



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



**INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

**GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS APLICADA AO PLANEJAMENTO E GESTÃO
AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA – AM**

BELÉM – PA

2026

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

**GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS APLICADA AO PLANEJAMENTO E GESTÃO
AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA – AM**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia.

Área de concentração: Organização e Gestão do Território.

Linha de pesquisa: Dinâmicas Socioambientais e Recursos Naturais na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo

Coorientador (a): Profa. Dra. Maria Rita Vidal.

BELÉM – PA

2026

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

**GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS APLICADA AO PLANEJAMENTO E GESTÃO
AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA – AM**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Carlos Alexandre Bordalo Leão
Orientador

Professora Dra. Maria Rita Vidal
Coorientadora

Professor. Dr. Eder Mileno Silva de Paula
Examinador Interno

Professor Dr. Edson Vicente da Silva
Examinador Externo

Professor Dr. Carlossandro Carvalho de Albuquerque
Examinador Externo

Professora Dra. Márcia Aparecida Pimentel
Examinador Externo

Data da aprovação: Belém-PA, ____ de ____ de 2026.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD. Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R484g Ribeiro Neves, Renato Kennedy.
GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS APLICADA AO PLANEJAMENTO E
GESTÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PURAQUEQUARA – AM / Renato
Kennedy Ribeiro Neves. — 2026.
148 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Alexandre Bordalo Leão

Coorientação: Profª. Dra. Maria Rita Vidal

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e
Ciências Humanas, Doutorado Interinstitucional em Relações Internacionais,
Belém, 2026.

1. Paisagem. 2. Geoecologia. 3. Bacia do rio Puraquequara. I. Título.

CDD 918.113

A todos que me acompanharam e me deram sustentação emocional, científica e operacional. Sem vocês o caminho seria longo e cansativo, mas, pela graça de Deus, a ajuda integrada me proporcionou viver as paisagens dos livros e do ambiente real.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde mental e física, tão necessárias à conclusão desta Tese de doutorado.

Agradeço a minha família e aos meus amigos pelo apoio incondicional, vocês que sempre foram pacientes e incentivadores do meu progresso.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, que, por meio do Departamento de Cartografia e Geografia acolheu meu projeto de pesquisa, tornando-me discente dessa instituição.

Ao professor Calos Alexandre Bordalo que me concedeu a responsabilidade de desenvolver esta pesquisa, agradeço a sua gentileza e disposição nas horas de aflições.

Ao professor Carlossandro Carvalho de Albuquerque, que me apresentou a uma nova lente de análise geográfica, a Geoecologia da Paisagem.

A minha coorientadora Maria Rita Vidal, fonte de inspiração, sempre disposta a conceder os seus ensinamentos geoecológicos.

Ao amazonense, oriundo do Careiro da Várzea, Samuel Fernandes, caboclo conhecedor do Rio Puraquequara, que me ajudou a subir e descer os caminhos das águas pretas, muitas vezes distantes, mas possível de chegar por meio do seu conhecimento empírico.

Aos professores da banca de qualificação, Edson Vicente da Silva e Eder Mileno de Paula, suas arguições foram fundamentais ao aprimoramento desta pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, que se dispuseram a compartilhar seus campos de visões no decorrer do curso.

RESUMO

A paisagem é uma organização espacial natural mutável de conexões harmônicas que pode despertar o interesse de grupos humanos com diferentes intenções, como domesticar, explorar ou simplesmente habitar. Os recursos naturais que a permeiam são determinantes para manutenção do estado primitivo, entretanto, podem influenciar ou acelerar o grau de deformação de partes estruturais em diversas escalas temporo-espaciais. A necessidade de adotar um modelo condizente com os atributos físicos para cada unidade, torna-se primordial e mantém a evolução sustentável de seu ordenamento interior. Diante disso, no extremo leste do município de Manaus (AM), está constituída a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, sistema composto por complexos territoriais de terra-firme e fluvial que estão conectados ao Rio Amazonas. O limite espacial comporta um mosaico de paisagens mescladas por usos da terra caracterizados por aspectos urbanos, agrícolas e ribeirinhos, configurando-se em células antroponaturais e naturais. O espraiamento industrial e a necessidade de ampliação do sistema viário, estão configurando parcelas das paisagens em ambientes urbanos, sem considerar as regularidades próprias, impactando e alterando as condições estruturais e consequentemente as funções inerentes ao hidro funcionamento da área de estudo. A pesquisa buscou analisar e diagnosticar, através da concepção da Geoecologia da Paisagens, o ordenamento territorial das unidades geoecológicas que formam a bacia hidrográfica analisada, bem como lançou uma proposta alternativa de zoneamento ambiental adequada com a realidade socioespacial. Dessa forma, para área foram delineadas quatro unidades, a saber: Planície Fluvial de Igapó; Colinas Convexas e Tabulares com Florestas Ombrófila Densa e Terraços com Floresta Ombrófila Densa Aluvial. Com objetivo de planejar a gestão territorial e ambiental, foram definidas seis zonas: Usos Múltiplos; Recuperação e Uso Sustentável; Especial de Uso Compartilhado; Usos Especiais; Uso Controlado e Usos Consolidados. Os estudos apresentam recomendações baseadas não só nos aspectos geoecológicos, como também nos problemas e limitações observados no decorrer das pesquisas de campo.

Palavras-chave: geoecologia da paisagem; bacia do rio Puraquequara; Amazonas

ABSTRACT

The landscape is a changing natural spatial organization of harmonious connections that can arouse the interest of human groups with different intentions, such as domestication, exploitation, or simply habitation. The natural resources that permeate it are crucial for maintaining its pristine state; however, they can influence or accelerate the degree of deformation of structural parts at various temporal and spatial scales. The need to adopt a model consistent with the physical attributes of each unit becomes paramount and maintains the sustainable evolution of its internal order. In this context, the Puraquequara River basin lies in the easternmost part of the municipality of Manaus (AM), a system composed of dryland and riverine territorial complexes connected to the Amazon River. The spatial boundary encompasses a mosaic of landscapes intermingled with urban, agricultural, and riverine land uses, configuring anthroponatural and natural cells. The Industrial sprawl and the need to expand the road system are transforming parts of the landscape into urban environments, disregarding their inherent regularities, impacting and altering the structural conditions and, consequently, the functions inherent to the hydrological functioning of the study area. The research sought to analyze and diagnose, through the concept of Landscape Geoecology, the territorial planning of the geoecological units that make up the analyzed river basin, as well as to propose an alternative environmental zoning appropriate to the socio-spatial reality. Thus, four units were delineated for the area: the Igapó River Plain; Convex and Tabular Hills with Dense Ombrophilous Forests; and Terraces with Dense Ombrophilous Alluvial Forests. To plan territorial and environmental management, six zones were defined: Multiple Uses; Recovery and Sustainable Use; Special Shared Use; Special Uses; Controlled Use; and Consolidated Uses. The studies present recommendations based not only on geoecological aspects but also on the problems and limitations observed during the field research.

