a classe de Floresta Ombrófila Densa Montana, área que possui altitudes elevadas e predominância do Latossolo Vermelho-Amarelo

Distrófico. As áreas de Reflorestamento correspondem à monocultura de Eucalipto, que abrange uma área de 1.163,77 km² e 2,01% da área da BHRJ.

Figura 9: Mapa de cobertura vegetal da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

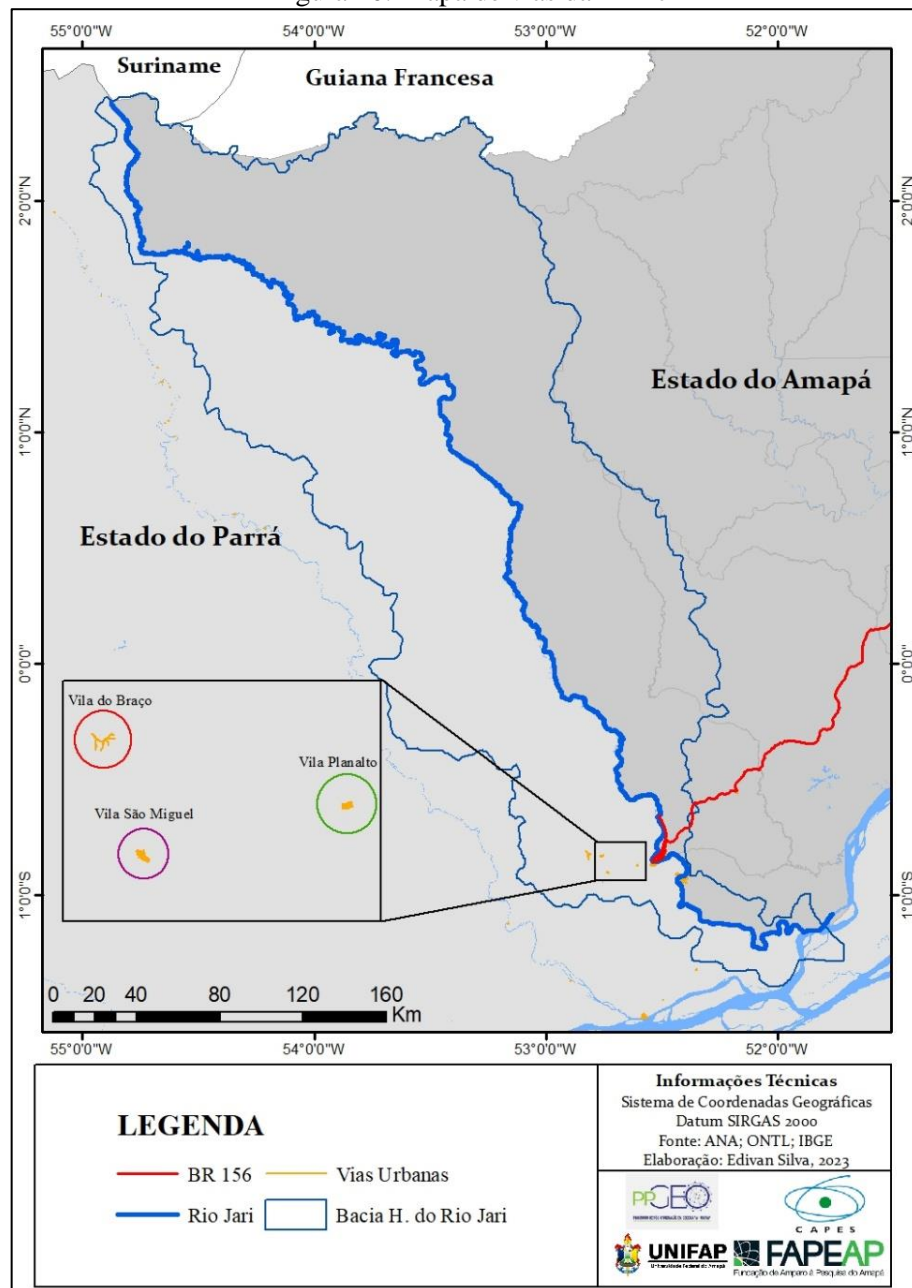
Percebe-se uma massa florestal representativa na BHRJ, principalmente nos seus cursos alto e médio. Esta expressividade torna-se relevante por se tratar, em maioria, de áreas protegidas do contexto ambiental e legal brasileiro, transformadas em Unidades de Conservação e em territórios indígenas. Contudo, as regiões que não se enquadram no contexto de áreas protegidas foram potencializadas, em relação aos seus usos, o que justifica as maiores mudanças no uso e na cobertura da terra.

1.2.7 Sistema Viário

As rodovias e arruamentos urbanos são essenciais no processo de cobertura e uso da terra, visto que a malha urbana tem de se expandir e os empreendimentos econômicos são mais propícios a se instalarem próximos a áreas que já contenham essa infraestrutura. Martins (2020) destaca que a expansão urbana, por exemplo, tem maior probabilidade de ocorrência quanto mais próximo de rodovias pavimentadas e linhas de transmissão de energia elétrica.

A figura 10 apresenta o mapa de sistema viário, em que é possível destacar que o único meio terrestre para se chegar a BHRJ pelo Amapá é através da rodovia BR-156.

Figura 10: Mapa de vias da BHRJ



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

Em termos de acesso à bacia por meio do sistema rodoviário federal, a via existente é a rodovia BR-156, não pavimentada (figura 11), cujo traçado corta o estado do Amapá, conectando-se a sede do município de Laranjal do Jari/AP à capital Macapá.

Figura 11: Rodovia BR-156 entre os municípios de Laranjal do Jari e Macapá, não pavimentada.



Fonte: Edivan Silva, 12 de outubro de 2023.

Devido à ponte que conectaria Laranjal do Jari/AP a Monte Dourado/PA estar inacabada (figura 12), tendo sua construção iniciada no ano de 2002, o acesso ao distrito de Monte Dourado se dá por meio de Balsas e catraios (figura 13), que fazem a travessia de pessoas, mercadorias e veículos que precisam fazer esse deslocamento.

Figura 12: Estrutura da ponte sobre o rio Jari que ligaria Monte Dourado/PA a Laranjal do Jari/AP.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023

Figura 13: Balsa fazendo a travessia de carro e passageiros sobre o rio Jari.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

1.2.8 Precipitação

Atividades do setor produtivo, como as ligadas à agricultura, geração e distribuição de energia hidroelétrica, indústria, etc., são dependentes da variabilidade pluviométrica regional, tornando a população vulnerável ao comportamento e variabilidade do sistema climático.

Se tratando de precipitação, sabe-se que a Amazônia Oriental, principalmente os estados do Pará e Amapá, apresenta dois períodos característicos: um regime de chuva que ocorre no período de dezembro a maio, e o período de estiagem que ocorre durante o inverno e a primavera do hemisfério sul (SOUZA, et al. 2009).

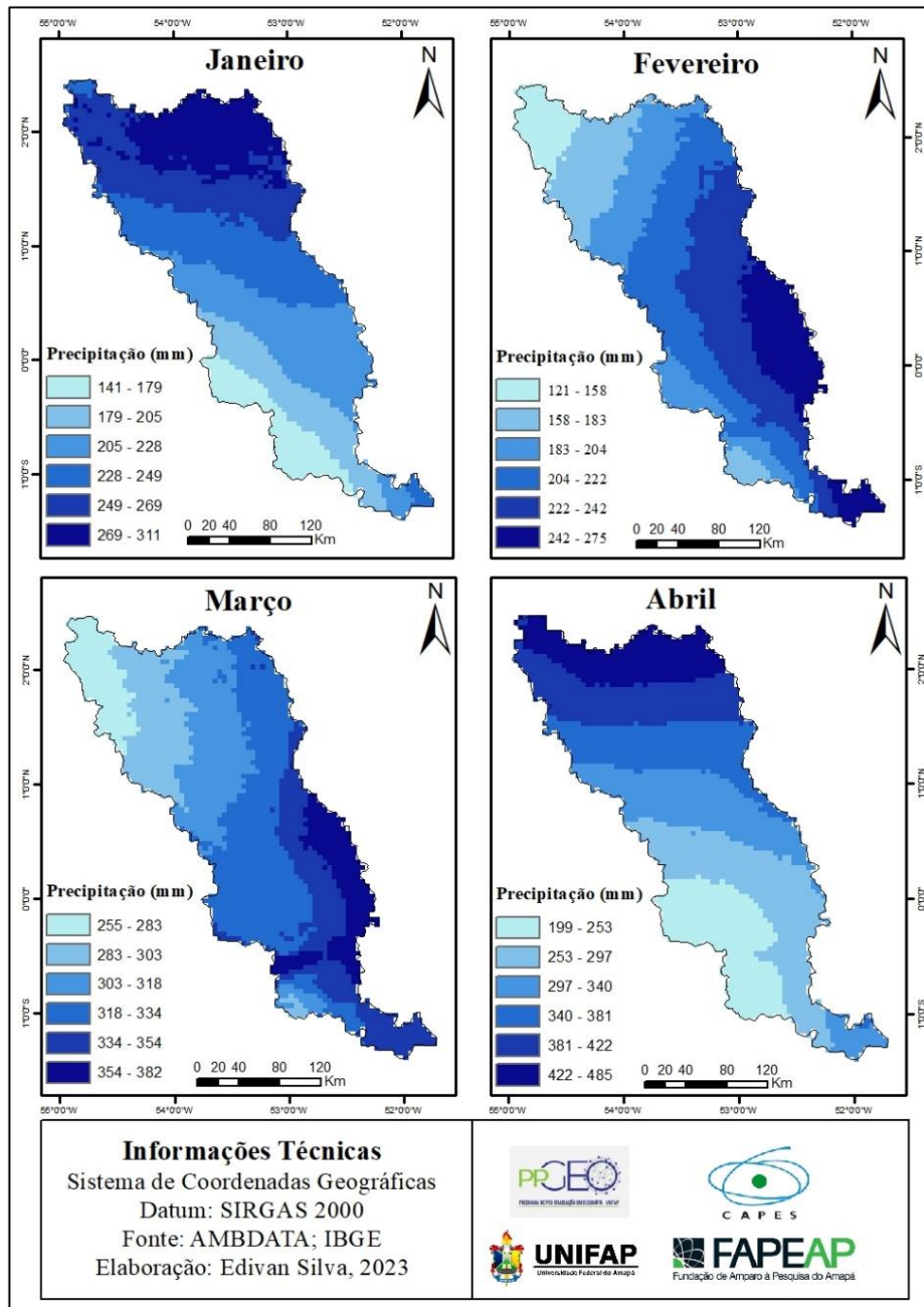
Conforme o Sistema Nacional de Informação Hidrológica (SNIH, 2014), a BHRJ possui uma vazão média de 1.278 m³/s e vazão de referência (Q95% igual a 163,3 m³/s, precipitação anual em torno dos 2.279 mm e evaporação anual de aproximadamente 1.585 mm.

Os dados de precipitação para a BHRJ foram coletados do site *worldclim*, que disponibiliza dados de precipitação mensais e históricos de forma gratuita. O ano selecionado para a confecção dos mapas foi o de 2021, sendo os dados mais atuais disponíveis.

Na figura 14 é possível observar os números de precipitação referentes ao primeiro quadrimestre na BHRJ, onde foi constatado que a precipitação ultrapassa os 100 mm durante todo esse período, chegando até 485 mm no mês de abril, sendo o mês mais chuvoso do ano.

O mês de janeiro se caracteriza por estar no início do “inverno amazônico”, apresenta altos índices de precipitação, em que suas cotas chegam até 311 mm. O mês de fevereiro apresentou as menores cotas de precipitação durante esse quadrimestre, tendo suas cotas de 121 mm até 275 mm. Já o mês de março, assim como o mês de abril, possui altos níveis de precipitação, tendo sua menor cota de 255 mm, chegando até 382 mm.

Figura 14: Mapa de precipitação da BHRJ dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril.

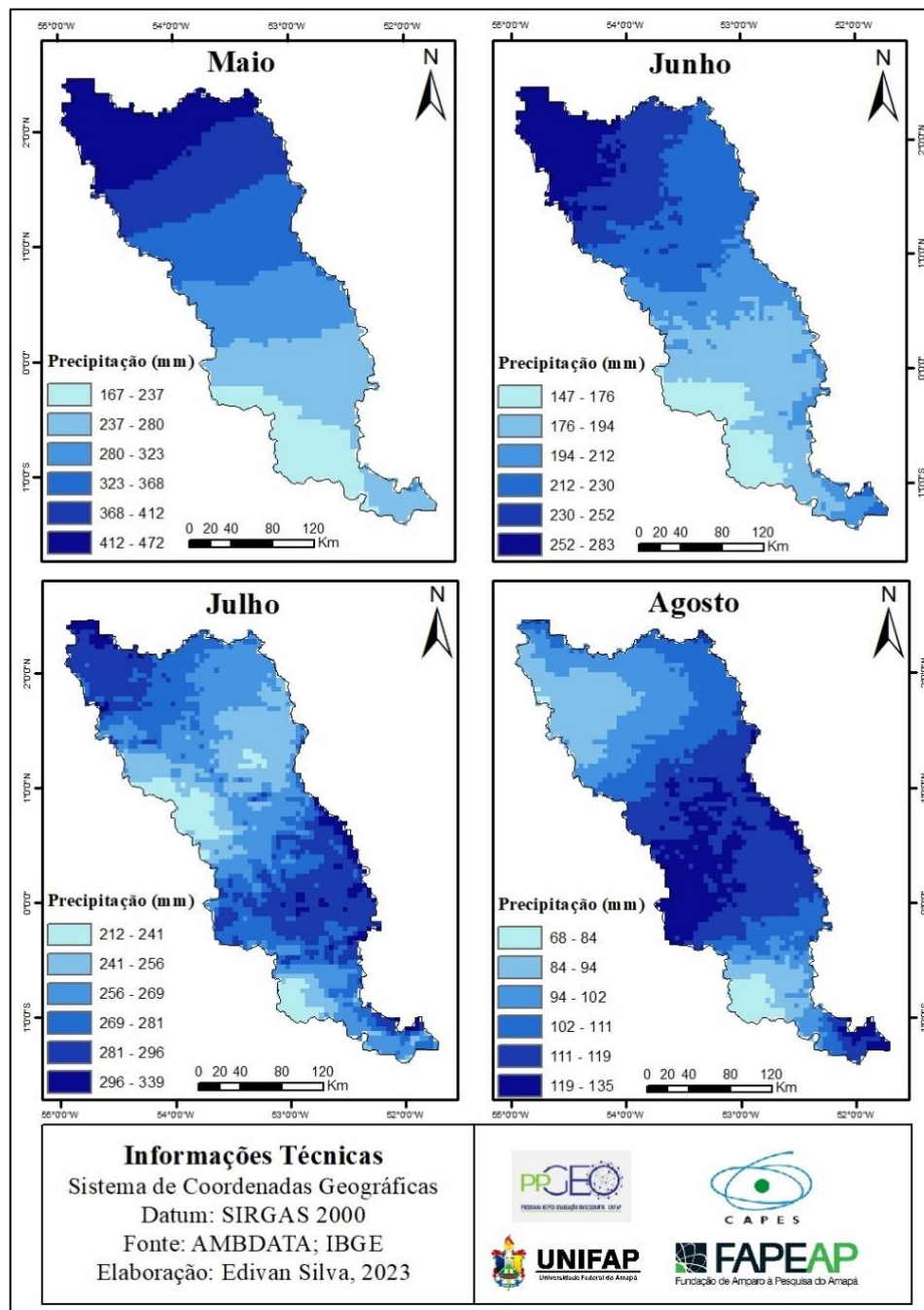


Elaboração: Edivan Silva, 2023.

O período que vai de maio a agosto (Figura 15) já é possível observar diferenças maiores nas cotas de precipitação, pois maio ainda se enquadra no período de chuva para essa região,

onde sua menor cota é de 166 mm e a maior de 472 mm. Os meses de junho e julho apresentam altos índices de precipitação, mas menores relacionados aos meses analisados anteriores, sendo junho possuindo a maior cota de 283 mm, e julho de 339mm. O mês de agosto apresenta dados em que é possível observar de forma mais intensa o período de estiagem na região, em que sua menor cota é de 66 mm e maior de 135 mm.

Figura 15: Mapa de precipitação da BHRJ dos meses de maio, junho, julho e agosto.



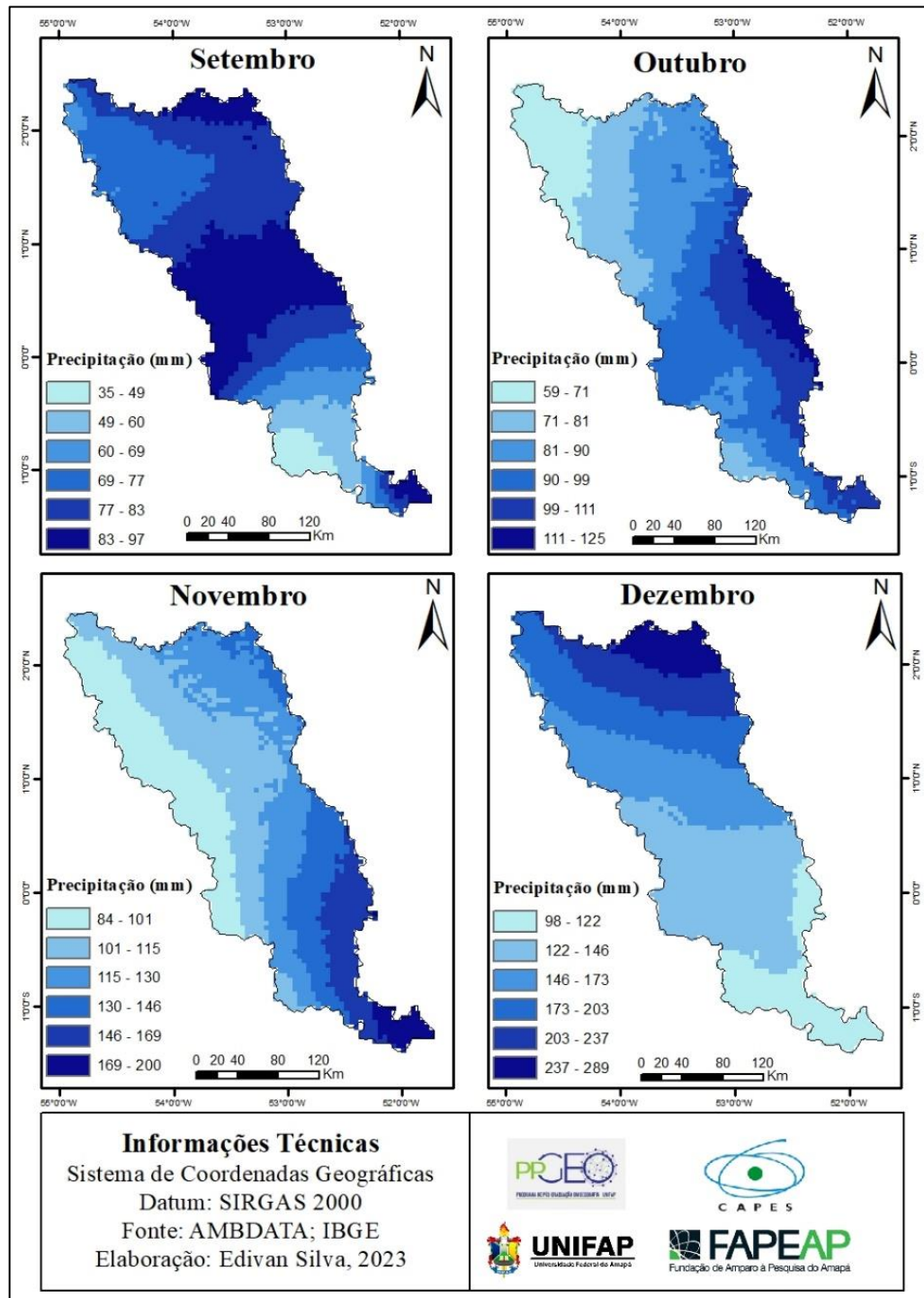
Elaboração: Edivan Silva, 2023.

Na figura 16 é possível observar o último quadrimestre do ano relacionado a precipitação. Setembro e outubro se caracterizam por serem os meses mais secos do ano, com

cotas mínimas de precipitação de 35 mm e máximas de 97 mm no mês de setembro, e mínimas de 59 mm e máxima de 125 mm no mês de outubro.

O mês de novembro dá indícios do início do inverno nessa região, com precipitação chegando à máxima de 200 mm. O mês de dezembro inicia o regime de chuva nessa região com cotas mínimas de precipitação de 96 mm e máximas de 289 mm.

Figura 16: Mapa de precipitação da BHRJ dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

A partir da análise dos mapas é possível inferir que a BHRJ apresenta alta variabilidade de precipitação, que é fortemente influenciada por dois sistemas atmosféricos tropicais: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Massa de Ar Equatorial Atlântica (mEa). A ZCIT atua como sistema gerador de chuvas intensas e organizadas na região, especialmente entre os meses de dezembro a maio, período de maiores índices de precipitação na BHRJ, quando se desloca para o sul.

Já a mEa se caracteriza como uma massa de ar quente e úmida proveniente do Oceano Atlântico, a qual contribui para o transporte constante de umidade para o interior da bacia, favorecendo a formação de chuvas.

Essa variabilidade nas chuvas exerce influência direta sobre o sistema hidrológico da BHRJ, promovendo períodos de cheias nos meses mais chuvosos, quando os rios e igarapés apresentam elevação em seus níveis e vazantes durante os períodos de estiagem, que ocorrem de julho a novembro. A alternância entre esses regimes afeta o fluxo hídrico, a dinâmica ecológica e as atividades humanas na região, como a navegação, o abastecimento de água e o uso do solo.

1.2.9 Áreas Protegidas

As áreas protegidas são instrumentos essenciais para a conservação e proteção da natureza. Dada a dimensão territorial da BHRJ e seus tipos de Unidades de Conservação (UCs), pode-se afirmar que BHRJ possui extensas áreas de preservação. A Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000 define critérios e normas visando o correto estabelecimento e gestão das UCs, a referida lei define as UCs como:

Um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Ainda consoante a Lei Federal n. 9985 de 18 de julho de 2000, as UCs se dividem em dois grupos com características específicas:

Unidades de Proteção Integral: tem por objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos em Lei. Se enquadram nesta categoria Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre.

Unidades de Uso Sustentável: são áreas cujo objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, compostas por Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, e Reserva Particular de Patrimônio Natural.

Na BHRJ existem dois tipos de proteção legal, uma pela biodiversidade presente na região e outra pela presença de Terras Indígenas (Figura 17). A partir dos dados do quadro 2, é possível observar que 50.942 km² da BHRJ são destinados a Unidades de Conservação.

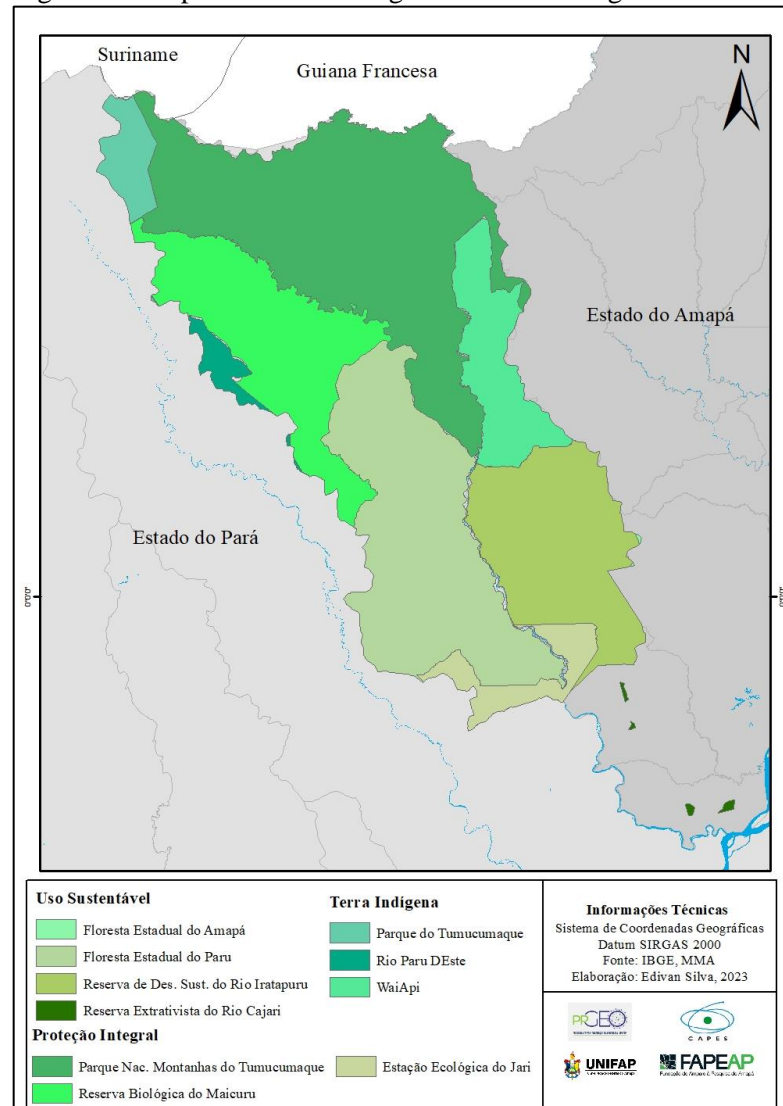
Quadro 2 – Unidade de Conservação e Terra Indígena na Bacia Hidrográfica do Rio Jari.

Nome da UC	Categoria	Área Total da UC– km ²	Área na BHRJ – Km ²	% da UC dentro da BHRJ
Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque	Proteção Integral	38.670	16.612,627	43,0
Estação Ecológica do Jari	Proteção Integral	2.310,93	1.646,77	71,0
Floresta Estadual do Amapá	Uso Sustentável	23.694	262,14	1,1
Floresta Estadual do Paru	Uso Sustentável	36.000	11.537,801	32,0
Reserva Biológica do Maicuru	Proteção Integral	11.517,61	7.530,622	65,38
Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Iratapuru	Uso Sustentável	8.061,84	7.499,94	93,0
Reserva Extrativista do Rio Cajari	Uso Sustentável	4.816	81,967	1,7
Parque do Tumucumaque	Terra Indígena	30.641,086	1.376,227	4,5
Rio Paru D’Este	Terra Indígena	11.957,998	710,342	6,0
Waiãpi	Terra Indígena	6.070,17	3.684,167	60,0

Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente.

Unidades de conservação que garantam a preservação integral dos recursos naturais (parques nacionais e estaduais, estações ecológicas, reservas biológicas, entre outras) e áreas protegidas que permitam o uso desses recursos (terras indígenas, reservas extrativistas, reservas de desenvolvimento sustentável e florestas nacionais), são componentes importantes da estratégia de controle do desmatamento (Soares-Filho et al., 2005).

Figura 17: Mapa de Áreas Protegidas e Terras Indígenas da BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

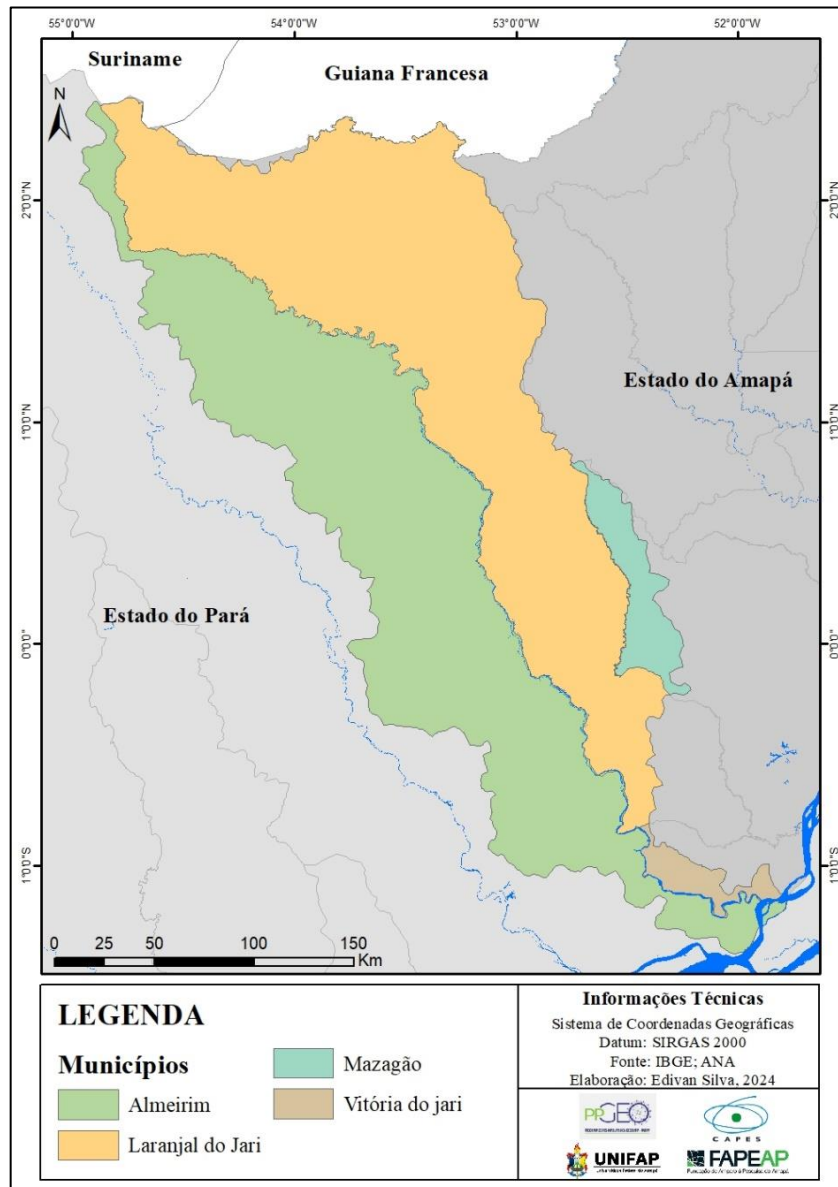
Além de exercerem seu papel natural de manutenção da diversidade local, as áreas protegidas desempenham uma importante função na manutenção do balanço clima-vegetação na Amazônia, atuando como uma barreira ao desmatamento (SOARES-FILHO et al., 2010).

1.3 Características Socioespaciais da BHRJ

De acordo com Dias e Oliveira (2015), a dinâmica de evolução da paisagem está diretamente relacionada aos aspectos socioeconômicos, visto que este exerce papel fundamental das alterações realizadas na paisagem.

Dada a sua dimensão territorial, a BHRJ abrange as áreas de quatro municípios: Laranjal do Jari, Mazagão e Vitória do Jari, no estado do Amapá, e Almeirim, no estado do Pará (Figura 18). Laranjal do Jari é o maior município em área territorial do estado do Amapá (30.783 km²) e possui 91% do seu território dentro da BHRJ, o que corresponde a 28.030,05 km².

Figura 18: Mapa da área de contribuição territorial dos municípios que compõem a BHRJ.



Elaboração: Edivan Silva, 2023.

O município de Mazagão possui 13.294,77 km² de extensão, desse total, 2.122,19 km² estão integrados à BHRJ, o que corresponde a 16%. Vitória do Jari está localizado no sul do estado do Amapá e é um dos menores municípios do Estado, com 2.508,97 km², sendo 1.052,82 km² dentro da BHRJ, o que representa 42% do município – Tabela 5.

O município de Almeirim é o único do estado do Pará que integra a BHRJ, possui 72.954,79 km² de área, sendo 36,7% incorporado à BHRJ, o que confere a 26.784,66 km².

Tabela 5: Área de contribuição dos municípios da BHRJ.

Estado	Município	Área Total do Município - km ²	Área na BHRJ – Km ²	% da área na BHRJ
Amapá	Laranjal do Jari	30.783	28.030,05	91,0
	Mazagão	13.294,77	2.122,19	16,0
	Vitória do Jari	2.508,97	1.052,82	42,0
Pará	Almeirim	72.954,79	26.784,66	36,7
Area Total da Bacia		57.989,74		

Fonte: IBGE, 2022.

Para fazer projeções de medidas que poderão ser realizadas no futuro, tendo em vista a melhoria dos recursos e ações de planejamento, se faz necessário conhecer a evolução da população residente na área.

A população que integra a BHRJ é distribuída pelos municípios que a compõe. Visto que a área do município de Mazagão que integra a Bacia não possui nenhum aglomerado populacional, este não integrou a base de dados populacionais da pesquisa. Situação semelhante ocorre com o município de Almeirim, que detém sua maior parte da população concentrada fora dos limites da Bacia, mas, diferente de Mazagão, possui o distrito de Monte Dourado, que concentra toda sua população dentro dos limites da Bacia.