Keywords: landscape geoecology; Puraquequara River basin; Amazon

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus-Amazonas (BR).....	25
Figura 2 – Mapa de clima da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	51
Figura 3 – Elasticidade do Pulso de Inundação (PI) no sistema Negro/Solimões/Amazonas, na estação do Porto de Manaus.....	54
Figura 4 – Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	56
Figura 5 – Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	59
Figura 6 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	62
Figura 7 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	65
Figura 8 – Mapa das unidades pedológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	68
Figura 9 – Mapa da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	71
Figura 10 – Cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM) entre os 2016 a 2025.....	74
Figura 11 – Unidades Geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	79
Figura 12 – Seção longitudinal da planície de fluvial do rio Puraquequara (porção central)	80
Figura 13 – Aspectos da estrutura de paisagem de planície fluvial do rio Puraquequara	81
Figura 14 – Seção de contato geoecológico da planície fluvial de igapó com os terraços com floresta ombrófila fluvial	82
Figura 15 – Aspectos estruturais das paisagens de terraço com floresta ombrófila densa aluvial	83
Figura 16 - Colinas Tabulares com floresta ombrófila densa (2°57'57.02"S/ 59°52'14.17"O) na bacia do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	84
Figura 17 – Aspectos estruturais das Colinas Tabulares com floresta ombrófila densa de terra firme ..	85
Figura 18 – Colinas Convexas cobertas por floresta ombrófila densa de terra firme, localizada na rua Recanto da rainha, próxima a estrada do Brasileiro Km 4.....	86
Figura 19 - Aspectos estruturais das Colinas Convexas com floresta ombrófila densa de terra firme ..	87
Figura 20 - Sincronização com as fases de inundação	91
Figura 21 – Barras sedimentar longitudinal acrescida de material folia durante a fase terrestre, na margem direita da planície fluvial	92
Figura 22 – Espécies de aves observada na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, fase terrestre	93
Figura 23 - Estrutura Funcional da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	95
Figura 24 – Seções geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	99
Figura 25 – Moradias ribeirinhas na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara	101
Figura 26 – Modelos de casas flutuantes na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara	101
Figura 27 – Dinâmica do transporte fluvial na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara	102
Figura 28 – Pesca na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara	104
Figura 29 – Principais problemas identificado na planície fluvial de igapó da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	106
Figura 30 – Padrão de moradias em diferentes seções topográficas nas unidades de terraços com floresta densa aluvial na bacia hidrográfica do rio Puraquequara.....	107
Figura 31– Atividades econômicas em unidade geoecológicas de terraços	108
Figura 32– Mosaico de ambiente em unidades geoecológicas de terraços com floresta ombrófila aluvial	109
Figura 33 – Seções da paisagem de terraços em área urbana.....	110
Figura 34 – Placa informativa do Exército Brasileiro, proibindo a caça, a pesca e o corte de madeira, margem esquerda da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	111

Figura 35 – Principais atividades econômicas em unidades de colinas convexas com floresta ombrófila densa	112
Figura 36 – Paisagens de colinas convexas com floresta ombrófila densa em área urbana	113
Figura 37 – Paisagens de colinas tabulares com floresta ombrófila densa em área urbana.....	115
Figura 38 – Proposta de Zoneamento Ambiental para a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	29
Tabela 2 – Descrição das classes de Cobertura e Uso da Terra definidas para a Bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	30
Tabela 3 - Caracterização das Áreas Úmidas (AUs) de acordo com a situação hidrológica	54
Tabela 4 - Área e porcentagem das Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	57
Tabela 5 – Área e porcentagem das Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do Puraquequara, Manaus (AM)	60
Tabela 6 - Áreas e porcentagem das classes de cotas altimétricas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus – AM	63
Tabela 7 – Área e porcentagem de classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	66
Tabela 8 – Área e porcentagem dos Tipos de solo da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus – AM	69
Tabela 9 – Área e porcentagem da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	72
Tabela 10 – Área das classes temáticas em (Km ²) e (%) da Cobertura e Uso da Terra na bacia hidrográfica do rio Puraquequara entre os anos de 2016 e 2022	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fases de aplicação do estudo geoecológico na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	26
Quadro 2 - Base de dados aplicados a Análise Geoecológica da Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	27
Quadro 3 - Parâmetros do sensor MultiSpectral Instrument (MSI)/Sentinel 2.....	30
Quadro 4 – Atributos sistêmicos identificados da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	33
Quadro 5 – Principais geofluxos que potencializam e dinamizam a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)	34
Quadro 6 - Funções geoecológicas para composição da cartografia estruturo-funcional da Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM).....	34
Quadro 7 – Categorias de Uso e Ocupação do Solo e as subcategorias do Macrozoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Amazonas (BR).....	47
Quadro 8 - Unidades Geoecológicas	88
Quadro 9 - Problemas, limitações e potencialidades inerentes as unidades geoecológicas espacializadas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ESA – Agência Espacial Europeia

BDiA – Banco de Dados e Informações Ambientais

BHRP – Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

APP – Área de Preservação Permanente

CIGS – Centro de Instrução de Guerra na Selva

DI – Distrito Industrial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IES – Instituições de Ensino Superior

INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INCRA – Instituto de Colonização de Reforma Agrária

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MDT – Modelo Digital de Elevação

MZEE – Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Amazonas

PIM – Polo Industrial de Manaus

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PPGEO – Programa de Pós-Graduação em Geografia

PNMA – Plano Nacional de Meio Ambiente

PROFÁGUA – Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

PROFCIAMB – Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais

PPGM – Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra do Ambiente

SNGR – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUREG/MA – Superintendência Regional de Manaus

UFC – Universidade Federal do Amazonas

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UEA - Universidade do Estado do Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

UFPA – Universidade Federal do Pará

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SDS - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

ZAF – Zoneamento Ambiental e Funcional

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

ZUP – Zona de Uso Produtivo

ZURC – Zona de Uso Restrito Comunitário

ZPIA – Zona de Preservação Integral

SUMÁRIO

PARTE 1.....	18
1 INTRODUÇÃO	18
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	19
1.3 HIPÓTESES DA PESQUISA.....	21
1.4 JUSTIFICATIVA	21
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	22
1.5.1 Objetivo geral	22
1.5.2 Objetivos específicos.....	22
1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE	22
 PARTE 2	 24
2. METODOLOGIA.....	24
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.3 FASE DE ORGANIZAÇÃO E INVENTÁRIO	27
2.4 MAPEAMENTO DOS COMPONENTES NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA	28
2.5 FASE DE ANÁLISE.....	31
2.6 FASE DIAGNÓSTICO	35
2.7 FASE PROPOSITIVA	36
 PARTE 3	 38
3. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL.....	38
3.1 A PAISAGEM COMO RECORTE DE ANÁLISE GEOGRÁFICA	38

3.2 APLICAÇÃO DA ANÁLISE GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM	40
3.2.1 Enfoque estrutural.....	41
3.2.2 Enfoque Funcional.....	43
3.3 POTENCIALIDADES, LIMITAÇÕES E PROBLEMAS EM UNIDADES GEOECOLÓGICAS	44
3.4 AS BACIAS HIDROGRÁFICA COMO CATEGORIA DE ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO	45
3.5 ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO EM UNIDADES GEOECOLÓGICAS	46
 PARTE 4	 50
4 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA, MANAUS (AM).....	50
4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS.....	50
4.2 COMPONENTES GEOLÓGICOS	55
4.3 GEOMORFOLOGIA.....	58
4.4 HIPSOMETRIA	61
4.5 DECLIVIDADE.....	63
4.6 SOLOS.....	67
4.6 COBERTURA VEGETAL	70
4.8 COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA.....	72
 PARTE 5	 78
5 ANÁLISE DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA.....	78
5.1 ESTRUTURA GEOECOLÓGICA DA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA	78
5.1.2 Planície Fluvial de Igapó	80
5.1.3 Terraços com Floresta Ombrófila Densa Aluvial.....	82

5.1.4 Colinas Tabulares com Floresta Ombrófila Densa.....	83
5.1.5 Colinas Convexas com Floresta Ombrófila Densa.....	85
5.1.6 Funcionamento das unidades geoecológicas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara	90
5.1.7 Relações laterais (geofluxos) na bacia hidrográfica do rio Puraquequara.....	96
PARTE 6	100
6 POTENCIALIDADES, PROBLEMAS E LIMITAÇÕES NAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA .	100
PARTE 7	119
7 PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA AS UNIDADES GEOECOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA .	119
7.1 ZONA DE USO MÚLTIPLO (ZUM)	121
7.2 ZONA DE RECUPERAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL (ZRUS)	123
7.3 ZONA ESPECIAL DE USO COMPARTILHADO (ZEUC)	124
7.4 ZONA DE USO ESPECIAL (ZUE).....	125
7.5 ZONA DE USO CONTROLADO (ZUC).....	126
7.6 ZONA DE USO DISCIPLINADO (ZUD)	127
PARTE 8	129
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS.....	133

PARTE

1

1 INTRODUÇÃO

O estudo dos ambientes amazônicos é um desafio para a Ciência Geográfica, sobretudo pela elevada diversidade de paisagens naturais que constitui a Amazônia (Rodriguez, 2018). A dimensão territorial e as condições de acesso às realidades socioespaciais, bem como a qualidade dos insumos matriciais de baixo custo, tão importantes no mapeamento e monitoramento domínios paisagísticos, tendem a dificultar a acurácia de análises e diagnósticos ambientais.

Cenas obtidas por sensores remotos em faixas do município de Manaus caracterizam-se por apresentar feições morfológicas aparentemente semelhantes, contrastando com a rede hidrográfica, que se distingue em suas propriedades limnológicas e nos padrões fluviais, entretanto, isso é contestado quando se observa detalhadamente as variações topográficas que influenciam a distribuição dos solos e tipos de florestas que compõem paisagens (Ferraz *et al.*, 2012).

A natureza do terreno manauara é configurada por duas grandes unidades de paisagens, as de terra-firme e as de áreas úmidas (Junk *et al.*, 2020). Nas primeiras, se enquadram as partes mais elevadas e planas (platôs), predominando solos do tipo latossolos cobertos por floresta de terra firme. Nas encostas, os argissolos dispõem da mesma flora, porém com dossel menor, entre as vertentes e o baixio, podem ocorrer a formação vegetal de campinaranas sobre os espodossolos e campinas em porções mais baixas com neossolos (Ferraz *et al.*, 2012).

As áreas úmidas estão às margens de igarapés, rios e afluentes que margeiam as terras-firmes. Os pequenos canais hidrográficos sofrem frequentes inundações pelas chuvas locais e são monodominantes os buritizais, que estão associados a solos arenosos encharcados e cobertos por espessas camadas de liteira (Marinho *et al.*, 2015). Já ao longo das margens de grandes canais de drenagem, sobretudo o Negro e o Amazonas, as paisagens ribeirinhas de igapó e várzea têm o hidrofuncionamento condicionado pelos pulsos monomodais que desencadeiam uma fase de cheia e seca por ano (Rosa *et al.*, 2015), tal dinâmica fluvial resulta em um mosaico de ambientes com espécies herbáceas e de florestas alagáveis.

O estado primitivo dos complexos paisagísticos citados anteriormente é observado quando nos distanciamos para os extremos do município. A percepção de paisagem intocada

ganha novos elementos ao adentrarmos tipologias herdadas da *Belle Époque* e as paisagens contemporâneas oriundas da instalação do modelo Zona Franca de Manaus.

A interação entre as condições naturais e a produção social refletiu na construção de novas camadas sobre o tecido primário da paisagem. A ampliação do espaço urbano desconsiderou e desvalorizou as florestas e os igarapés, estes que singularmente são mais vulneráveis às mudanças, sejam climáticas ou decorrentes do antropismo (Filizola e Guyot, 2011; Valle e Oliveira, 2003). Desde sua criação, a área urbana de Manaus tem enfrentado problemas recorrentes de desastres naturais, como as cheias e vazantes do Rio Negro, além dos problemas ambientais ampliados pelo crescimento urbano desordenado ao longo dos anos e concentração da população carente em áreas impróprias, como as encostas e planícies de inundação dos igarapés (CPRM, 2012).

Os reflexos espaciais estão concretizados nas microbacias, especialmente a do Mindu/São Raimundo, que concentram por volta de 37% da população manauara, de modo que o perímetro cruza a cidade de nordeste a sudoeste, com desague no rio Negro (Lemos e Costa, 2017).

No extremo leste, situa-se a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, que se difere das urbanas por ainda dispor de um mosaico de paisagens naturais e antropizadas. Por essas condições, a aplicação dos estudos geossistêmicos para essas estruturas torna-se favorável, pois a bacia é um sistema aberto, de interação climática, litológica, biogeográfica, que condiciona a estruturação da rede de drenagem à estabilidade das formas de relevo, qualquer modificação nas variáveis pode desestabilizar o estado natural do geossistema (Christofolletti, 1980).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Levantamentos produzidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) estimam que o município tem uma extensão territorial de 11.401,092 Km², em termos demográficos, concentra uma população absoluta de 2.063.689 habitantes, que estão distribuídos entre áreas rurais, urbanas e de transição (IMPLURB, 2022).

O comportamento espacial da mancha urbana vem se dispersando para os extremos geográficos leste e norte. O espraiamento horizontal está convertendo de forma predatória componentes paisagísticos em espaços de habitação humana sem planejamento urbano e ambiental. Nesse limite, estão delineadas as Zonas Territoriais Urbanas (ZTU) Norte e Leste, cujo relevo é mais acidentado e com maior registro de ocupações em áreas de risco (CPRM,

2012). As zonas alocam cerca de 1.144,395 habitantes, correspondendo a mais de 50% da população do município e dispõem de uma extensa rede hidrográfica proveniente dos sistemas fluviais do Tarumã e do Puraquequara, afluentes dos rios Negro e Amazonas, respectivamente.

Na interface das ZUTs, está o complexo territorial da bacia rio Puraquequara, formada por grupos morfológicos de terra-firme e fluviais. A conversão de partes dessas superfícies em camadas urbanas/rurais se processa de forma mais intensa na margem direita, especificamente no eixo sudoeste (Miranda, 2017; Neves *et al.*, 2020). Ocupações irregulares se estendem por toposequência de platôs, vertentes e fundo de vales nos bairros Jorge Teixeira e Distrito Industrial II, onde também se situam os recentes aglomerados Coliseu I, II e III e Novo Horizonte, que ocupam interflúvios de aproximadamente 2km² de área, que seria destinada ao delineamento de Área de Preservação Permanente (APP) da microbacia do igarapé do Boa Vista.

Outras transformações espaciais estão subordinadas à implantação do Complexo Vário Anel Leste. A construção iniciada em 2019, tem o objetivo de melhorar a mobilidade urbana e gerar benefícios ao Polo Industrial de Manaus (PIM), facilitando o trajeto de veículos que saem do Distrito Industrial I e II com destino ao aeroporto Internacional Eduardo Gomes e às rodovias AM10 e BR 174. Porém, algumas mudanças já são observadas após a abertura de estradas e ramais. O loteamento de áreas de floresta primária já é percebido ao longo do trajeto das Avenidas Adolpho Ducke, Margarita e nas imediações do Anel Viário Leste, assim como as alterações em trechos de igarapés e o crescimento no número de espaços recreacionais, como balneários e chácaras ao longo das vias. A perspectiva inicial de expansão de empreendimentos industriais, comerciais e habitacionais para interior da bacia do rio Puraquequara tendência à descaracterização dos aspectos fisiográficos das microbacias do igarapé do Ipiranga e Mendú, pois estão na rota de expansão urbana e industrial do município de Manaus.