O município de Vitória do Jari só foi criado no ano de 1994 por este motivo não possui dados populacionais para o ano de 1991. A partir dos dados da tabela 6, é possível inferir que o município de Laranjal do Jari concentra a maioria da população da Bacia e apresentava um crescimento acentuado até o ano de 2010, quando possuía uma população total de 39.942 habitantes, sendo 2.038 habitantes residindo em áreas rurais e 37.904 habitantes em áreas urbanas. Cenário esse diferente do observado no ano de 1991, da população total de 21.372 habitantes, 7.071 habitantes residiam na zona rural.

Tabela 6: Evolução do crescimento populacional da BHRJ nos anos de 1991, 2000, 2010 e 2022.

Município	População											
	1991			2000			2010			2022		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Laranjal do Jari	21.372	14.301	7.071	28.515	26.792	1.723	39.942	37.904	2.038	35.114	-	-
Vitória do Jari	-	-	-	8.560	6.880	1.680	12.428	10.302	2.126	11.291	-	-
Monte Dourado	15.724	7.201	8.523	12.881	6.858	6.023	10.590	5.582	5.008	-	-	-

Fonte: Adaptado da série histórica do IBGE.

O crescimento urbano da cidade de Laranjal do Jari está associado, portanto, à história do Projeto Jari. A origem da cidade, entre as décadas de 1960 e 1970, se deu de forma espontânea com o início de um pequeno aglomerado urbano às margens do rio Jari e, a partir

dos anos 1990, expandiu para as zonas topograficamente mais elevadas, de terra firme (SANTOS, 2012).

Oliveira (2011) destaca que, o município de Laranjal do Jari por ser o mais atingido por enchentes em todo o Estado do Amapá quando ocorrem eventos extremos de precipitação tem sido motivo de preocupação dos órgãos públicos de Defesa Civil e infraestrutura devido aos seus efeitos socioambientais negativos sobre a população considerada como eminentemente vulnerável. Verifica-se que a condição de vulnerabilidade e risco é decorrente da situação econômica e de profunda exclusão social resultante do histórico de ocupação desordenada do Vale do Jari. Ainda segundo a autora:

Os indicadores de vulnerabilidade socioambiental mostram claramente que a cidade de Laranjal do Jari sofre os impactos das cheias devido ao conjunto de fatores climáticos, socioeconômicos e infraestruturais que estão em desvantagem em relação à cidade de Monte Dourado. Os principais indicadores que explicam a situação de risco socioambiental são: renda, fonte de renda, escolaridade, localização do terreno, tipo de material da casa, abastecimento de água, destino do lixo e esgotamento sanitário. Se estes fatores são minimizados, os riscos diminuem (OLIVEIRA, 2011, p. 90).

O município de Vitória do Jari exibe um crescimento populacional no período de 2000 a 2022, apresentando um crescimento de 24,2% durante os 22 anos. Além de sua população ser menor que do Distrito de Monte Dourado no ano de 2000.

Diferente dos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari, o distrito de Monte Dourado mostra um decréscimo populacional ao longo dos anos, além de mostrar simetria entre a divisão da população que vive em área urbana e em área rural. No ano de 1991, o distrito possuía uma população de 15.724 habitantes, sendo 8.523 residentes em áreas rurais.

No ano de 2000, a população do distrito cai para 12.881, mas, diferente do ano de 1991, a maioria da população se encontra em áreas urbanas. Situação semelhante ocorre no ano de 2010, mostrando decréscimo populacional e maior parte da sua população residindo em áreas urbanas.

A tabela 7 apresenta o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do município de Laranjal do Jari, composto por 3 dimensões do desenvolvimento humano: Educação (IDHM-E), Longevidade (IDHM-L) e Renda (IDHM-R). Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano.

No ano de 1991, o IDHM-E do município de Laranjal do Jari chegou a 0,109 e 0,258 no ano de 2000, o que são considerados valores “Muito Baixo”, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil. No ano de 2010, esse valor chega a 0,573, considerado um valor “Baixo”.

Diferente do IDHM-E, o IDHM-L apresentou valores acima do considerado “Médio” em 1991; 0,728 no ano de 2000; e 0,781 no ano de 2010, valores esses considerados “Alto”. O IDHM-R do município não apresenta crescimento acentuado durante o período analisado, chegando a 0,599 no ano de 1991; 0,593 no ano de 2000 e 0,641 no ano de 2010.

Tabela 7: IDHM; IDHM-E; IDHM-L e IDHM-R do município de Laranjal do Jari/AP.

Ano	Laranjal do Jari			
	IDHM	IDHM-E	IDHM-L	IDHM-R
1991	0,349	0,109	0,649	0,599
2000	0,481	0,258	0,728	0,593
2010	0,665	0,573	0,781	0,641
2020	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

A tabela 8 mostra o IDHM relacionado ao município de Vitória do Jari. Como abordado anteriormente, o município de Vitória do Jari só teve sua criação no ano de 1994, fazendo com que não se obtenha dados para o ano de 1991. O IDHM-E do município apresenta valores considerados “Muito Baixo” e “Baixo” ao longo do período analisado.

O IDHM-L já apresenta valores considerados “Médio” 0,670 em 2010 e “Alto” 0,781 em 2010. O IDHM-R fica na faixa de valores considerados “Baixo” durante o período analisado.

Tabela 8: IDHM; IDHM-E; IDHM-L e IDHM-R do Município de Vitória do Jari/AP.

Ano	Vitória do Jari			
	IDHM	IDHM-E	IDHM-L	IDHM-R
1991	-	-	-	-
2000	0,459	0,271	0,670	0,534
2010	0,619	0,517	0,781	0,587
2020	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

Este primeiro capítulo buscou caracterizar de forma quantitativa e qualitativa os aspectos físico-geográficos e socioeconômicos da BHRJ, para tanto, utilizou-se dados disponibilizados de forma gratuita em acervo disponível de forma online de instituições como IBGE e Ministério de Meio Ambiente (MMA). Esses dados são fundamentais para entender a dinâmica da paisagem da Bacia, além de ajudar a compreender as mudanças que ocorrem nela.

Pelo diagnóstico observado, é possível constatar que há necessidade de implantação de um planejamento adequado, pois a BHRJ, apesar de dispor de grande disponibilidade hídrica, apresenta uma ocupação por atividades industriais e de aglomerados urbanos que podem gerar impactos ambientais significativos nos seus cursos naturais.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A categoria Paisagem na análise da cobertura e uso da terra

O propósito de modelar a dinâmica da paisagem é simular mudanças espaço-temporais dos elementos que a compõem, atrelados a uma territorialidade. Essa concepção permite compreender os mecanismos que influenciam as mudanças e, assim, avaliar como um sistema evolui diante de um conjunto de circunstâncias definidas pelo analista (LIMA, 2014).

Segundo Barbosa e Gonçalves (2014), o termo paisagem nos remete à diversas interpretações, tanto na Geografia como em outros campos do conhecimento. Conforme analisa Luchiari (2001), a construção do conceito de paisagem na Geografia ocorreu sob a influência do racionalismo positivista, de um lado, e do romantismo e idealismo, de outro. Na perspectiva racionalista, a paisagem foi apreendida por meio de uma racionalização objetiva, fortemente ligada à ciência, a partir da apreensão visual de objetos vestidos de formas e passíveis de descrição fisiológica.

A paisagem emerge na análise geográfica carregada de simbolismo, sendo responsável pela constituição do imaginário social que orienta a ação dos atores sociais e, ao mesmo tempo, mediatiza sua representação do território. Neste sentido, a paisagem como categoria social é construída pelo imaginário coletivo, historicamente determinado, que lhe atribui uma função social específica (VITTE, 2007).

Os estudos sobre a paisagem, inicialmente focados na descrição das formas físicas da superfície terrestre, passaram a incorporar gradativamente os impactos da ação humana sobre o ambiente ao longo do tempo. Dessa forma, distinguiram-se as paisagens culturais das paisagens naturais, sem perder de vista suas interligações. A ação humana, nesse contexto, passou a ser considerada um fator decisivo ou mesmo determinante na transformação da paisagem (SALGUEIRO, 2001).

Pode-se, por conseguinte, assinalar a emergência de um novo olhar sobre a paisagem. Não é composto de elementos estáticos fixados visualmente: os componentes da paisagem são vinculados por processos, que são mesmo a expressão da continuidade do meio. A paisagem torna-se ao mesmo tempo, um processo natural e a metáfora de uma interdependência entre os elementos da natureza (FROLOVA, 2007, p. 164).

A paisagem é um conceito fundamental da ciência geográfica e, como tal, é alvo de definições, estudos e reflexões há várias décadas, por parte, principalmente, da Geografia Física. A partir da segunda metade do século XX, este conceito adquiriu importância capital,

pois muitos estudos propostos desta época a consideravam uma categoria de análise fundamental dos estudos da vertente física da Geografia (SILVA, 2018).

O homem sempre buscou representar a paisagem através da arte, poesia e, posteriormente, passou a conceitua-la cientificamente para a construção de teorias e métodos, acordadas com as várias perspectivas de análise. Assim, durante a incessante busca de interpretação, a paisagem agregou inúmeros significados, onde conceitos e métodos se diversificaram e os estudos decorrem de uma abordagem inicialmente ligada à análise dos componentes biofísicos, mas que se diversificou na direção de uma abordagem analítica que integrasse aspectos físicos e antrópicos. Portanto, a paisagem, como campo da ciência geográfica, ganhou destaque como instrumento para a análise e interpretação da realidade (SANTOS, 2019, p. 23).

De acordo com Martins et al. (2014), o estudo da paisagem está diretamente relacionado à natureza e, sobretudo, com a relação do homem com ela. A ocupação do espaço pelo ser humano está em constante transformação, de modo a atender suas necessidades e bem-estar, o que gera paisagens continuamente modificadas. Nesse sentido, Oliveira (2019), destaca que, à que o espaço é produzido para atender à ordem hegemônica, a paisagem vai sendo modificada.

Para Bertrand (1969), a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos distintos. Trata-se do resultado da combinação dinâmica – e, portanto, instável – de fatores físicos, biológicos e antrópicos que interagem dialeticamente, tornando a paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução.

Além disso, Bertrand (1969) enfatiza que a paisagem também é permeada por um conteúdo sistêmico, cuja funcionalidade é marcada por relações explícitas de interrelação e interdependência. O reconhecimento de uma dinâmica própria e de uma evolução contínua pressupõe uma interpretação que leva em conta os fluxos de massa e energia que se processam em um sistema, exercendo influência em suas formas, sua organização interna e suas conexões com outros sistemas.

A paisagem pode ser compreendida a partir das formas que foram modeladas ao longo da história e que ainda existem no presente. O desenvolvimento da sociedade é um fator determinante na configuração dessas paisagens, pois a intensidade da interferência antrópica define a importância relativa das variáveis que as compõem (PIMENTEL et al., 2018). Já em relação ao espaço, as formas que compõem a paisagem preenchem no presente momento uma função atual, como resposta às necessidades atuais a que a Sociedade está inserida (MARTINS, et al., 2014).

Defende-se que a paisagem é materializada por meio da interação entre as formas e processos naturais e antrópicos, que se organizam em um conjunto complexo e indissociável ao longo de uma determinada série histórica. Além disso, as discussões sobre os sistemas da Terra

têm se alinhado a novos desafios impostos pelas rápidas transformações econômicas, políticas e culturais, resultando em questões socioambientais e tecnológicas emergentes (OLIVEIRA, 2021).

A geração da paisagem é o resultado da intencionalidade humana na superfície terrestre. Seja no passado ou no presente, por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. De acordo com Rauber (2019, p. 64), “A paisagem constitui-se numa categoria da Geografia importante e fundamental para a análise ambiental e espacial, uma vez que permite compreender os distintos processos de transformação decorrentes da articulação entre sociedade e natureza”.

A relação entre o homem e a natureza se estabelece pelo modo como a sociedade se organiza para acessar e utilizar os recursos materiais e energéticos disponíveis na paisagem. Essa apropriação ocorre por meio de atividades socioeconômicas diversas, sejam elas contemplativas ou intervencionistas, podendo ser analisada de forma relativamente objetiva (FERREIRA, 2010).

A análise da paisagem, o entendimento das transformações que nela ocorrem, sua complexidade e a interdependência entre os elementos que a compõem são de grande importância, especialmente diante da acelerada dinâmica das alterações e do processo de degradação do ambiente, fato que vem gerando preocupações ao nível local e global (LIMA, 2014).

A observação do desenvolvimento de paisagens no tempo é um importante pré-requisito para entender os processos que estão ocorrendo e para o prognóstico de tendências futuras. Para muitas tarefas dos órgãos de planejamento e do meio ambiente, a documentação da condição atual e a detecção de mudanças são de significado central. Em especial, a proteção à natureza, por estar relacionada ao espaço, tem uma grande necessidade de dados atualizados e espaciais (LANG & BLASCHKE, 2009, p. 344).

No contexto do planejamento ambiental, a disponibilidade de dados de sensoriamento remoto e de modelos de representação da dinâmica da paisagem permite o acompanhamento das modificações espaciais da paisagem ao longo do tempo e permite prever, com antecedência, como a paisagem irá se comportar no futuro. Assim, esses instrumentos podem auxiliar no suporte à decisão para a formulação de programas e projetos visando à conservação ambiental e o uso adequado da terra em uma paisagem em constante transformação (FAVA & SILVA, 2011).

Estudos de análise espacial com o emprego de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica favorecem a compreensão da dinâmica da paisagem. Estas ferramentas auxiliam nos seguintes propósitos: (a) descrever e monitorar os padrões da cobertura da terra,

(b) evidenciar as mudanças presentes no sistema sociedade-natureza; e (c) estabelecer modelos para prever eventos e definir estratégias de uso sustentável (PEREIRA et al., 2014).

2.2 A Bacia Hidrográfica como categoria de análise

Historicamente, as grandes bacias hidrográficas foram os tipos de ecossistema nos quais a idealização de crescimento econômico do país criou perceptíveis transformações, dentre as quais encontram-se a retirada das coberturas florestais (SOUZA, 2010).

Segundo Piroli (2013), a unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza, considerando os processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área.

O manejo inadequado dos recursos naturais tem como consequência a crescente degradação desse meio. Assim, a gestão de bacias hidrográficas vem se aprofundando, pois ela é considerada a unidade para o planejamento e conservação do ambiente natural e urbano. Conforme Vieira et al. (2015), a análise de bacias hidrográficas, no que tange ao acompanhamento temporal da cobertura e uso da terra, é de fundamental importância para a manutenção de recursos naturais e da biodiversidade em ecossistemas em geral.

Tucci (1997) define bacia hidrográfica como uma área natural de captação de água das precipitações, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies, vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Barella (2001) complementa, definindo a bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formado por divisores de água em regiões mais altas do relevo, onde a água das chuvas, ou escoam formando superficialmente os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

A bacia hidrográfica pode ser então considerada um sistema integrado. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (Porto & Porto, 2008).

Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (PORTO & PORTO, p. 45, 2008).

A utilização da bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais. Com isso, pode proporcionar-se o desenvolvimento econômico e social da respectiva população que usufrui do recurso, bem como a sustentabilidade, mitigando o impacto negativo na qualidade de vida (Bordallo, 1995).

2.3 Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra

A expressão “cobertura da terra” representa atributos da superfície e do subsolo, como solo, relevo, águas superficiais e subterrâneas, além de estruturas humanas. Por outro lado, “uso da terra” diz respeito aos fins para os quais a terra é utilizada pela população local (LAMBIN et al., 2000). Estudos sobre cobertura e uso da terra são importantes nas análises ambientais, pois permitem identificar a condição das relações entre a sociedade e a natureza.

Para Adami (2011), a dinâmica espacial dos usos das terras está entremeada em uma totalidade que envolve o meio físico, as demandas econômicas e os efeitos sociais. As ações humanas promovem a ocupação do espaço, seja para a agricultura, seja para a exploração de matérias-primas, ou para a construção de estruturas para a vida em sociedade. Ao longo da história, a humanidade promoveu diversas modificações nas características de seu ambiente, resultando em diferentes paisagens (FAVA E SILVA et al., 2011).

Pisani et al. (2016) destacam que o uso e a cobertura da terra influenciam diretamente na configuração dos fenômenos ambientais, como os processos hidrológicos, os relacionados à erosão do solo, à conservação dos recursos naturais, aos elementos climáticos, entre outros, sem deixar de considerar sua importância política, econômica e social. Mapas de cobertura e uso da terra são importantes instrumentos de gestão territorial, em particular quando capazes de representar a dinâmica de ocupação (SOUSA et al., 2014).

O uso de técnicas específicas procura auxiliar no planejamento e na análise do uso da terra, que tenham como finalidade contribuir com projetos e iniciativas de crescimento ordenado que ofereçam um impacto reduzido ao meio ambiente. Afinal, o uso da terra pode ser entendido como a forma pela qual o espaço é ocupado pelo homem. Dessa forma, o levantamento e as constantes atualizações referentes ao uso da terra tornam-se de grande importância para a compreensão da organização espacial (STANGANINI, 2016, p. 5).

Mudanças no uso da terra resultam de decisões tomadas por diferentes atores locais em resposta a contextos econômicos e políticos diversos. Compreender esse processo de tomada

de decisão sobre o uso da terra é fundamental para explicar padrões e tendências e dar suporte à criação de mecanismos eficazes de governança (NASCIMENTO, 2019).

As mudanças no uso e cobertura da terra são orientadas por processos econômicos, e frequentemente estão associadas com demanda de crescimento do mercado nacional ou internacional. Hinata et al. (2023) consideram que mudanças no uso e cobertura da terra podem ser entendidas como a forma pela qual o espaço geográfico é ocupado pela sociedade, e o levantamento dessas transformações são importantes para a compreensão dos padrões de evolução de uma área.

Para Rezende (2017), os estudos espaço-temporais sobre a mudança de uso e cobertura da terra se tornam importantes para entender a dinâmica local e para o monitoramento ambiental. O avanço desses estudos e das ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto permitem não só analisar o passado e presente, mas também fazer proposições futuras a fim de simular como a área estudada estará daqui a alguns anos, levando em consideração aspectos físicos e socioeconômicos.

Lang e Blaschke (2009) ressaltam que dados atualizados sobre a cobertura e uso da terra são necessários tanto como base na tomada de decisões para o planejamento de medidas relevantes de proteção à natureza, como também para o controle sobre o êxito de tais medidas. É preciso ressaltar que o monitoramento do uso e cobertura da terra de uma dada região é fator primordial no planejamento racional da utilização da terra, principalmente devido à grande velocidade de ocupação do espaço físico e às constantes transformações e modificações do uso deste (FERRARI, 2008).

A modelagem da dinâmica espacial torna-se um tema relevante nas ciências geográficas e ambientais. Essa abordagem permite simular, em ambiente computacional, fenômenos dinâmicos espaciais que ocorrem tanto no meio urbano quanto no meio ambiente natural (STANGANINI, 2016).

2.4 Sistema de Informação Geográfica e Modelagem Dinâmica

Durante este início do século XXI, vivemos uma revolução geotecnológica, que vem tornando acessíveis recursos inimagináveis até poucas décadas atrás, tais como ferramentas de modelagem e simulação espacial. Dessa forma, as aplicações envolvendo as geotecnologias baseiam-se no princípio da espacialização de fenômenos e objetos, com o uso dos sensores imageadores georreferenciados aéreos e orbitais. Isso permite à ciência geográfica a capacidade de potencializar e diversificar as investigações, envolvendo as ações humanas e os fenômenos naturais na superfície terrestre (Oliveira, 2021).

A modelagem dinâmica de sistemas ambientais é uma metodologia utilizada para estudar e gerenciar sistemas complexos que se transformam ao longo do tempo. Mudanças climáticas, disposição de resíduos sólidos, despejos de efluentes em corpos hídricos, entre outros, são exemplos de dinâmicas interdisciplinares complexas que interconectam os sistemas ambientais, sociais e econômicos, desafiando a compreensão humana (GONÇALVES et al., 2020).

Uma das maiores potencialidades de aplicação das modelagens espaciais está nas áreas de planejamento territorial, principalmente no que tange as simulações relacionadas ou crescimento urbano, ordenamento territorial, preservação de áreas ambientais, unidades de recursos hídricos, etc. (STANGANINI, 2016).

As geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias para coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações com referência espacial geográfica. No rol das geotecnologias se destacam o geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sensoriamento remoto por satélites, entre outros.

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados e ou informações espaciais ou georreferenciadas. É importante observar que informações georreferenciadas têm como característica principal o atributo de localização, ou seja, estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por meio de suas coordenadas (ZAIDAN, 2017).

Por ser um instrumento de processamento rápido e eficiente, o geoprocessamento tem sido utilizado cada vez mais nas análises ambientais, possibilitando acompanhar fenômenos naturais dinâmicos da natureza, como também o desenvolvimento de fenômenos antrópicos em tempo real, colaborando na investigação da adequação do uso da terra (ROMAGNOLI, et al., 2012).

Por ter grande eficiência em diagnósticos ambientais, o geoprocessamento apresenta grande potencialidade no que se refere ao monitoramento dos problemas ambientais, permitindo a manipulação de diversos dados e informações e também a representação cartográfica destes, assim, para auxiliar no levantamento de dados básicos sobre os recursos naturais, o uso do geoprocessamento torna-se mecanismo viável para as análises ambientais e base para futuras tomadas de decisões (PIROLI, 2013).

Os Sistemas de Informações Geográficas são considerados uma das técnicas mais eficientes disponíveis no tratamento de informações espaciais, que são consideradas atualmente requisitos necessários para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio-

ambiente, tão pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de seu uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação e utilização da terra, é preciso dispor dessas técnicas que os SIG oferecem para prover de referências espaciais a ordenação dessa ocupação, passíveis de tratamentos automatizados (FERRARI, 2008).

Ademais, a disponibilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite armazenar dados espaciais e não-espaciais e realizar análises ao integrar dados de diferentes fontes, como mapas analógicos e digitais, produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de videografia), dados de campo, dados censitários, entre outros (ROSSETI, 2011). A utilização combinada dessas tecnologias aplicadas à análise de bacias hidrográficas e a incorporação de modelagem ambiental para a simulação de cenários permitem avaliar de forma quantitativa a estruturação e a dinâmica do espaço, proporcionando melhor visualização da realidade e dos elementos responsáveis pelas transformações espaço-temporais.

O presente capítulo teve como objetivo revisar fundamentos teóricos sobre a análise de alterações em paisagens e a geração de cenários prognósticos. Para tanto, a revisão foi focada em estudos que buscaram aliar a base conceitual de análise da estrutura da paisagem e bacias hidrográficas, e modelagem dinâmica espacial baseada em SIG com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

CAPÍTULO 3

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 BHRJ – Tabela 9.

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.

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 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 9: 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
Cobertura Vegetal	Vetorial (polígono)	2021	IBGE	Caracterização da área de estudo
Vias	Vetorial (linha)	2024	Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL)	Variável explicativa no modelo de cobertura e uso da terra
Mapas de precipitação mensal	Matricial	2021	AMBDATA	Caracterização da área de estudo
Unidades de Conservação e Terra Indígena	Vetorial (polígono)	-	MMA	Caracterização da área de estudo;

Contribuição territorial dos municípios que compõem a BHRJ	Vetorial (polígono)	2021	IBGE	Caracterização da área de estudo
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.

Uma das etapas que compõe a preparação dos modelos de uso e cobertura da terra na plataforma Dinamica EGO é a seleção de uma base histórica de alterações. Para isso, os trinta anos de estudo foram divididos em três períodos de 10 anos: de 1990 a 2000, 2000 a 2010 e 2010 a 2020. A escolha de diferentes datas é importante porque a análise de informações obtidas em um único momento, embora tenha seu valor para compreender aspectos da paisagem, é insuficiente para revelar sua dinâmica de transformação. Para analisar de fato as mudanças, é necessário monitorar a paisagem ao longo do tempo e identificar as sucessões de alterações.

Através dessas análises, é possível gerar uma linha do tempo comparativa, apresentando as alterações que a área estudada sofreu no decorrer do tempo, visto que as mudanças ao longo do tempo indicam que ocorreu alteração no uso da terra. A partir do momento que as diferenças são detectadas, é possível mensurar, quantitativamente, as mudanças encontradas.

Para se identificar essas modificações, se fez uso do banco de dados sobre cobertura e uso da terra do Projeto MapBiomias, 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 sensoreadas remotamente (Projeto MapBiomias, 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 MapBiomias 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).

3.1 Plataforma DINAMICA-EGO como Simulador de Cenários

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).

Chwif e Medina (2006) trazem algumas características do que seja simulação. Segundo os autores, a simulação não prevê o futuro, o que pode ser previsto (com certo nível de confiança) é o comportamento de um sistema baseado em dados de entrada específicos e respeitando um conjunto de premissas. Além disso, a simulação não substitui o pensamento humano no processo de tomada de decisões, mas pode auxiliá-lo.

A projeção de cenários consiste em uma estimativa do que pode acontecer em determinada paisagem, caso as tendências do período anterior se mantenham no período simulado (FAVA e SILVA et al., 2011).

O Dinamica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*) é um programa de simulação de dinâmicas da paisagem baseado em autômatos celulares, implementado por meio de algoritmos empíricos de alocação do uso da terra. É um *software* gratuito desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais. O programa foi escrito em linguagem C++ orientada a objetos e interface gráfica escrita em Java (GRIGIO, 2008).

De acordo com Martins (2024), um autômato celular consiste em uma rede uniforme regular (ou “matriz”), geralmente de extensão infinita, com uma variável discreta em cada célula. O autômato celular evolui em intervalos de tempo discretos, no qual o valor da variável

em uma célula é afetado pelos valores das variáveis das células em sua “vizinhança” no período anterior.

O software Dinamica EGO é utilizado como uma plataforma de simulação para modelos de mudanças na paisagem, objetivando calibrar, executar e validar os modelos e, dessa forma, criar e estocar dados para a geração de cenários prognósticos futuros de alterações na paisagem (LIMA, 2014). O Dinamica usa como entrada um conjunto de mapas, a saber: um mapa da paisagem inicial – por exemplo, um mapa de uso e cobertura da terra, obtido a partir da classificação de imagens de satélite; um mapa do tempo de permanência de cada célula no seu estado atual; e um conjunto de variáveis cartográficas, que se dividem em dois tipos, estáticas e dinâmicas, sendo as últimas recalculadas em cada iteração do programa. As variáveis cartográficas – solo, vegetação, distância às estradas, altitude, declividade, etc. – são combinadas através da definição de seus pesos de evidência, para gerar os mapas de probabilidade de transição (SOARES-FILHO et al., 2007).

3.2 Simulação de Alterações na Cobertura e Uso da Terra na Plataforma DINAMICA EGO

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).

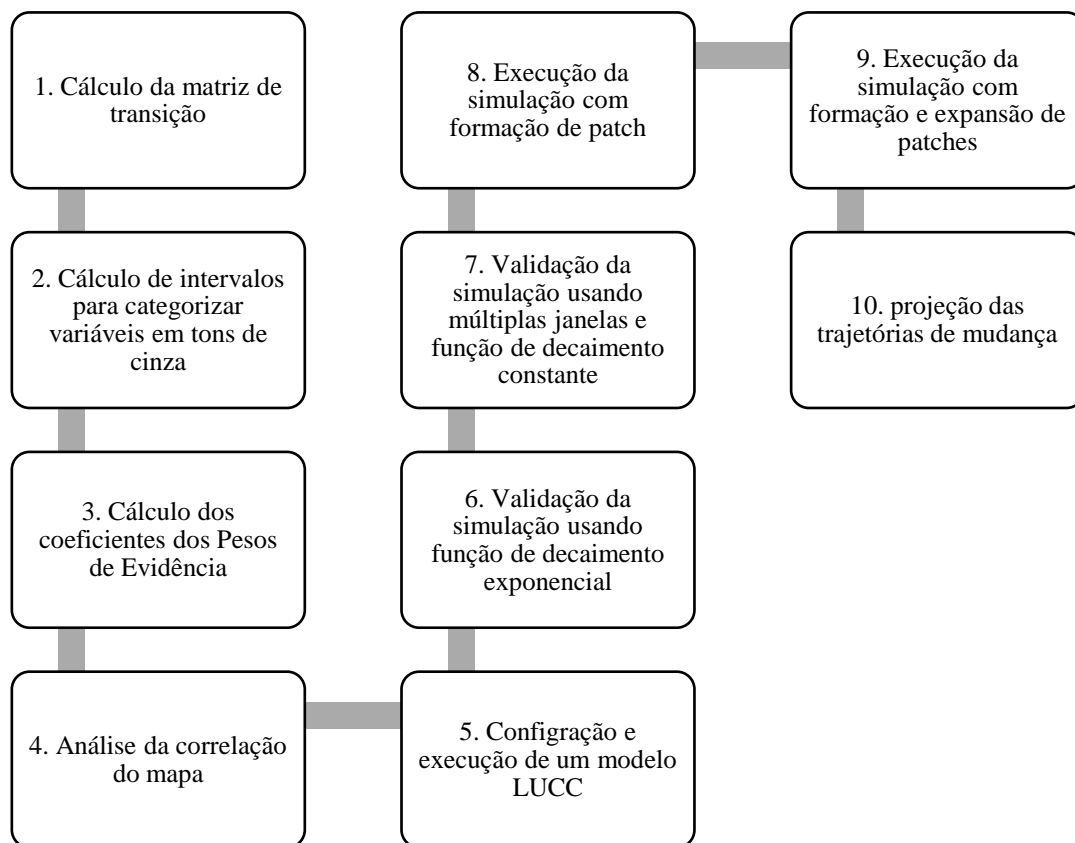
O desenvolvimento da modelagem na plataforma Dinamica EGO envolve três etapas fundamentais: parametrização, calibração e validação. A parametrização consiste no conjunto de métodos ou rotinas para conferir pesos às variáveis de entrada. A calibração, por sua vez, refere-se ao procedimento iterativo de 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 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 19): 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 19: Esquema das 10 etapas utilizadas simulação na simulação de cenários



Fonte: Adaptado de Dinâmica EGO.

A construção de um modelo de simulação tem como propósito fornecer subsídios sobre o estado atual da paisagem que possam fornecer indicações do seu potencial para se tornar algo diferente, diante de diversos conjuntos de condições. O primeiro passo na construção de um modelo de dinâmica de paisagem consiste no mapeamento dos padrões mutáveis de uso e cobertura da terra da região escolhida para estudo (SOARES-FILHO et al., 2007).

O uso dessas ferramentas não tem o intuito de “prever” o futuro de forma determinística, mas sim representar as possibilidades de desenvolvimento sobre condições específicas que podem auxiliar na implementação de políticas e intervenções ambientais, na tomada de decisão e mitigação de potenciais consequências negativas das ações (OLIVEIRA, 2012).

Os mapas dos elementos da paisagem foram produzidos e divididos em dois grupos: mapas dinâmicos, cujos elementos da paisagem sofrem alterações ao longo do processo de modelagem, e os mapas estáticos, que não sofrem alterações ao longo do processo de modelagem.

Um aspecto fundamental na modelagem é a padronização dos mapas de entrada. Todos os dados devem possuir o mesmo sistema de coordenadas, garantindo que as matrizes possuam a mesma quantidade de colunas e linhas. Para garantir compatibilidade, todas as variáveis espaciais foram ajustadas de acordo com os seguintes critérios: formato raster (.tif); sistema de referência Datum SIRGAS 2000 e mesmos parâmetros espaciais.

Tratando-se dos componentes básicos do modelo LUCC, Soares-Filho (1998) destaca três componentes: configurações iniciais (consistem na elaboração de mapas multitemporais de uso da terra); funções de mudança (conjunto de regras lógicas e matemáticas do modelo em relação às transições nos tipos de uso no espaço e no tempo, gerando novas configurações de saída para projeções futuras); e configuração de saída (distribuição de terras a partir de combinações entre as classes e variáveis empregadas no modelo).

3.2.1 Parametrização do Modelo

a. Geração das Matrizes de Transição

A matriz de transição é responsável por fornecer ao algoritmo de simulação o percentual de mudanças de uma classe de uso para outra. Essa informação é obtida por meio da tabulação cruzada dos mapas de classes de uso da terra do período selecionado (mapa inicial e mapa final) (ROSSETI, 2011).

Segundo Andrade (2016), o cálculo das matrizes de transição é feito por meio de tabulação cruzada, de modo a quantificar e detectar as mudanças no uso da terra ao longo do

período analisado. Através dessas matrizes são obtidas as taxas de transição, que definem a quantidade de mudanças em termos de classes de uso. As taxas líquidas (adimensionais) representam o percentual de área alterada, enquanto as taxas brutas expressam essas mudanças em unidades de área (hectares ou km²) por unidade de tempo.

A matriz de transição descreve um sistema que muda em incrementos de tempo discretos, no qual o valor de qualquer variável em um determinado período é a soma de porcentagens fixas de valores de todas as variáveis no intervalo de tempo anterior. As taxas de transição definem a quantidade líquida de mudanças, ou seja, o percentual de terra que mudará para outro estado (atributo uso e cobertura da terra), e por isso são conhecidas como taxas líquidas, sendo adimensionais.