Em síntese, o contexto e a situação ambiental do objeto de estudo conduzem a pesquisa para uma visão sistêmica de análise ambiental, buscando por meio dos enfoques estrutural e funcional, caracterizar o ordenamento espacial e as relações funcionais entre os seus componentes (Rodriguez; Silva e Cavalcanti, 2022). Um modelo de estudo baseado na concepção teórica e metodológica da Geoecologia da Paisagem é aplicável à seção de estudo, visto que a paisagem é formada por um conjunto de componentes naturais e antroponaturais que interatuam numa condição espaço-temporal, onde as conexões são harmônicas tanto na estrutura, como na função (Rodriguez *et al.*, 1995).

Diante disso, a pesquisa objetiva responder as questões norteadoras: As formas de ocupação urbana e rural estão comprometendo a estrutura e o funcionamento das unidades de

paisagens? A análise geoecológica da paisagem permite caracterizar as potencialidades, problemas e limitações da bacia? A implantação do Sistema Viário Leste poderá gerar impactos ambientais aos afluentes da margem direita, em especial aos igarapés do Ipiranga e do Mendu?

1.3 HIPÓTESES DA PESQUISA

- A implantação do Complexo Viário Anel Leste, que se processa na porção sudoeste bacia, pode influenciar na conversão da cobertura e uso da terra na porção sudoeste bacia.
- A expansão da mancha urbana causará progressivas alterações na estrutura e funcionamento das paisagens que integram as microbacias dos igarapés do Boa Vista, Ipiranga e Mendu, caso não ocorra comprometimento ambiental das frentes fiscalizadoras.

1.4 JUSTIFICATIVA

A proposta de pesquisa para área de estudo é relevante pelo conjunto de fatores espacialmente inerentes a área de pesquisa, tais como:

- A bacia hidrográfica do rio Puraquequara detém recursos naturais vitais para desenvolvimento social e econômico, garantindo o uso sustentável de suas unidades naturais, especialmente pelo ramo do ecoturismo;
- As águas superficiais são fonte de renda e subsistência para as comunidades ribeirinhas;
- É afluente da margem esquerda do rio Amazonas e serve como linha de transporte e abastecimento de recursos pesqueiros e vegetais para o bairro do Puraquequara e localidades adjacentes;
- Na margem esquerda, a presença do Centro de Instrução de Guerra na Selva (CIGS), do Exército Brasileiro, garante a conservação do estado natural de pelo menos oito microbacias;
- A bacia concentra a Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke (APA-DUCKE), com aproximadamente 18.240,82 hectares, sendo considerada uma superfície estratégica de conservação da biodiversidade do Bioma Amazônia.

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.5.1 Objetivo geral

A pesquisa teve como objetivo central compreender a geoecologia da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, localizada no extremo leste do município de Manaus, produzindo subsídio ao planejamento e gestão ambiental das unidades geoecológicas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar e quantificar os componentes que integram a estrutura espacial da bacia hidrográfica;
- Delinear e analisar a estrutura e o funcionamento das unidades geoecológicas dentro da bacia dispostas entre terra-firme e fluvial;
- Diagnosticar as potencialidades, limitações e problemas que afetam a estrutura-funcional das unidades geoecológicas;
- Elaborar um modelo alternativo de Zoneamento Ambiental compatível com as potencialidades e fragilidades da área de estudo.

1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE

A pesquisa está estruturada em oito partes, a saber:

- Parte 1, Introdução – Nesse tópico foi realizada uma breve descrição das paisagens naturais e antroponaturais do município de Manaus e da área de estudo. São descritos também os problemas que permeiam a pesquisa, bem como as justificativas, hipóteses e objetivos;
- Parte 2, Metodologia – Dedicar-se a descrever os procedimentos metodológicos aplicados no decorrer da pesquisa. O capítulo aborda as fases da análise geoecológica associada à análise do material textual e aos procedimentos de elaboração do material cartográfico;
- Parte 3, Referencial Teórico – Aborda os conceitos geográficos inerentes à pesquisa, destacando os principais teóricos que atuam na temática de análise e diagnóstico geoecológico em bacias hidrográficas, bem como no planejamento e na gestão ambiental de unidades geoambientais;

- Parte 4, Caracterização geográfica da bacia hidrográfica do rio Puraquequara – São apresentadas as características formativas dos geocomponentes que integram o limite espacial de pesquisa, os dados são analisados sistematicamente e, posteriormente, faz-se a descrição de cada uma das partes estruturais do geossistema;
- Parte 5, Análise e Diagnóstico Geoecológico da bacia do rio Puraquequara – São apresentadas as unidades geoecológicas, com enfoque na análise estrutural e funcional das unidades paisagens;
- Parte 6, Potencialidades, problemas e limitações nas unidades geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara – são apontadas as potencialidades, limitações e problemas que permeiam o sistema paisagístico da área de pesquisa;
- Parte 7, Proposta de Zoneamento Ambiental e Funcional para as unidades Geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara – Propõe um modelo alternativo de zoneamento ambiental alicerçado na sustentabilidade estrutural e funcional da bacia. Dois fatores foram primordiais para o delineamento: a tutela da terra e as condições geoecológicas das unidades de paisagem;
- Parte 8, Conclusões e referências bibliográficas.