Nessa fase de estudo, foram utilizados apenas os mapas dinâmicos de paisagem. A partir desses mapas, são gerados os seguintes dados no *software* Dinamica EGO: quantidade de células que sofreram transição de uma classe para a outra no recorte temporal escolhido; e os percentuais de células que sofreram transição de uma classe para a outra de acordo com o recorte temporal. O processamento foi efetuado para cada par de *layers* ou período de análise, onde a plataforma de modelagem gera duas matrizes de transição: matrizes simples (*single step*) e múltiplas (*multiple step*).

A matriz de passo único (*single step*) corresponde a um período representado por um único passo de tempo, por sua vez, a matriz de passos múltiplos (*multiple step*) corresponde a um período representado por múltiplos passos de tempos (LIMA, 2015). Neste estudo, cada passo de tempo descrito representa um ano decorrido.

As transições mais expressivas, analisadas a partir dos mapas dinâmicos de cada período, serão utilizadas em todo o processo de modelagem dinâmica. Onde inicialmente, serão cruzadas em cada mapa estático, identificando as variáveis espaciais que podem explicar essas mudanças.

b. Cálculo das Faixas para Discretização das Variáveis Contínuas

As variáveis consistem nos fatores ou evidências cartográficas que influenciam a magnitude e a localização das mudanças ocorridas na paisagem. As variáveis podem ser classificadas como estáticas (mantêm-se constantes ao longo da simulação e são organizadas em classes temáticas pré-definidas), e dinâmicas, apresentam valores contínuos e podem se alterar ao longo da execução do modelo (FAVA E SILVA et al. 2011).

Para a discretização dos dados das variáveis contínuas fornecidos como entrada de dados, utilizou-se os mapas de uso da terra inicial e final do período selecionado (1990 a 2020) e o cubo de variáveis estáticas, que são aquelas que se mantêm constantes ou inalteradas ao

longo da simulação. Estes mapas são utilizados na calibração e ajudam o modelo a entender onde ocorrerão as transições.

Inicialmente é usado o modelo *Determine Weights of Evidence Rangers*, em que é calculado faixas de distância a partir das variáveis espaciais estáticas ou dinâmicas expressas em escalas contínuas de cinza para posterior derivação dos Pesos de Evidência. O modelador permite determinar o número de intervalos e altera o tamanho dos buffers pré-determinados, tendo como objetivo preservar a estrutura dos dados de cada classe utilizada de cobertura e uso da terra.

c. Cálculo dos coeficientes dos Pesos de Evidência

Nesse modelo, foram calculados os pesos de evidência, tendo como entrada de dados os mapas de classes de uso da terra, inicial e final, o cubo de variáveis e o arquivo de intervalos das variáveis contínuas. De acordo com Macedo et al. (2018), os pesos são calculados para cada transição, o que exige o cruzamento entre os mapas cobertura e uso da terra. Esse cruzamento permite identificar as transições observadas e suas respectivas áreas de ocorrência. Os pesos resultantes são então utilizados para gerar os mapas de probabilidade de transição empregados na simulação.

O método de Pesos de Evidências opera por meio dos valores determinados nas taxas de transição, de modo que valores positivos favorecem a ocorrência de transição dos pixels pertencentes a determinada classe para outra. Já os valores negativos indicam baixa possibilidade da ocorrência de mudança e os valores próximos de zero têm tendência inalterada de modificação (SILVA, et al., 2024).

No Dinamica EGO, o método de Pesos de Evidência é aplicado para gerar mapas de probabilidade de transição, destacando áreas mais propensas à mudança. Esse método, baseado no teorema de Bayes, calcula o efeito de uma variável espacial sobre uma transição de maneira independente, sem considerar soluções combinadas. Os Pesos de Evidência indicam a influência de cada variável na probabilidade espacial de uma transição.

Com base no estudo das principais classes de cobertura e uso da terra e na dinâmica da área de estudo, que tem como fator principal a expansão de áreas de plantação de eucalipto, são escolhidas para a construção do modelo as seguintes transições potenciais: de floresta para silvicultura, de pastagem para silvicultura e formação natural não florestal para silvicultura.

3.2.2 Calibração do Modelo

Segundo Christofletti (1999), a calibragem do modelo consiste em estabelecer parâmetros para as entradas e condições internas do sistema, a fim de se verificar a adequação das respostas. O objetivo é definir a escolha mais adequada dos parâmetros ajustados aos modelos, estabelecendo limiares que representam a sua potencialidade de uso.

Partindo-se do Teorema de Bayes, que pressupõe que os eventos devem ser independentes entre si (Martins, 2020), foi realizada uma análise de associação ou dependência espacial entre as variáveis explicativas, por meio dos coeficientes de *Cramer* e da Incerteza de Informação Conjunta (*Joint Informations Uncertainty*). Os pares de variáveis que apresentaram alguma associação espacial, indicados por índices iguais ou superiores a 0,5 foram removidos da modelagem.

d. Associação ou Dependência Espacial entre as Variáveis.

Com base nos arquivos de dados, no mapa de classes de uso da terra (cenário inicial) e no cubo de variáveis estáticas, foi executado o modelo para calcular os índices de Cramer (V) e o de Incerteza de Informação Conjunta (*Joint Information Uncertainty – JIU*), a fim de avaliar a dependência espacial entre as variáveis, para os períodos de simulação.

e. Funções de Transição e Definição de Percentuais.

Para a realização da simulação do modelo na plataforma Dinâmica EGO, são utilizados dois algoritmos de transição: a função *expander* (expansão), relativa à expansão das manchas pré-existentes de uma dada classe de uso da terra, e a função *patcher* (formador de manchas), que geram novas manchas de uma dada classe.

A definição dos percentuais para as funções *expander* e *patcher* é feita de forma heurística pelo usuário, que insere o percentual de *expander* individualmente para cada transição.

f. Parâmetros Internos para a Caracterização Morfológica da Paisagem nas Simulações

Esse procedimento implica na definição das novas manchas nas funções de *expander* e *patcher*, sendo definidos os parâmetros estatísticos: média, variância e isometria para cada transição de classes.

3.2.3 Simulação do Modelo

Definidos os pesos de evidência, foi realizado a criação do modelo de simulação para simples verificação, a qual indicou as possibilidades de alterações para os testes subsequentes de calibração. A execução do modelo requer a organização do container denominado *Repeat*, responsável por executar os seus operadores por iterações, correspondente ao número de passos (anos) para cada período de simulação.

Essa fase é composta por alguns parâmetros de entrada: mapa de paisagem inicial, mapas de variáveis estáticas, arquivo da matriz de transição de múltiplos passos e o arquivo de pesos de evidência.

Os mapas de probabilidade de transição para cada classe de cobertura e uso da terra foram analisados visualmente. Além disso, os mapas de paisagem final foram comparados visualmente com os mapas simulados, a fim de obter uma avaliação preliminar, complementada com a comparação quantitativa.

Como resultados, serão produzidos mapas apresentando as classes de uso da terra, bem como mapas de probabilidades para cada uma das transições, indicando as células com maior propensão a mudanças.

3.2.4 Validação do Modelo

Os resultados espaciais devem ser submetidos a uma avaliação de ajuste espacial dentro de um contexto de vizinhança, uma vez que os mapas de uso final real e simulado não podem ser comparados ao nível de pixel, mas devem ser analisados em termos de correspondência de padrões espaciais dentro de uma vizinhança de pixels (ROSSETI, 2011).

O método de validação na plataforma Dinamica EGO é baseado no método de similaridade *fuzzy* (no qual a representação de uma célula é influenciada por ela mesma, e, em menor magnitude, pelas células vizinhas). Esse método inclui o *Kfuzzy*, considerado equivalente ao método estatístico *kappa*, e a similaridade *fuzzy*, que verifica a localização e a categoria dentro da vizinhança da célula considerada.

Para a execução da validação espacial, serão utilizados os mapas de uso inicial e final real do período selecionado, bem como os resultados de simulação. Além da validação do modelo, será feita a comparação visual detalhada entre a simulação e o mapa real, verificando sua proximidade.

Após este processo de validação, realizado com relativos índices de aceitação, é possível efetuar simulações relativas ao período analisado pelo modelador.

3.2.5 Simulação com formação e expansão de manchas

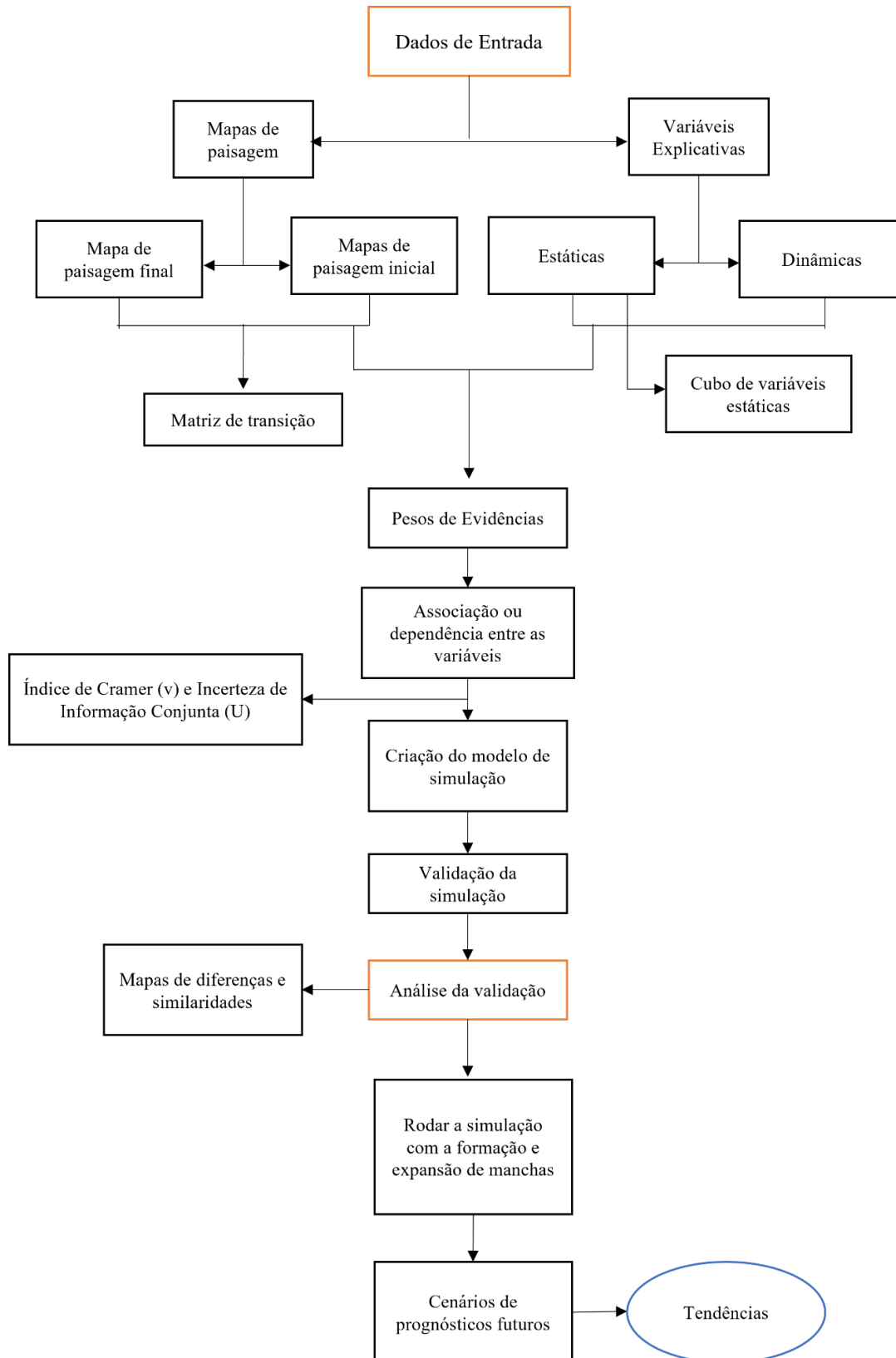
Após ajustes do modelo criado e a validação do mapa de paisagem, a próxima etapa corresponde a ajustes dos *functors*, *patcher* e *expander*, que formam, expandem e retraem as manchas, gerando diversos cenários de evolução da paisagem.

Esses cenários são comparados com o mapa de paisagem final, tanto com relação à localização das mudanças, quanto à estrutura da paisagem. Essas verificações geram testes de parâmetros até gerar similaridade de estrutura da paisagem, verificado de forma visual. Todos esses dados armazenados foram utilizados para a geração de um mapa prognóstico futuro da paisagem na área de estudo.

3.2.6 Obtenção de cenários prognósticos

Para simular cenários prognósticos, foi utilizado o mesmo modelo da seção anterior, acrescido de todos os ajustes. A modificação nesta etapa se dá pela paisagem inicial, que passa a ser o mapa de paisagem observada de 2020. Os mapas resultantes para cada passo de tempo foram salvos, assim como as taxas de transição, para fins de análise das alterações das áreas das classes de cobertura e uso da terra da paisagem simulada.

Figura 20: Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaborado por Edivan Silva.

Diante do exposto, os procedimentos metodológicos aqui descritos permitiram a estruturação de uma base robusta de dados e a aplicação de ferramentas avançadas de modelagem espacial, fundamentais para a análise e simulação das dinâmicas de cobertura e uso da terra na BHRJ. Assim, no próximo capítulo, serão apresentados os resultados referentes às tendências do comportamento da cobertura e uso da terra na BHRJ até o ano de 2050, destacando os principais vetores de mudança e os possíveis caminhos para o ordenamento e a conservação do território.

CAPÍTULO 4

TENDÊNCIAS DO COMPORTAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JARI ATÉ O ANO DE 2050.

4.1 Quantificação e Análise da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Jari no Período de 1990 a 2020.

Para estudar a dinâmica da paisagem, é necessário, em primeiro lugar, mapear os padrões de uso e cobertura da terra, a fim de avaliar como cada elemento da paisagem se relaciona com o outro espacial e temporalmente com os demais (SOARES-FILHO, 1998).

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 3.

Quadro 3: 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: Elaborada por Edivan Silva. Adaptada de MapBiomias (2023).

As mudanças no uso e cobertura da terra na BHRJ e, conseqüentemente, na paisagem, estão ligadas diretamente a forças motrizes econômicas que regem a dinâmica da região geográfica onde está inserida. A análise da mudança da cobertura e uso da terra na BHRJ foi realizada com base nos mapas de cobertura e uso da terra. Inicialmente, foram calculadas as áreas das classes em quilômetros, em seguida os valores de área foram transformados em percentual de representatividade em relação a área de estudo.

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

Quadro 4: 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.

A partir do processamento, tornou-se possível a análise quantitativa das mudanças ocorridas em todas as classes mapeadas na BHRJ. 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.

Ao longo dos trinta anos analisados, observou-se que as classes de Cobertura e Uso da Terra sofreram mudanças significativas. A classe de maior ocupação visualizada na bacia é a de Floresta Ombrófila Densa, que cobre mais de 95% da área total. Um dos fatores que contribuem para essa conservação é a presença do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, localizado dentro da bacia, visto que o Parque é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral. É preciso ressaltar também que, a classe Floresta Ombrófila Densa está localizada em três Unidades Geomorfológicas, sendo elas: Colinas do Amapá, Planaltos Residuais do Amapá e Depressão Periférica do Amazonas. Sendo estas as unidades de maiores altitudes da bacia, o que atenua o seu processo de ocupação, já que as atividades econômicas e o aumento de áreas urbanas tendem a se expandir para áreas de terreno plano e/ou suave/ondulado.

A partir da análise da figura 21 e da tabela 10, revelou o crescimento expressivo da classe Silvicultura. Em 1990 ocupava uma área de 188,308 km², chegando a 408,70 km² no ano de 2000, o que representa um crescimento de 117% no decorrer desses dez anos. Esse crescimento ocorreu principalmente em áreas onde havia Floresta, visto que esta classe teve uma diminuição de 353,34 km² de área.

Tabela 10: Dados quantitativos das Classes de Cobertura e Uso da Terra entre os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

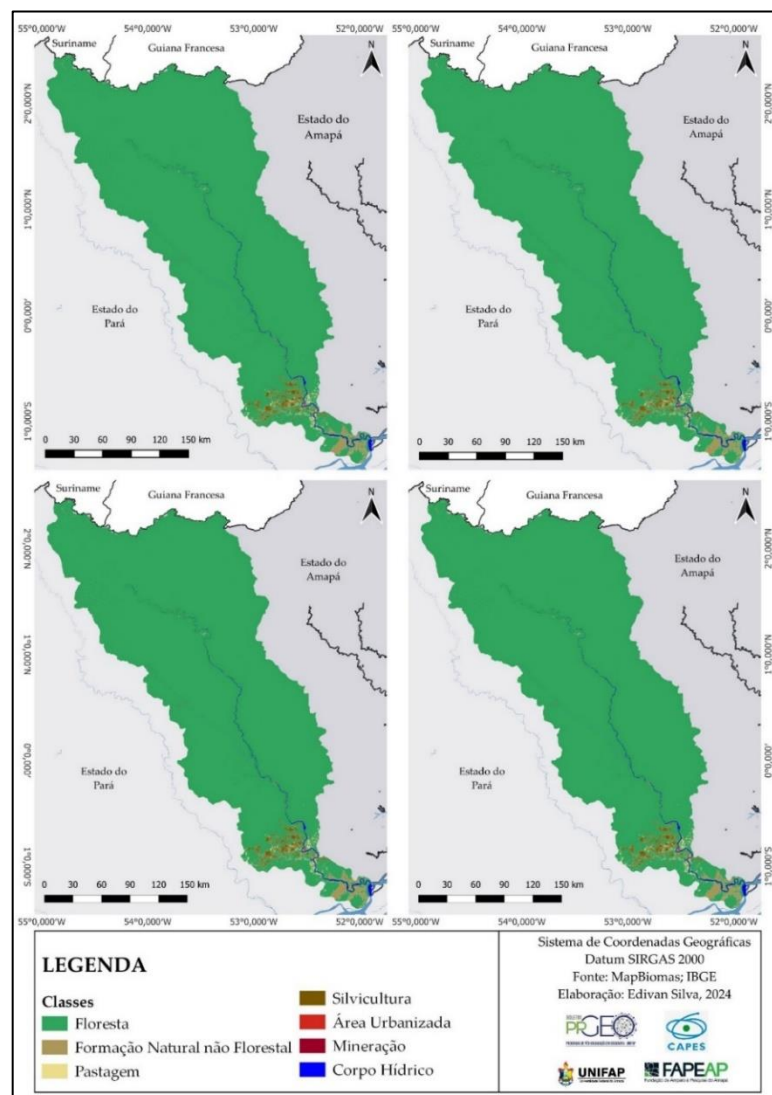
Classe	1990		2000		2010		2020	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	55.900,23	98,04	55.473,74	99,03	55.461.16	97,27	55.421,32	98,94

Formação Natural não Florestal	475,26	0,83	441,99	0,79	464,38	0,81	553,54	0,99
Pastagem	194,89	0,34	317,94	0,57	255,71	0,45	176,88	0,32
Silvicultura	191,25	0,34	413,50	0,74	504,61	0,88	582,74	1,04
Área urbanizada	8,62	0,02	10,41	0,02	13,58	0,02	14,37	0,03
Mineração	2,28	0,004	4,51	0,01	6,73	0,01	8,12	0,01
Corpo Hídrico	244,11	0,43	354,55	0,63	310,46	0,54	259,65	0,46
Total	57.016,64	100	57.016,64	100	57.016,64	100	57.016,64	100

Fonte: Elaborada por Edivan Silva.

Os dados apresentados na tabela 10 indicam oscilações referentes a classe floresta, isso se justifica devido às áreas de plantio eucalipto antigas terem resposta espectral semelhante à das matas nativas devido ao seu vigor, diferentemente de áreas novas. De acordo com Andrade e Moura (2016), isso acontece porque o eucalipto jovem absorve muita água para seu desenvolvimento, o que reflete em uma alta resposta espectral de sua copa.

Figura 21: Mapa de Cobertura e Uso da Terra da BHRJ dos anos 1990, 2000, 2010 e 2020.



Elaboração: Edivan Silva, 2024.

As classes Área Urbanizada, Pastagem e Mineração, também apresentam crescimento durante o período analisado. As três classes juntas ocupavam uma área de 184,63 km² no ano de 1990, já no ano de 2000 representava uma área de 301,49 km². Isso se deve ao aumento populacional que ocorreu no município de Laranjal do Jari/AP e também com a criação do município de Vitória do Jari/AP no ano de 1994.

O período analisado de 2000 a 2010, apresenta um crescimento mais acentuado na Classe Área Urbanizada, em 2000 esta classe ocupava uma área de 7,92 km², já no ano de 2010 chegou a ocupar uma área de 10,97 km², que representa um aumento de 38,5%. Cabe destacar a diminuição da classe Pastagem, que no ano de 2000 ocupava 0,5% da área da bacia, já no ano de 2010 a mesma classe ocupava 0,4%.

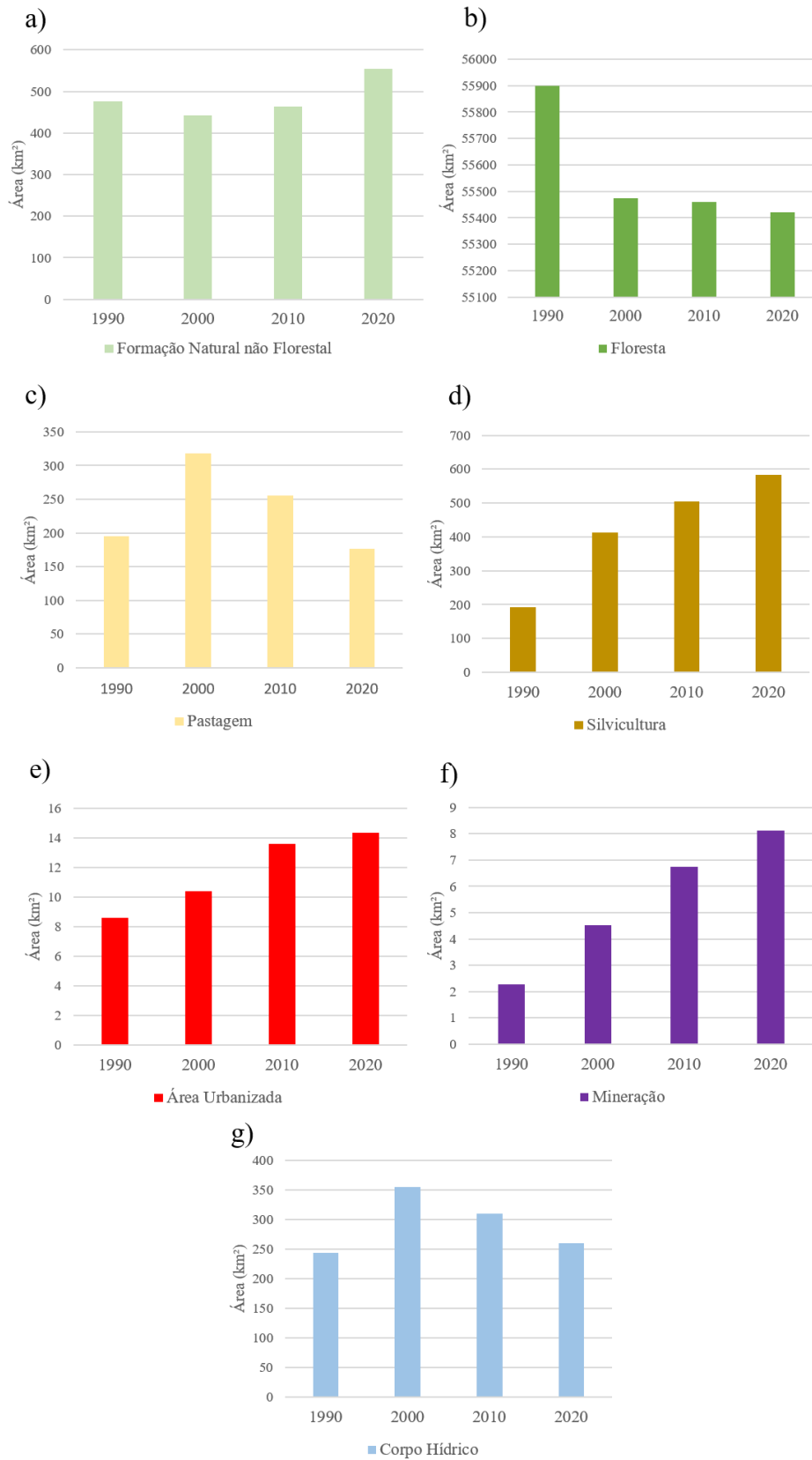
A classe Silvicultura mantém seu crescimento, entretanto, menos acentuado que no período analisado anteriormente, tendo um crescimento de 22,2% durante esses 10 anos, ocupando áreas onde antes havia florestas, visto que a classe Formação Florestal continua apresentando diminuição das suas áreas.

Analisando os dados mais recentes, que compreendem o período analisado de 2010 a 2020 (figura 21), é possível perceber que as classes que apresentavam crescimento nos períodos analisados anteriormente continuam apresentando avanço nos dados mais recentes.

As classes Mineração, Área Urbanizada e Silvicultura são as que apresentam crescimento desde o primeiro ano de coleta de dados. A classe Área Urbanizada apresentou um crescimento de 93,6%, a Mineração, 262,0% e a Silvicultura, 208,0% durante os 30 anos analisados. A classe pastagem vem decaindo progressivamente durante o período analisado.

Na figura 22, através do gráfico que representa as variações quantitativas de cada classe de cobertura e uso da terra durante o período analisado, é possível observar que as classes Silvicultura, Área Urbanizada e Mineração foram as únicas que tiveram um crescimento progressivo.

Figura 22: Gráficos representando a área que cada classe de Cobertura e Uso da Terra ocupava no período de 1990, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborada por Edivan Silva, 2024.

A integração das informações espaciais históricas na compreensão dos processos de mudanças sociais e ambientais permite elucidar a relação do homem e a paisagem. Sendo a área urbanizada dos municípios de Laranjal do Jari, Vitória do Jari, Distrito de Monte Dourado e Munguba localizadas às margens do rio, devido a essas áreas serem pouco acidentadas e mais propícias à ocupação.

O núcleo das atividades produtivas presentes na bacia é constituído basicamente pelas atividades econômicas de cunho empresarial (Jari Celulose, CADAM – Caulim da Amazônia), núcleos de produção e gestão, que se desenvolveram independentemente do seu entorno imediato e mesmo de seu entorno regional, pois, além da matéria-prima extraída localmente, seus fluxos de insumos industriais/produtos dependem e orienta-se para outros mercados.

4.2 Cobertura e Uso da Terra na BHRJ no ano de 2023

Diante da necessidade de dispor de valores e informações mais recentes sobre a Cobertura e Uso da Terra na BHRJ, foram coletados dados referentes ao ano de 2023 (figura 23), visando auxiliar nas atividades de campo e fornece uma base atualizada para análises. A tabela 11 representa as classes de Cobertura e Uso da Terra e a respectiva abrangência no perímetro da Bacia Hidrográfica.

Tabela 11: Distribuição quantitativa das classes de cobertura e uso da terra da BHRJ no ano de 2023.

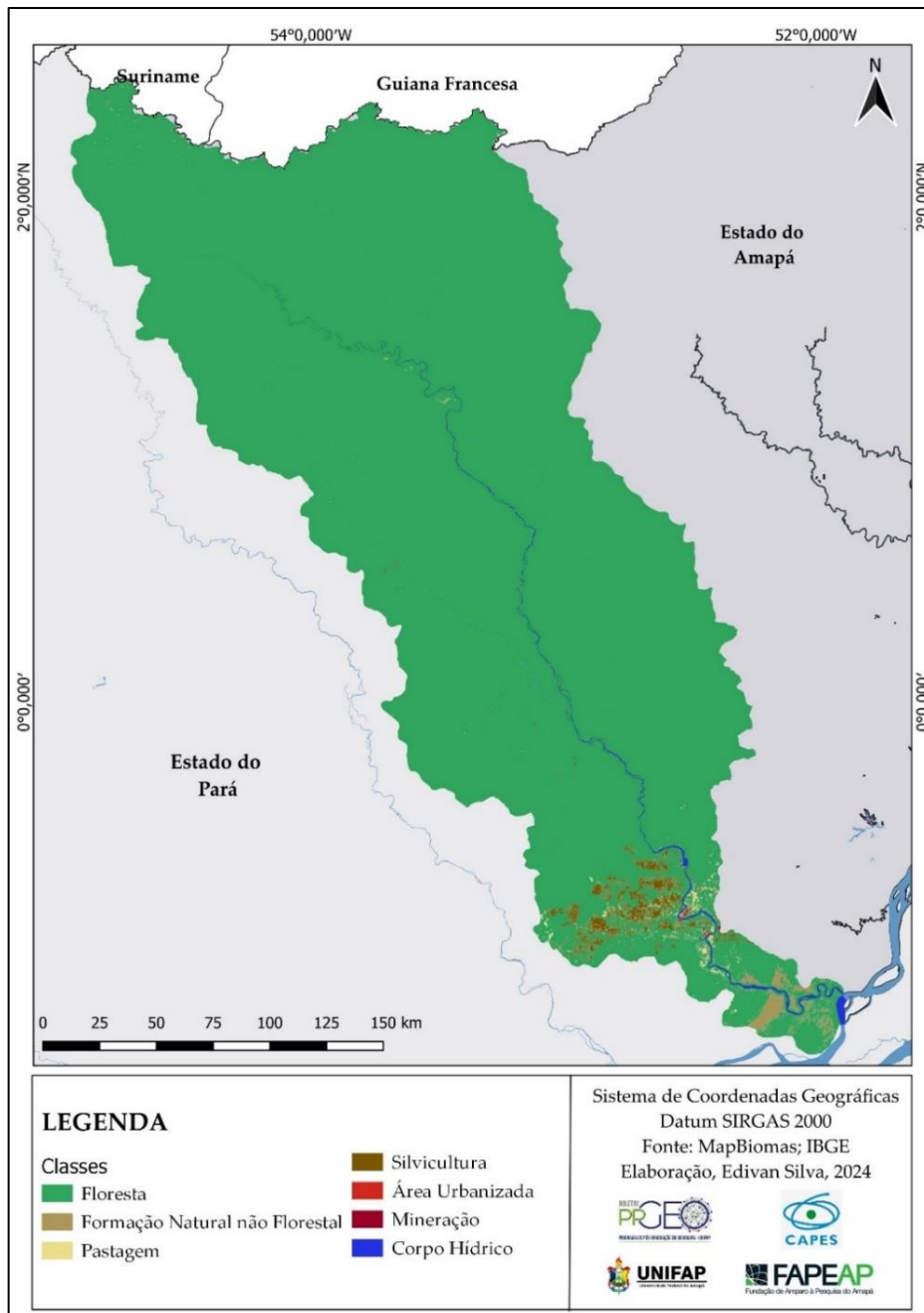
CLASSE	ÁREA (Km ²)	%
Floresta	55.578,33	97,47
Formação Natural não Florestal	330,15	0,58
Pastagem	175,93	0,31
Silvicultura	584,28	1,02
Área Urbanizada	16,14	0,03
Mineração	9,12	0,02
Corpo Hídrico	324,44	0,57
Total	57.018,61	100

Fonte: Elaborada por Edivan Silva.

A partir da análise das informações dos anos analisados, é possível afirmar que as atividades econômicas e demais mudanças que alteram a Cobertura e Uso da Terra na BHRJ se concentram no baixo curso do rio Jari. Neste trecho, portanto, as condicionantes ambientais foram determinantes no processo de ocupação da região, onde figura como principal evento a implantação das unidades industriais da Jari Celulose, a partir de meados da década de 1970, que determinou a existência dos núcleos urbano-industriais citados, bem como aproveitamento de grande parte de áreas para o plantio de eucalipto, que se estendem por cerca de 52 mil hectares, considerando ainda a ocupação em áreas das bacias dos rios Cajari e Paru (ECOLOGYBRASIL, 2009).

Desta forma, o uso dos recursos naturais é mais intenso, refletindo espacialmente no desmatamento de extensas áreas para o plantio de eucalipto, no aproveitamento agropecuário e na formação de núcleos urbanos. A presença ainda de remanescentes de floresta é significativa, sendo uma parte dessas áreas utilizadas para o manejo florestal e a exportação de madeira certificada. A implantação de unidades de mineração, especialmente na produção de caulim, corroborou para o processo de consolidação dos núcleos urbano-industriais de Laranjal do Jari/AP e Vitória do Jari/AP.

Figura 23: Mapa de Cobertura e Uso da Terra no ano de 2023.



Elaborado: Edivan Silva, 2024.