PARTE

2

2. METODOLOGIA

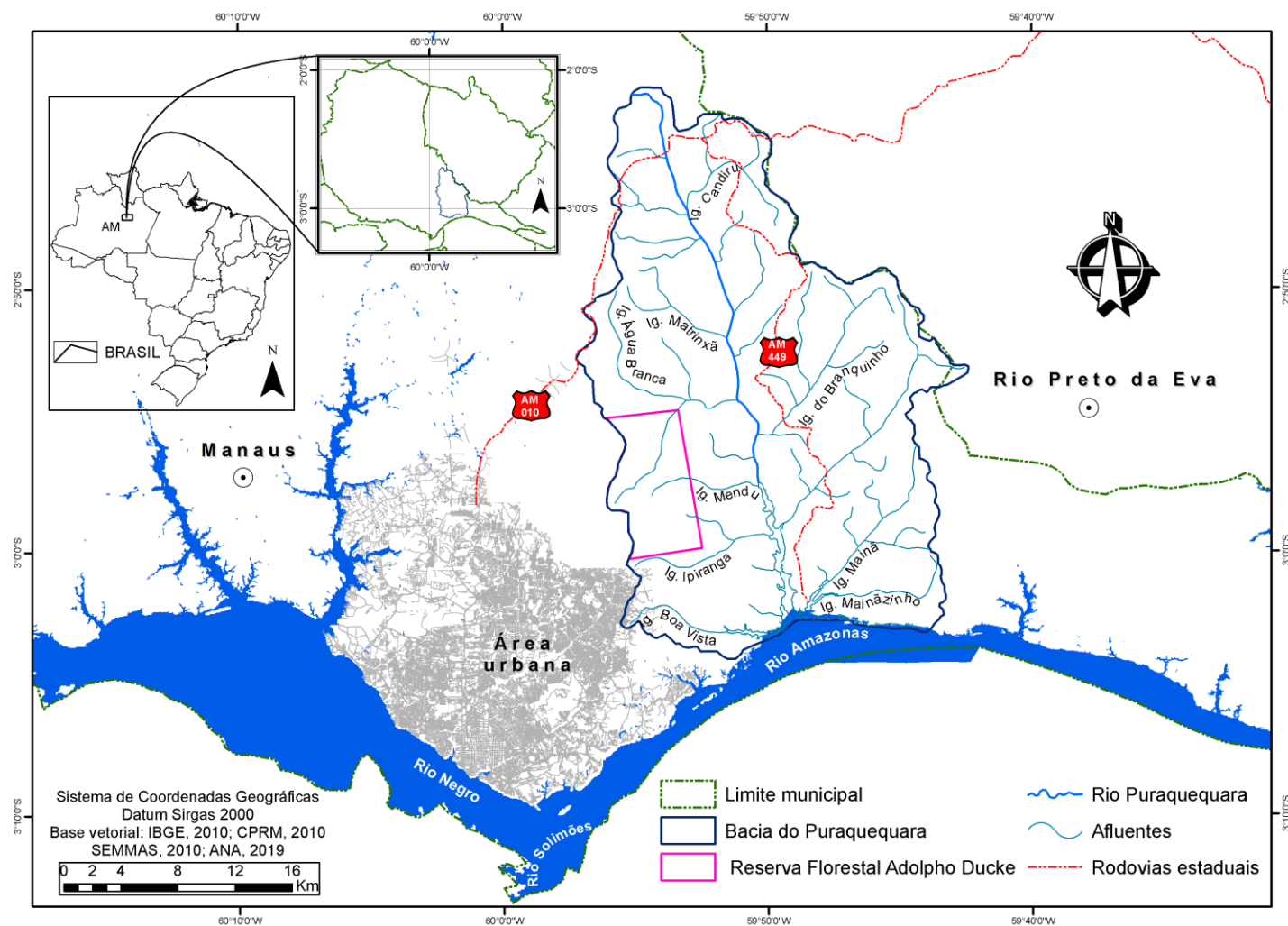
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A seção de pesquisa compreende parcelas de dois grandes grupos de paisagens que formam a superfície de Manaus, as unidades de terra-firme e as fluviais. Situada na Mesorregião Central do estado do Amazonas, a bacia hidrográfica tem como canal principal o rio Puraquequara, que desagua na margem esquerda do Rio Amazonas. Ela está posicionada no extremo leste, na divisa entre Manaus e Rio Preto da Eva. A área de drenagem tem aproximadamente 693,45 Km², representando 6% do território manauara (Figura 1).

A bacia está organizada em padrões genético-morfológicos que se manifestam numa ordem topológica dinamizada por um sistema em cascata, de modo que a fisiologia dos padrões formativos está interligada aos aspectos hidroclimáticos regionais e globais, que alternam as fases dinâmicas das paisagens, especialmente o estado periódico e cíclico de igarapés de terra-firme e planícies alagáveis, respectivamente.

As faixas terrestres estão particionadas entre entes federativos da esfera municipal e federal. A maior extensão fica na margem esquerda, a força terrestre militar detém o domínio e controle da área, que é destinada a treinamentos de guerra na selva. O bairro Distrito Industrial, apesar de integrar a zona urbana, está sob tutela da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), que destina lotes às atividades agroindustriais. Parte da macroárea urbana se configura no setor sudoeste, delimitada pelos bairros Jorge Teixeira e Puraquequara; no centro, está delineada a Área de Proteção Ambiental da Reserva Adolpho Ducke (APA-DUCKE), que se estende longitudinalmente do igarapé do Água Branca até a borda sul da Reserva Ducke, com extensão linear da borda leste à margem direita do rio Puraquequara, fragmento que faz parte da macroárea de transição do município, sendo que parcelas de terras estão tuteladas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). No setor norte da bacia, estão agrupadas as faixas morfológicas que ocupam a zona rural do município.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus-Amazonas (BR)



Fonte: adaptado de Neves, Bordalo e Vidal, 2024.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O planejamento ambiental, sustentado no eixo interdisciplinar e integrativo fornecido pela Geoecologia da Paisagem, tem a proposta de produzir estratégias para o ordenamento territorial e ambiental, e possibilitar o equilíbrio entre os geocomponentes e os sistemas de objetos artificiais acrescentados historicamente às tipologias de paisagens (Rodriguez; Silva, 2016; Silva; Rodriguez, 2014; Guerra *et al.*, 2024).

A aplicação dos estudos geoecológicos em bacias hidrográficas engloba desafios de diversidades dimensionais e das complexas interrelações socioambientais, a análise sistêmica tem contribuído na construção de modelos de gestão territorial adequados ao hidrofuncionamento dessa categoria de análise (Silva; Rodriguez, 2014; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022). Para o alcance dos objetivos, a pesquisa esteve alicerçada nos procedimentos de aplicação da Geoecologia das Paisagens no que tange os aspectos estruturais e funcionais (Albuquerque, 2012; De Paula, 2017; Guerra *et al.* 2024; Lima e Farias, 2023; Rodriguez; Silva, 2016; Vidal, 2014), considerando quatro fases do Planejamento e Gestão Ambiental.

Quadro 1: Fases de aplicação do estudo geoecológico na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

FASES DO PLANEJAMENTO AMBIENTAL	APLICAÇÃO
ORGANIZAÇÃO E INVENTÁRIO	✓ Delinear a unidade espacial de pesquisa; ✓ Definir dos objetivos; ✓ Realizar expedições para o reconhecimento da situação logística e de compatibilização com os objetivos; ✓ Elaborar o inventário dos componentes naturais; ✓ Produzir o inventário dos elementos artificiais correlacionados com aspectos socioeconômicos.
ANÁLISE	✓ Realizar a análise da estrutura espacial e funcional; ✓ Definir as unidades geoecológicas; ✓ Delinear as relações laterais (geofluxos)
DIAGNÓSTICO	✓ Diagnosticar o estado geoecológico das unidades geoambientais associado ao inventário de elementos artificiais e de aspectos socioeconômicos; ✓ Apontar as potencialidades, limitações e problemas de cada unidade
PROGNÓSTICO	✓ Definir as zonas alternativas ao Planejamento e Gestão Ambiental da bacia; ✓ Propor medidas de adequação para as atividades às condições geoecológicas de cada unidade.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025; adaptado de De Paula, 2017.

2.3 FASE DE ORGANIZAÇÃO E INVENTÁRIO

A condução da pesquisa foi fomentada por recursos científicos alocados em acervos digitais e físicos produzidos por pesquisadores que adotaram a Geoecologia da Paisagem como caminho teórico e metodológico nas suas análises e diagnósticos ambientais. A compreensão do Estado da Arte direcionou o estudo geoecológico a adotar a bacia hidrográfica como recorte espacial de análise local, visto que a unidade é um sistema ambiental compartimentado por divisores e interflúvios que emitem Energia, Matéria e Informação (E.M.I), por geofluxos gravitacionais e fluviais que interagem em cascata com as paisagens oriundas do próprio sistema, mas sem desconsiderar a influência regional, sobretudo dos aspectos hidroclimáticos.

Foram visitados os acervos digitais das bibliotecas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), da Universidade Federal do Pará (UFPA), da Universidade Federal do Ceará (UFC) e plataformas *online* das Instituições de Ensino Superior (IES), além da consulta a livros (físicos), periódicos nacionais e internacionais.