No médio curso do rio Jari, a ocupação humana é muito escassa. Há praticamente ausência de núcleos urbanos, tendo como as principais localidades aldeias indígenas localizadas a aproximadamente 150 km a montante da Cachoeira de Santo Antônio, pequenos garimpos e a vila de Iratapuru, esta última próxima à Cachoeira de Santo Antônio. Possui mobilidade social e econômica limitada pela falta de navegabilidade do rio Jari no trecho acima da cachoeira de Itapeuara e pela total ausência de estradas (ECOLOGYBRASIL, 2009).

A vila de Iratapuru, localizada próximo à foz do rio Iratapuru no Jari, é um importante entreposto na produção regional de Castanha-do-Pará. Nessa localidade, que tem como principal atividade a extração de castanha (figura 24), realizada no vale do rio Iratapuru, foi instalada uma unidade de processamento que produz óleo de castanha, utilizado especialmente para a produção de cosméticos de indústrias nacionais. A função como entreposto foi estabelecida na região em função da presença de corredeiras próximas à foz do Iratapuru, que impede a navegação direta ao longo do curso do rio e determina as condições de escoamento da produção, realizada por via fluvial.

Figura 24: Castanhas extraídas na vila de Iratapuru.



Fonte: Edivan Silva, 14 de outubro de 2023.

A classe de maior representação na bacia é a de Formação Florestal, localizada principalmente sobre Latossolo vermelho-amarelo distrófico e Argissolo vermelho-amarelo distrófico, de relevo forte e moderadamente ondulado, de textura argilosa e cascalhenta. As principais unidades geomorfológicas em que essa classe se encontra são Colinas do Amapá, Depressão Periférica da Amazônia Setentrional, Planaltos Residuais do Amapá, Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas e Planalto do Uatumã Jari.

A Formação Florestal é uma classe que se estende de norte a sul da BHRJ (Figura 25), compreendendo variações altimétricas de relevo que chegam até 772 m. Assim como na declividade em que esta classe está inserida, compreendendo cotas que ultrapassam mais de 75%.

No ano de 2023, a classe Formação Florestal abrangia uma área de 55.162,19 km² (95,73%) da BHRJ, o que representa um aumento se comparado aos anos analisados anteriormente. Cabe destacar que a Empresa Jari Celulose teve suas atividades paralisadas em agosto de 2022, retornando apenas em agosto de 2023.

Figura 25: Plantação de Eucalipto próxima a área de vegetação natural no município de Vitória do Jari/AP.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

O bioma Amazônia abrange uma área de 4.196.943 km² do território brasileiro; deste total, aproximadamente 200.000 km² são campos e savanas que estão dispersos de forma isolada e não isolada sob diferentes tipos climáticos, fatores edáficos, relevo e distúrbios antropogênicos (SANAIOTTI et al. 2002).

A classe Formação Savânica na BHRJ (Figura 26) ocupava uma área de 35,571 km² no ano de 2023, o que demonstra uma diminuição da sua área, visto que em 2020 a área era de 41,525 km². Esta classe é encontrada principalmente nas áreas de Planície Amazônica, de Gleissolos Háplicos tb Eutrófico, de textura argilosa e relevo plano, com áreas de baixas altitudes que chegam até 6 m.

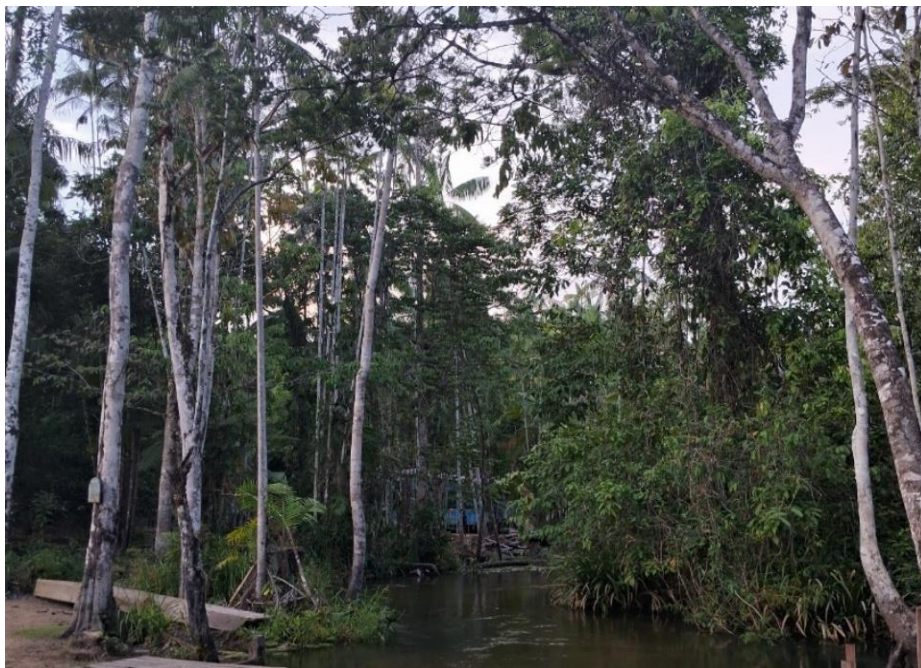
Figura 26: Área de savana na BHRJ.



Fonte: Edivan Silva, 12 de outubro de 2023.

As áreas de Floresta Alagável (Figura 27) são encontradas 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 2022, essa classe cobria 864,85 km², correspondendo a 1,5% da área da bacia.

Figura 27: Área de floresta alagável na BHRJ.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023

Por estar concentrada na área sul da BHRJ, a classe de Floresta Alagável está localizada em baixas altitudes, que chegam até 30 m, com predominância de cotas de declividade de relevo plano e suave ondulado. Apresenta três tipos de solos ao longo de sua extensão, Gleissolo Háplico tb Eutrófico; Gleissolo Háplico ta Eutrófico e Latossolo Amarelo Distrófico. Esta classe está assentada sobre a Planície Amazônica e Planalto do Uatumã-Jari.

A classe Silvicultura (figura 28) apresentou crescimento no ano de 2023, apesar da paralisação da Jari Celulose, ocupando uma área de 580,557 km² ou 5.805,57 hectares (1,02%). 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 associado ao uso para plantio florestal e exploração mineral.

Essa classe concentra suas atividades principalmente nas áreas do Planalto do Uatumã – Jari e no Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas, de domínio de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas, na região de Baixos Planaltos da Amazônia Oriental. É uma classe que está disposta em cotas altimétricas com valor mínimo de 26 m e máximo de 89 m de altitude, com características de topo convexo e tabular. A classe de silvicultura se encontra principalmente em áreas que possuem os solos das classes Latossolo Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Figura 28: Monocultura de Eucalipto na BHRJ.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

Outro importante impacto decorrente de atividades antrópicas é a expansão urbana, que quando ocorre sem planejamento adequado, pode culminar na destruição de áreas de vegetação natural e surgimento de problemas de cunho ambiental e social. As áreas urbanizadas, apesar de experimentarem um crescimento modesto, também demonstraram nas últimas décadas, um padrão de crescimento, muito em razão dos grandes projetos que surgiram na bacia, como de mineração e de hidrelétricas.

As manchas urbanas existentes na BHRJ são encontradas principalmente no lado amapaense da bacia (figura 29), nos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari. No ano de 2023, a área urbanizada da bacia correspondia a 11,719 km², apontando crescimento comparado aos anos anteriores. A área urbanizada da bacia se concentra em duas Unidades Geomorfológicas, Planalto do Uatumã – Jari e Planície Amazônica, de relevo suave ondulado e plano. Os solos dessa área são Latossolo Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Gleissolo Háptico tb Eutrófico, este localizado nas áreas urbanas próximas a corpos hídricos.

Figura 29: (A) área urbana do município de Laranjal do Jari; (B) área urbana do município de Laranjal do Jari próximo ao rio Jari.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

As áreas de Campo Alagável (figura 30) representam 410,829 km² da BHRJ, são áreas que estão sob influência fluvial e se concentram em áreas de relevo plano. Costumam alternar entre períodos mais secos, principalmente no verão, e épocas mais inundáveis, em decorrência da chuva.

Essa classe está localizada principalmente sobre áreas de Gleissolo Háptico tb Eutrófico, tendo uma menor extensão em áreas de Latossolo Amarelo Distrófico, sobre a unidade geomorfológica Planície Amazônica, de relevo plano.

Figura 30: Área de campo alagável na BHRJ.



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023

As áreas de Pastagem da BHRJ (figura 31) são caracterizadas por estarem vinculadas às atividades agropecuárias. No ano de 2022, essa classe ocupava uma área de 183,403 km², mostrando um crescimento dessas atividades em relação ao ano de 2022.

Essa classe está sobre áreas do Planalto Uatumã – Jari, na região de Baixos Planaltos da Amazônia Oriental, com relevo de topo convexo e tabular, com predominância de Latossolo Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Figura 31: Área de pastagem na BHRJ



Fonte: Edivan Silva, 13 de outubro de 2023.

A Mineração (figura 32) é uma classe que vem se expandindo a cada ano na BHRJ. No ano de 2022, essa classe ocupava uma área de 9,023 km². As atividades de mineração são executadas pela empresa CADAM (Caulim da Amazônia). A extração do minério é encontrada no município de Vitória do Jari e enviada para a fábrica instalada em Munguba.

Figura 32: Área de mineração de Caulim no município de Vitória do Jari na BHRJ.



Fonte: Google Earth Pro, 13/08/2024.

Os tipos de solos em que a classe Mineração é encontrada são Latossolo Amarelo Distrófico de relevo suave ondulado e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico de relevo ondulado no Planalto do Uatumã – Jari, de domínio de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas na região de Baixos Platôs da Amazônia Oriental.

Sendo a BHRJ uma área de ocorrência de atividades de mineração, faz-se necessário fazer um adento sobre a RENCA (Reserva Nacional de Cobre a Associados), criada com o objetivo de restringir a mineração privada em uma área de 46.450 km² entre os estados do Pará e Amapá. Ela não é uma unidade de conservação, mas tem impedido a exploração mineral em larga escala, pois restringe a atuação de empresas privadas.

Em 2017 houve uma tentativa de extinguir a RENCA, o que poderia gerar atividades que induzem o desmatamento muito além da área diretamente minerada, dada a necessidade de infraestrutura, além de comprometer a biodiversidade e os modos de vida tradicionais, visto que abriga Terras Indígenas e Unidades de Conservação, gerando também o aumento da fragmentação florestal que pode gerar um efeito de borda, reduzindo a resiliência ecológica da floresta.

Já se tratando dos recursos hídricos, mineração pode causar assoreamento dos rios, impactando os corpos hídricos da BHRJ. Pode ocorrer também a contaminação do solo, do rio Jari e seus afluentes por metais pesados, especialmente mercúrio usado no garimpo ilegal. Além de gerar conflito pelo uso da terra com a atividade de silvicultura, fazendo com que esta pressione áreas ainda preservadas.

4.3 Tendências do comportamento do uso da terra na BHRJ

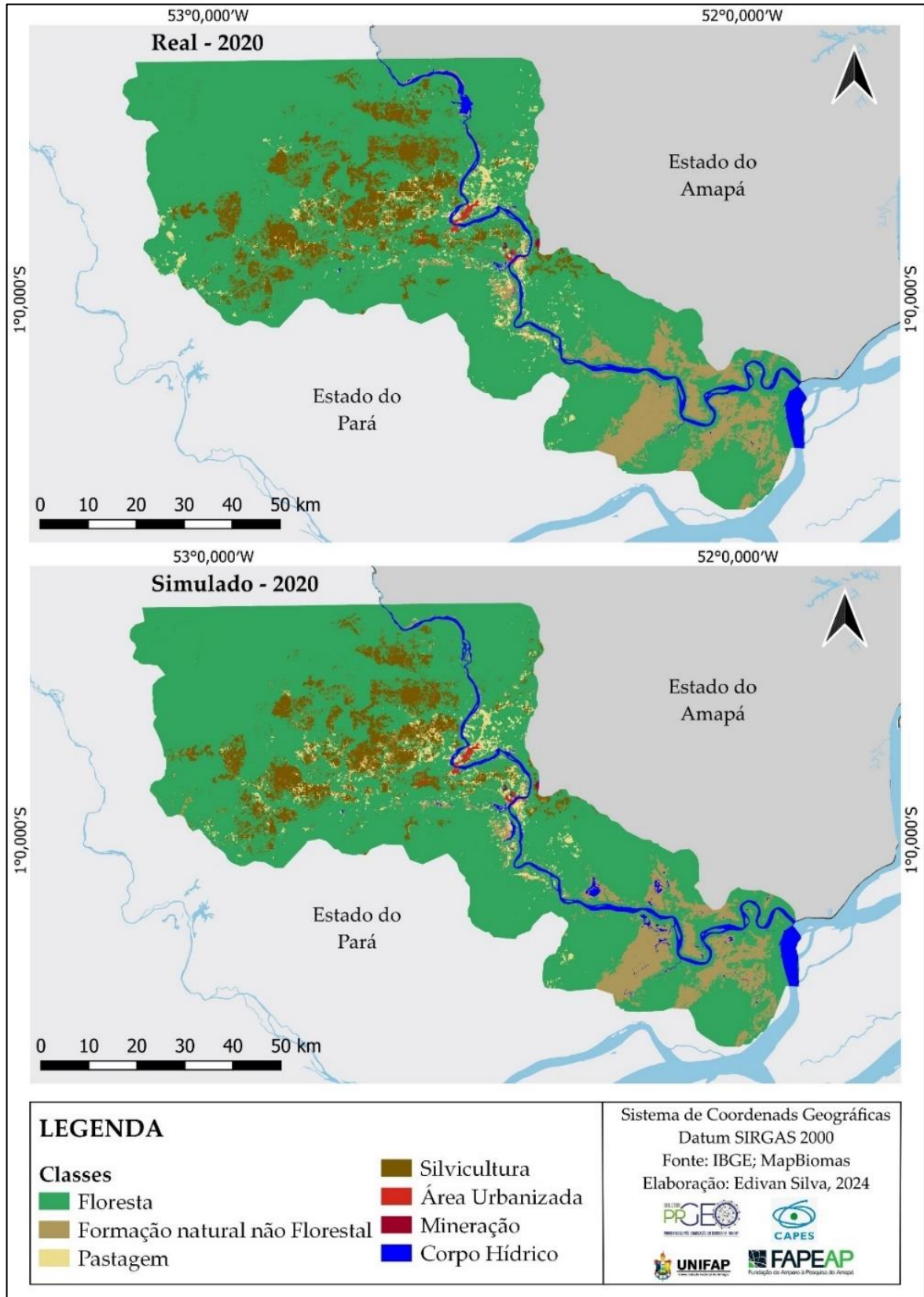
A partir do levantamento realizado dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, observou-se que as principais alterações de cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Jari ocorrem na área sul da bacia. Diante disso, a modelagem de simulação de cenários prognósticos foi realizada exclusivamente para essa região.

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 sul da bacia e, 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.

A partir do mapa de similaridade e validação do modelo, realizado para o ano de 2020, é possível verificar que o modelo e as variáveis se mostraram eficazes para o projeto de simulação. Os grandes blocos de floresta se mantiveram, assim como a distribuição das áreas de silvicultura e pastagem.

Figura 33: Área real e simulada da BHRJ para o ano de 2020.



Elaborado: Edivan Silva, 2024.

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; grande variedade de espécies animais; e, principalmente, pela 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).

Quantitativo da área simulada de cada classe. Foi realizada simulação para as seguintes classes: o avanço da silvicultura sob áreas de Floresta, Formação Natural não Florestal e Pastagem.

Tabela 12: 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%.

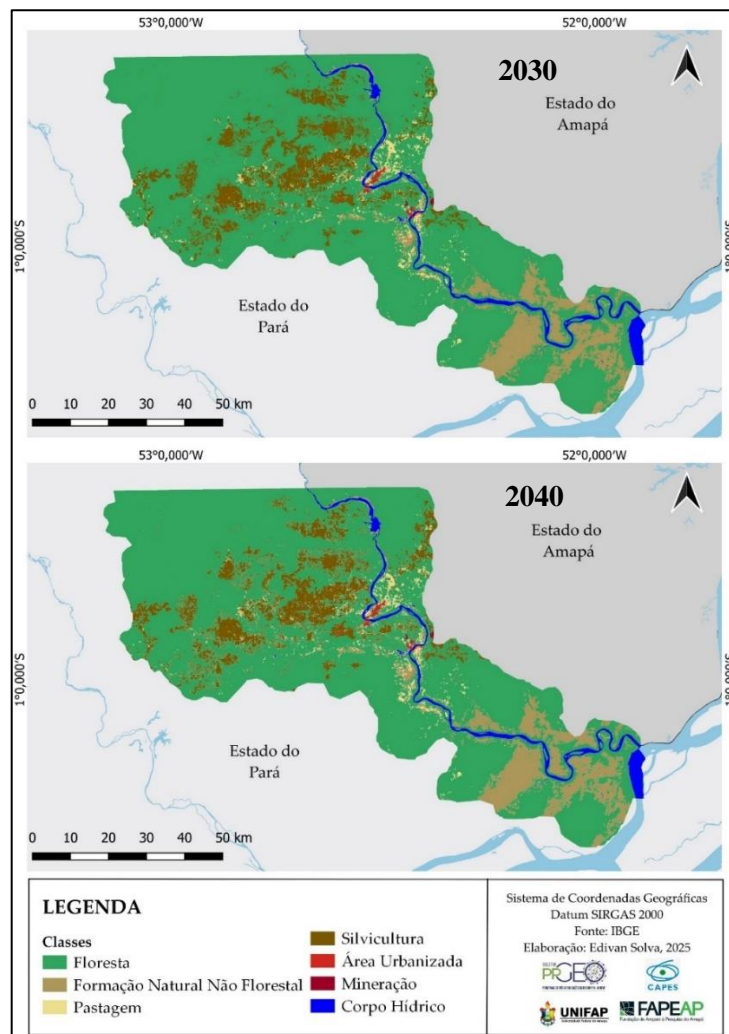
A estabilidade da formação natural não florestal demonstra baixa vulnerabilidade a conversões. O avanço da eucaliptocultura ocorre principalmente sobre pastagens, mas há

também a conversão gradual de floresta, ainda que 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 34: Mapa de simulação para os anos de 2030 e 2040.

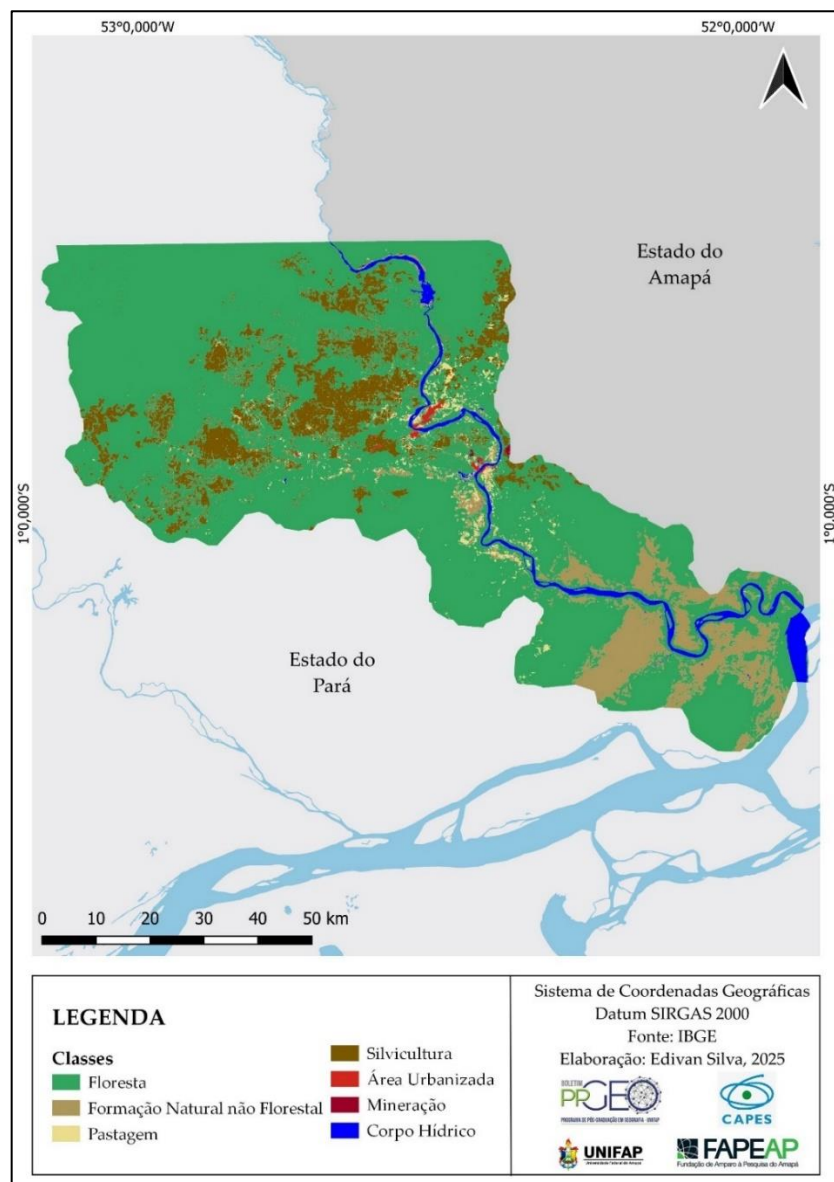


Elaborado: Edivan Silva, 2024.

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 35: 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 apresenta 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. Para as populações locais, porém, a maior preocupação revelou-se ser em relação aos adubos e pesticidas utilizados nas plantações de eucalipto. Os entrevistados declararam que os efeitos ambientais já são visíveis, como, por exemplo, a seca dos rios e o desaparecimento dos peixes devido à contaminação. 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 na BHRJ.

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 na BHRJ, 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.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, Samuel Fernando. **Autômatos celulares e sistemas de informações geográficas aplicados à modelagem da dinâmica espacial da cana-de-açúcar na região de Araçatuba-SP**. Tese (doutorado em ciências na área de análise ambiental e dinâmica territorial). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2011.
- AGUIAR, Ana Paula Dutra. Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intrarregional. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.
- 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. **Caderno do CEAS**, n. 237, p. 294-326, 2016.
- ANDRADE, Marcel :Pereira; RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. S. Modelagem da mudança do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir de imagens MODIS e um modelo de sub-regiões. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 5, p. 965-978, 2016.
- ARAÚJO, Alan Nunes; CRUZ, Maria Lúcia Brito; SILVA, C. N.; ROSSETE, A. N. Dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Araguari (Amapá, Amazônia, Brasil). **InterEspaço**, v. 6, p. 1-13, Maranhão, 2020.
- BARBORA, Liriane Gonçalves; GONÇALVES, Diogo Laercio. **A Paisagem e Geografia: diferentes escolas e abordagens**. Elisée, v. 3, n. 2, p. 92-110, Anápolis, 2014.
- BARELLA, W. et al. As relações entre matas ciliares e os peixes. In: RODRIGUES, RR.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BECKER, B. Os eixos de integração e desenvolvimento e a Amazônia. *Revista Território*, ano IV, n. 6, p. 29-42, 1999.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de ciência da Terra**, São Paulo, n. 08, p. 1-27, 1969.
- BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos**. Belém: NUMA/UFPA, 1995.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: editora Edgard Blucher Ltda, 1999.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Bravarte, 2006.

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

CRUZ, R. C.; TAVARES, I.S. Bacia Hidrográfica: aspectos conceituais e práticos. In: RICHES, A. A. (Org.); BOER, N. (Org.). **Água e educação: princípios estratégicos de uso e conservação**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2009. Cap. 3.

DIAS, Renê Lepiani; OLIVEIRA, Regina Célia. Caracterização socioeconômica e mapeamento do uso e ocupação da terra do litoral sul do estado de São Paulo. **Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 1, p. 111-123, 2015.

ECOCLOGYBRASIL. **Estudo de Impacto Ambiental Usina Hidroelétrica Santo Antônio do Jari**. Pará e Amapá, 2009.

EMBRAPA, Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

FAVA E SILVA, J.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Análise temporal e modelagem ambiental da cobertura florestal nativa do município de Roca Sales - RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n. 4, p. 527-544, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/49224>. Acesso em: 15 mar. 2023.

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

FERREIRA, Manuel Eduardo; MIZIARA, F.; SOARES FILHO, B. S.; JÚNIOR, L. G. F. **Modelagem da dinâmica de paisagem do cerrado**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, 2009.

FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v. 6, n. 2, p. 187-208, 2010.

FILOCREÃO, Antonio Sérgio Monteiro. Formação Socioeconômica do Estado do Amapá. *IN*: CASTRO, Edna Ramos de; CAMPOS, Índio (Org.). **Formação Socioeconômica da Amazônia**. Belém, 2015, p. 97-172.

FROLOVA, Marina. A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e o XX. **Ra'e Ga**, n. 13, p. 159-170, Curitiba, 2007.

GONÇALVES, Júlio Cesar de Souza Inácio; SILVA, P. S. L.; SOEIRA, T. V. R.; POLETO, C. Modelagem de Sistemas Ambientais. *In*: HAYASHI, C.; SARDINHA, D. S.; PAMPLIN, P. A. Z. **Ciências Ambientais: diagnósticos ambientais**. Alfenas, 2020.

GORELICK, N. et al. 2017. Google Earth Engine: Planetary-Scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v, 202, n. 2016, p. 18-27.

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.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Evolução da paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu (1988-2024):** uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – Universidade do Rio Grande do Norte, 2008.

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.

HYDROS, E. **Bacia Hidrográfica do Rio Jari – PA/AP:** Estudos de inventário hidrelétrico. Empresa de Pesquisa Energética. São Paulo, 2011.

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, 2008.

LAMBIN, E. F.; ROUNSEVELL, M. D. A.; GEIST, H. J. Area agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 82, n. 13, p. 312-331, 2000.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da Paisagem com SIG.** Tradução: Herman Kux. Oficina de textos, São Paulo, 2009.

LIMA, Ednardo Correia. **Modelagem da dinâmica de paisagem:** simulação de cenários na região do baixo curso do rio Sinos – RS. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993. 301p.

LINS, Cristóvão. Jari: 70 anos de história. Rio de Janeiro, Dataforma, 2001.

LUCHIARI, Maria Teresa Paes. A(re)significação da paisagem no período contemporâneo. In: ROSENDAHL, Zeny; CORRÊA, Roberto Lobato. **Paisagem, imaginário e espaço.** Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2001.

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. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

MACEDO, Rodrigo de Campos; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R. Modelagem espacial da expansão da agricultura em Campos Novos – SC. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 260-285, Florianópolis, 2018.

MAPBIOMAS. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 02/08/2023.
MARTINS, Ana Lígia do Nascimento. **Modelagem dinâmica espacial da perda de solo associada às mudanças de cobertura e uso da terra na bacia do Alto Iguaçu-PR**.

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 2020.
MARTINS, Fernanda; FREITAS, Andreza Rocha. Identificação das unidades de paisagem na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras, em Irati-PR. **Perspectiva**, v. 38, n. 143, p. 39-49, 2014.

MENDONÇA, Francisco. Geografia Socioambiental. **Terra Livre**, n. 16, p. 113-133, São Paulo, 2001.

MOURA, Alan Bronny Almeida Pires; ZAIDAN, Ricardo Tavares. Análise multitemporal e possíveis impactos da expansão da silvicultura de eucalipto no município de Carrancas – MG, um estudo para os anos de 2005, 2008, 2013 e 2015. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 48, p. 142-155, 2017.

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. 255-251, Pernambuco, 2012.

NASCIMENTO, Nathália Cristina Costa. **Decisões sobre o uso da terra: modelagem e cenários para a fronteira agrícola entre Pará e Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre), INPE, São José dos Campos, 2019.

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. 143-259, Montes Claros, 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.

OLIVEIRA, Alzira Marques. **Indicadores de vulnerabilidade e risco socioambiental para prevenção e mitigação de desastres naturais na Bacia do Rio Jari**. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas). Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2011.

OLIVEIRA, Luciel Passos. **Evolução da Paisagem: tendências para o uso e cobertura da terra nas áreas do entorno da Baía de Todos-os-Santos-BA, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

OLIVEIRA, M. S. Detecção de mudanças de uso e cobertura da terra no Sinclinal Moeda (MG) no período de 1991 a 2011 e previsões de mudanças futuras através de modelo espacial de simulação. Belo Horizonte, 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - 2012.

PATO, Christy Ganzert. Economia Política do Desenvolvimento Sustentável. In: **Encontro Nacional de Economia Política**, 17., 2012, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 2012.

PIROLI, Edson Luís. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo**. Tese (Livre Docente no conjunto de disciplinas Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento), Ourinhos, 2013.

PISANI, Rodrigo José; DEMARCHI, J. C.; RIEDEL, P. S. **Simulação de cenário prospectivo de mudanças no uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Capivara, Botucatu-SP, por meio de modelagem espacial dinâmica**. Revista Cerrados, v. 14, n. 2, p. 3-29, Montes Claros, 2016.

PEREIRA, Natasha Sophie; SILVA, Nilton Correia; CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio; SILVA, Sandro Dutra. A importância do geoprocessamento para a história e o saber ambiental. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 3, n. 2, p. 132-144, Anápolis, 2014.

PIMENTEL, Gustavo Martinez; POCCARD-CHAPIUS, R. J. M.; SILVA, C. N. Delimitação de unidades de paisagem: do conceito geossistêmico ao método aplicado ao município de Paragominas/PA. **Boletim de Geografia**, n. 1, v. 36, pag. 62-75, 2018.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Raina. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

RAUBER, Alexandre Luiz. **A dinâmica da paisagem no estado do Amapá: análise socioambiental para o eixo de influência das rodovias BR-156 E BR 210**. Tese (Doutorado). Doutor em Geografia, Goiânia, 2019.

RAUBER, A. L.; PALHARES, J. M. O Contexto e as perspectivas da exploração mineira no Amapá. **CONFINS (PARIS)**. v.1 p.1-21, 2022.

REZENDE, Fernanda Silva; CARRIELO, F.; NEVES, O. M. S.; RODRIGUEZ, D. A. **Simulação de mudanças de uso e cobertura da terra de 2010 a 2050 no vale do Parnaíba – trecho paulista**. In Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 2017.

RODRIGUES, Hermann Oliveira; Soares-Filho, B. S.; COSTA, W. L. S. **Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007.

ROMAGNOLI, Iris; PIROLI, Edson Luís; ZANATA, Juliana Marina; GIMENES, Gustavo Rodrigues. Geoprocessamento aplicado na análise do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da microbacia do rio da Prata-SP. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1529-1537, 2012.

ROSSETI, Lucimar Aparecida Franco Garcia. **Modelagem dinâmica espacial de mudanças no uso do solo urbano: contribuições metodológicas**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2011.

SALGUEIRO, Teresa Barata. Paisagem e Geografia. **Finisterra**, v. XXXVI, n. 72, p. 37-55, 2001.

SANAIOTTI, T. M.; MARTINELLI, L. A.; VICTÓRIA, R. L. TRUMBORES, E.; CAMARGO, P. Vegetation changes in Amazon savanas determined using carbon isotopes of soil organic matter. **Biot**, v. 34, p. 2-16, 2002.

SANTOS, Emmanuel Raimundo Costa. **Amazônia setentrional amapaense: do “mundo” das águas às florestas protegidas**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

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.

SANTOS, Renata. **Atributos naturais da Paisagem do Estado do Amapá: abordagem multiescalar**. Tese (doutorado em geografia), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 2019.

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.

SILVA, S. D. R. **Delimitação de Unidades de Paisagem do Litoral Setentrional Potiguar e Adjacências**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SNIH. Sistema Nacional de Informações Hidrológicas. **Informações de Recursos Hídricos**, 2014. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC: **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Brasília: MMA/SBF. 2000. 32p.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo, 1998.

SOARES-FILHO, F. L.; et al. Role of Brazilian Amazon protect areas in climate change mitigation. **Proceedings os the National Academy of Sciences**, v. 107, 2010.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira; CERQUEIRA, Gustavo Coutinho; ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em Autômato Celular. **Megadiversidade**, v. 3, n. 2, p. 74-86, Minas Gerais, 2007.

SOUZA; E. B. et al., Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o REGM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009.

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.

SOUZA, Shislene Rodrigues. **Dinâmica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Apéu, Nordeste do Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

STANGANINI, Fábio Noel. **Modelagem da dinâmica espacial do uso da terra para o município de São Carlos: condições pretéritas e futuras**. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

TUCCI, C, E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997.

VIEIRA, Pedro Alves; FERREIRA, L. G. Modelagem dinâmica da paisagem aplicada a análise da cobertura e uso do solo na bacia hidrográfica do rio Vermelho, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 67, p. 1217-1230, Rio de Janeiro, 2015.

VITTE, Antonio Carlos. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator**, n. 11, p. 71-78, 2007.

WRM - World Rainforest Movement. A definição de florestas. Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. Montevideu, 2011.

XAVIER, Ana Paula Campos. **Modelagem temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo nas perdas e deposição de sedimentos na bacia do rio Tapacurá (PE)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2017.

Z Aidan, Ricardo Tavares. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia**, v. 7, n. 2, p. 195-201, Juiz de Fora, 2017.