As informações cartográficas inventariadas foram extraídas a partir da poligonal da área de pesquisa fornecida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAS). Em seguida, foram acessados os acervos da Agência Espacial Europeia (ESA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e do Instituto de Colonização de Reforma Agrária (INCRA). As informações climatológicas são provenientes do banco de dados do IPEF e da CPRM, as cotas fluviais foram coletadas do banco digital da estação fluviométrica do Porto de Manaus, disponibilizados em plataforma *online*. A base cartográfica aplicada ao estudo está sintetizada no Quadro 2. Para as análises espaciais, foi utilizado Sistema Informações Geográficas (SIG), *software* ArcGis, versão 10.8. A confecção dos mapas temáticos manteve a escala de 1:250 000, com aproximação de 1:210 000; os dados foram reprojetados para Datum Sirgas 2000 e convertidos para o Sistema de Referência de Coordenadas Planas – UTM, Zona 21 SUL. Para cada componente, foi calculada a área em Km² e a porcentagem, conforme é descrito no trabalho Neves *et al.* (2020).

Quadro 2 - Base de dados aplicados a Análise Geoecológica da Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

FORMATO	ATRIBUTOS	FONTE	ESCALA/RESOLUÇÃO ESPACIAL
	Geologia	CPRM	1:250 000
	Geomorfologia	CPRM/IBGE	

Vetorial	Pedologia	CPRM/CARTA GEOTÉCNICA	1:250 000/1:25 000
	Cobertura Vegetal	IBGE/Banco de Dados e Informações Ambientais	1: 250 000
	Hidrografia	IPAAM/CPRM	1: 250 000
	Assentamento	INCRA	1:250 000
	Unidade de Conservação	SEMMAS	1: 250 000
	Macroáreas do Município	SEMMAS	1:250 000
Matricial	Climatologia	IPEF	100m
	Cena 20MRB de 06/08/2016 do Sentinel MST LA2	ESA	10m
	Cena 20MRB de 27/07/2019 do Sentinel MST LA2		
	Cena 20MRB de 04/08/2025 do Sentinel MST LA2		
	Hipsometria	INPE/TOPODATA: Folha SD 02S60	1: 250 000/ 30 m
	Declividade		

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Foram realizadas incursões fluviais e terrestre com objetivo de conhecer a dinâmica natural e socioeconômica bacia, que ocorreram entre os anos de 2022 e 2025, acompanhando os períodos hidrológicos de enchente (janeiro), cheia (junho), vazante (agosto) e seca (novembro). A documentação fotográfica foi produzida com sensor modelo Canon EOS Rebel e um smartphone modelo G20, as imagens aéreas foram feitas pela Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), modelo Phantom 3, versão Profissional, nas quais foi adotado um padrão de altura de 80-120m, com visada no sentido oblíqua. A validação das informações inventariadas, mapeadas e observada em campo ao longo da pesquisa, teve auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo MAP 64x, para posterior tabulação em gabinete.

2.4 MAPEAMENTO DOS COMPONENTES NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA

O mapa de padrões geológicos foi confeccionado tomando como base o levantamento cartográfico produzido pela CPRM (2011). Os arquivos das folhas AS.21-Y-A (Rio Uatumã) e AS.21-Y-C (Manaus – E), de 2011, disponibilizam informações estruturais, hidrográficas e litológicas do extremo leste do município de Manaus e localidades adjacentes. As folhas foram mosaicadas pelo procedimento *merge*, posteriormente, foi extraído o limite espacial da seção litológica da área de estudo, em seguida, realizou-se a reclassificação das unidades geológicas.

Da mesma forma, foi realizada para o componente geomorfológico, porém, considerou-se os trabalhos produzidos pela CPRM (2010), Furtado (2020) e IBGE (2023).

As unidades pedológicas são oriundas da CPRM (2010), que disponibilizou em formato vetorial a base cartográfica do Projeto Geodiversidade do Estado do Amazonas. Para identificar a granulometria dos tipos de solo, comparou-se com os dados da Cartografia Geotécnica de Aptidão a Urbanização da Zona de Expansão e de Baixa Ocupação da cidade de Manaus, divulgada pela CPRM (2019), o estudo realizou ensaios granulométricos e de limite de consistências em quadrículas de 12 Km², o trabalho contemplou a margem direita da bacia hidrográfica do rio Puraquequara.

Os mapas de Hipsometria e Declividade foram elaborados com base na folha SB 02S60 do Modelo Digital de Elevação (MDE), produzido pelo projeto TOPODATA, em 2011. As condições de declividade do terreno estão classificadas conforme Santos *et al.*, 2018, que definiu a declividade em níveis topográficos. Nessa pesquisa, foram reclassificadas e cartografadas as seguintes classes: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Características das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

Declividade (%)	Classe	Características
0 – 3	Plano	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnive- lamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0% a 3%.
3 – 8	Suave ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3% a 8%.
8 – 20	Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8% a 20%.
20 – 24	Forte ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50 m a 100 m e de 100 m a 200 m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20% a 45%.

Fonte: Santos *et al.*, 2018.

O mapa de Vegetação foi elaborado a partir dos dados geoespaciais das Unidades de Mapeamento, que estão representadas por feições poligonais na plataforma Banco de Informações Ambientais (BDiA); as vetoriais foram compiladas com detalhamento de 3º nível de escala de visualização (IBGE, 2023). Os dados estão organizados de forma hierárquica e contempla tipos de vegetações naturais, secundárias e áreas antrópicas.

Os mapas de Cobertura e Uso da Terra (UCT) foram elaborados mediante a aquisição de imagens orbitais gratuitas do satélite Sentinel-2, do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) de resolução espacial de 10m, o que significa que o menor detalhe capturado abrange uma área de 100m² e possibilita gerar produtos numa escala de mapeamento de 1:100 000 (Florenzano, 2005; 2008). As cenas corresponderam às seguintes datas: 06 de agosto de 2016 (início da vazante), 27 de julho de 2019 (cheia) e 04 de agosto de 2025 (início da vazante), os parâmetros do sensor são descritos no Quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros do sensor MultiSpectral Instrument (MSI)/Sentinel 2

Sentinel 2 – MultiSpectral Instrument (MSI)		
Banda	Espectral (µm)	Espacial (m)
2 - Azul	0,490	10
3 - Verde	0,560	10
4 - Vermelho	0,665	10

Fonte: adaptado de Fitz (2008) e Freires *et al.* (2019).

A técnica de classificação não-supervisionada foi aplicada à seção de estudo. Nesse tipo de análise, o classificador baseia-se no agrupamento de nuvens (clusters) formada por *pixels* com atributos semelhantes (IBGE, 2013; Florenzano, 2008; Fitz, 2008), com objetivo de caracterizar e distinguir padrões e objetos na imagem (Korting, 2006). As tipologias espaciais são identificadas por processamento automático, entretanto, o pesquisador deve possuir conhecimento espacial a nível local, para, assim, dar prosseguimento às análises e obter exatidão espacial. O mapeamento propôs cinco tipologias: vegetação primária, vegetação secundária, solo exposto, águas continentais e mancha urbana, conforme é observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição das classes de Cobertura e Uso da Terra definidas para a Bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

CLASSE	DESCRIÇÃO
Águas Continentais	Incluem todos os recursos hídricos interiores, que foram representados rio principal e seus tributários.
Vegetação Primária	Caracterizada como de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente suas características originais de estrutura e de espécies.
Vegetação Secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea.
Solo Exposto	Áreas sem cobertura vegetal, oriundos de zonas de exploração de madeira ou desenvolvimento de áreas agrícolas, pecuária e mineração (extração de areia).

Mancha Urbana	Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural.
----------------------	---

Fonte: IBGE, 2013.

O tratamento das imagens de satélite iniciou-se com a correção atmosférica pelo *software SNAP, versão 9.0.0*, para as bandas referentes ao ano de 2016. A aplicação do processador Sen2cor é específico para produtos Sentinel-2, convertendo reflectância aparente em reflectância de superfície (Santos *et al.*, 2017).

As bandas espectrais foram exportadas para a interface *ArcMap*, para aplicação do algoritmo *image analysis*, que objetivou a composição colorida RGB, correspondendo aos canais 4(Red)-3(Green)-2(Blue), cor verdadeira. Em seguida, as imagens foram reprojetaadas. Aplicaram-se técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI), a fim de melhorar os aspectos visuais das composições por meio dos reajustes em parâmetros de contraste, transparência, brilho e histograma (Braz *et al.*, 2017; Florenzano, 2008; Soares, 2016).

A extração da área de interesse procedeu-se com a aplicação do algoritmo *spatial analyst>extrac by mask*. O procedimento classificou as tipologias através do algoritmo *Image Classification>Isso Cluster Unsupervised Classification*, em seguida, foi aplicado o algoritmo *Conversion>Raster To Polygon*, o qual converteu os dados matriciais em vetoriais. Na tabela de atributos foram criados os seguintes campos: área da bacia, área coberta e porcentagem. Sob aporte da *calculate geometry*, ocorreu o cálculo das áreas em Km² e em percentuais.

2.5 FASE DE ANÁLISE

Essa fase se debruçou na análise conjunta do material cartográfico, das informações acervadas e os registros feitos no decorrer das expedições de campo iniciadas na fase de organização e inventário. A compreensão desse arcabouço colaborou para diferenciar e classificar os corpos naturais espacialmente distribuídos no interior da bacia analisada (Rodriguez e Silva, 2002).

Dessa forma, neste percurso, foi realizado o delineamento cartográfico das unidades geológicas para a bacia hidrográfica do rio Puraquequara. O mapeamento foi balizado pela análise sistêmica das inter-relações dos geocomponentes verticais que interatuam por meio do

intercambio de matéria e energia, resultando em distintos sistemas de paisagens com suas lógicas de estruturação e funcionamento (De Paula, 2017; Rodriguez e Silva, 2016).

Dessa maneira, a construção do mapa de Unidades Geoecológicas partiu, sobretudo, de fatores altimétricos e geomorfológicos, componentes que expressam particularidades morfográficas e morfométricas e originam padrões e processos atuantes na bacia do Puraquequara.

Nessa perspectiva, foram definidas quatro unidades geoecológicas: colinas convexas e tabulares com floresta ombrófila densa, as quais estão na faixa altimétrica entre 60 e 144 metros, terraços com predominância de floresta ombrófila aluvial associado as altimetrias de 30 e 60 metros. A planície fluvial de igapó foi mapeada entre as cotas 11 a 30 metros acima do nível do mar, a delimitação considerou a expansão da mancha de inundação referente ao ano de 2021 (cheia máxima). Contribuíram também, as condições das áreas de igapó, que após vazante mostram-se sinalizadas por marcações escuras nos troncos das árvores, depósitos expressivos material sedimentar e foliar, em outros pontos, considerou-se os relatos dos ribeirinhos, que apontaram trechos de cheia máximos nos seus terrenos. Além disso, foram relevantes para o delineamento geoecológico, os trabalhos de Sirmas (2008); Ibanez (2012); Sarges *et al.* (2012).

Para caracterização das condições funcionais, foi utilizado o mapa das unidades geoecológicas, considerando, sobretudo, os padrões geomorfológicos, combinado com suas características altimétricas, de declividade e os aspectos hidrológicos observados na bacia. A elaboração da cartografia funcional busca apresentar o grau de funcionamento do geossistema, estabelecendo para cada unidade uma função particular (Vidal, 2014). Representa a conjunção e a conexão das paisagens de níveis hierárquicos distintos que interagem por ação fluxos laterais (Rodríguez; Silva, e Cavalcanti, 2022). Para ilustrar, foi elaborado três perfis geoecológicos do interior da bacia, os quais foram gerados a partir de traçados sobre a base estrutural das unidades, as seções foram processadas no ambiente SIG, posteriormente transferida para o formato PNG.

A célula de estudo possui uma estrutura de dinâmica-posicional, que reflete a dependência e interação das paisagens, organizadas por diferenças altimétricas capazes de promover a geocirculação de energia e substâncias no sistema de fluvial (Rodríguez; Silva; Cavalcanti, 2022). Dessa forma, foram definidos atributos sistêmicos baseados nas variáveis estruturais que condicionam os processos geoecológicos no geossistema estudado (Quadro 4).

Quadro 4 – Atributos sistêmicos identificados da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

CLASSES FUNCIONAIS	ESTRUTURA GEOECOLÓGICAS	PROCESSO GEOECOLÓGICO
UNIDADES EMISSORAS	Áreas morfológicas com padrão de declividade variando de (0-3%) em topos tabulares e predominância de (8-20%) em topos convexos e vertentes íngremes. Cotas altimétrica variando entre 60 e 144m, com amplitude de 84m. Solos compostos por frações de materiais siltoso, argiloso e arenoso, que variam na predominância conforme a topo sequência da paisagem, que é coberta por formações vegetais de terra-firme.	Garantem o fluxo de matéria e energia para o restante das áreas, em geral encontra-se em níveis mais elevados.
UNIDADES TRANSMISSORA	Áreas morfológicas com padrão de declividade variando de (0-3%) a (5-8%), com predominância de terrenos planos. Cotas altimétricas variando entre 30 e 60m, com amplitude de 30m. Solos compostos por frações 40% 80% de material arenoso, cotas acima de 50m presença de silte e argila, coberta por indivíduos arbustivos adaptados a terrenos arenosos e encharcados.	São expressas pelas áreas que transportam Energia, Matéria e Informação controlando, assim, o sistema.
UNIDADES ACUMULADORAS	Áreas morfológicas com padrão de declividade de (0-3%) encaixadas em terrenos com perfis suaves-ondulados (3-8%). Cotas variando entre 13 e 30m. Composta por materiais sedimentos aluvionares recentes que variam entre 40% e 80% de matéria arenosa. Margeada por floresta de igapó.	Armazenam, absorvem, filtram e amortizam os fluxos que são transmitidos de forma concentrada ou seletivamente através de canais fluviais.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025; adaptado de Vital, 2014.

As unidades funcionais aglutinam informações específicas da estrutura organizacional que permeia o recorte pesquisado. A distribuição espacial de energia potencial, segundo Christofolletti (1980), desencadeia na bacia do rio Puraquequara a movimentação de matéria em forma de água, sais, silte, argila, areia, nutrientes e serrapilheira, oriundas de interflúvios (convexos e tabulares) naturais e antro-naturais que fluem pelas encostas, estabelecendo conexão/interação com a rede drenagem. Essa morfodinâmica é resultado da interação de três campos geofísicos apresentados por Fumiya (2022): o biocircular, orientados pela radiação solar e a precipitação; geocircular, pelos fluxos de ar, superficiais e subterrâneos; e o geoestacionário, que é condicionado pelo substrato rocha e solo.

De acordo com Rodriguez; Silva e Cavalcanti (2022), a paisagem cumpre funções, ações e promove trabalho, ela, como sistema, produz biomassa, camadas húmicas, minerais, substâncias gasosas e líquidas, além de acumular matéria e conservar energia. Cada unidade se distingue por apresentar produtos específicos proveniente do seu funcionamento.

Vidal e Mascarenhas (2020) e Vidal (2014) compreendem que a transmissão dos fluxos de matéria, energia e informação são realizadas por redes e canais que efetuam a integração de E.M.I entre os complexos paisagísticos, a interação se desencadeia regulamente por relações laterais ou geofluxos. Com base no que foi apresentado, para bacia, foram definidas três categorias de geofluxos, os quais garantem o funcionamento geoecológico da área de pesquisa (Quadro 5).

Quadro 5 – Principais geofluxos que potencializam e dinamizam a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

SIMBOLOGIA	RELAÇÕES LATERAIS/GEOFLUXO	CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS
	GRAVITACIONAL	Emissão de material sedimentar, orgânico e tecnogênico das unidades convexas/tabulares conectadas ao sistema de encosta para os setores mais rebaixadas da bacia.
	HÍDRICO-FLUVIAL	Fluxo de água, nutrientes e sedimentos transportados via rede de drenagem da bacia para o rio principal.
	HÍDRICO-REVERSO	Fluxo intrusivo de água, nutrientes e sedimentos para a foz do rio Puraquequara, oriundo do sistema fluvial Negro/Solimões/Amazonas, nas fases hidrológicas de enchente e cheia.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025; adaptado de Vidal, 2014.

Sob porte do conhecimento dos atributos sistêmicos e dos geofluxos, foram indicados no mapa de estrutura funcional, as funções de cada unidade geoecológica, tomando como base as pesquisas de Amorim e Oliveira (2008); De Paula (2017); Folharini, Oliveira e Santos (2020); Aquino e Oliveira (2024); Vidal (2014); Vidal e Mascarenhas (2020); Vidal e Mascarenhas (2019). A função geoecológica de cada unidade de paisagem está diretamente ligada à posição no relevo, dessa forma, cada morfologia irá depender do seu posicionamento topográfico, se emite, transmite ou acumula matéria e energia no sistema. A relação entre estrutura e os atributos geossistêmicos se interligam através das funções geoecológicas que são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Funções geoecológicas para composição da cartografia estruturo-funcional da Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

SÍMBOLOS	DEFINIÇÕES
Força 	Garante o movimento do sistema, pois é caracterizada pela entrada e saída dos fluxos de Energia, Matéria e Informação. Aportes externos ao sistema, sendo a atmosfera e a litosfera fonte fundamental desse processo.

Entrada 	Vias de ingressos (entradas) dos fluxos de E.M.I utilizadas pelo sistema, como ventos, marés, ondas, chuvas, sementes trazidas pelo vento e pelas aves, águas etc. Outra forma de entrada pode ser considerada como aquela de origem cultural/tecnológica, a exemplo dos combustíveis, matérias e serviços na cidade.
Produção 	É também denominado “emissor”, que consiste em receber, absorver, consumir e transportar os fluxos de E.M.I no sistema, consequentemente, essa ação tem grande influência no controle do sistema.
Armazenamento 	Determina a estrutura espacial do sistema. Acumula, armazena, absorve e filtra os fluxos de E.M.I. Ex.: recursos como biomassa florestal, solo, matéria orgânica, água subterrânea, areias/dunas, nutrientes/sedimentos etc.
Regulação 	Caracterizada por válvulas de saídas e entradas, regulando os fluxos e garantindo a exclusão dos produtos evacuados pelo sistema. Reflete no controle e atenua as inundações, ao mesmo tempo em que recicla substâncias tóxicas, regula a salinidade, mantendo a diversidade. Geralmente é representada como um fator limitante.
Válvula de Interação 	Processo que combina diferentes tipos de fluxo de energia e de materiais, onde os fluxos interagem e dão direções diferentes a E.M.I dentro do sistema.

Fonte: adaptado de Guerra e Oliveira (2024); Vidal (2014); Vidal e Silva (2021).

2.6 FASE DIAGNÓSTICO

A fase anterior esteve embasada na análise sistêmica das conexões espaciais, tal perspectiva originou uma base de dados que possibilitou cartografar os geocomponentes, e posteriormente a compartimentação das unidades geoecológicas com suas estruturas horizontais no seu estado primitivo (Sotchava, 1977), assim como a dinâmica espontânea associada aos ingressos de matéria e energia na bacia hidrográfica (Rodriguez e Silva, 2019).

O diagnóstico foi elaborado com base nos materiais textuais e cartográficos produzidos na Fase de Análise. Considerou-se as unidades geoecológicas, compreendidas por uma estrutura particular que estabelece conexão via rede de intercâmbio (hidrográfica), sob influência dos aspectos hidroclimáticos. O conhecimento estrutural e funcional particular de cada feição corroboraram na análise sistêmica dos processos geoecológicos degradantes.

A análise buscou esclarecer o estado das paisagens a partir da sobreposição da cartografia de cobertura e uso da terra, bem como a qualificação dos eventos *in loco* que desarticulam a integridade e o cumprimento das funções da estrutura paisagística da bacia. Buscou-se, para cada paisagem, apontar os problemas ambientais conceituados por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), que os definem como agrupamento de diferentes objetos que desarticulam a estrutura e o funcionamento das paisagens, refletindo em consequências que

dificultam o cumprimento das funções socioeconômicas e a sustentabilidade de grupos que habitam esses territórios.

Foram apontadas as potencialidades, entendidas como condições geoecológicas favoráveis a organização espacial das atividades econômicas, que visam assegurar a gestão e o manejo dos complexos paisagísticos. As limitações consideradas nesse estudo são influenciadas pela formação genética e funcional das tipologias e aquelas impostas pela sociedade, em especial os órgãos públicos, que estabelecem controle sobre parcelas de paisagens, concomitante aos recursos naturais disponíveis na área de pesquisa.

2.7 FASE PROPOSITIVA

A fase propositiva integra todos os percursos traçados nesta pesquisa, ela constitui o lastro para a construção de um modelo espacial que promova o ordenamento territorial e a gestão ambiental para a bacia hidrográfica do rio Puraquequara. A proposta de Zoneamento Ambiental procurou dialogar com a lei estadual nº 3.417 de 2009, que institui o Macrozoneamento Ecológico-Econômico para o Estado do Amazonas (MZEE). Foram aplicáveis de forma adaptada e observando as particularidades das unidades geoecológicas e os conceitos de Categorias de Uso e Ocupação do Solo previstos no documento.

O Plano Diretor Urbano e Ambiental de Manaus, consolidado em 2021, foi ingressado ao delineamento, pois distingue o formato de ocupação das terras do município em macroáreas, sendo elas: área urbana; área de transição; unidades de conservação e áreas de interesse agroflorestal, mineral e turístico. Tais informações colaboram para explicação das formas pretéritas de ocupação, bem como demonstram a densidade, intensidade e tipos de ocupação que permeiam o território avaliado, elementos fundamentais, segundo Rodriguez e Silva (2002), para compreensão do processo de transformação das paisagens naturais.

A proposta de Zoneamento Ambiental (ZA) da bacia hidrográfica do rio Puraquequara procurou interrelacionar a base textual e geoespacial com as inúmeras incursões terrestres e fluviais, que resultaram na aquisição de conhecimento do modo de vida das populações estabelecidas nas unidades geoecológicas. Assim, a relação de subsistência e sustento com a terra e o rio, foram percepções que se acumularam ao longo da pesquisa e serviram de guia para construção de um modelo alternativo de ordenamento ambiental para as paisagens da bacia do rio Puraquequara.

A elaboração do mapa de ZA adotou como base principal a cartografia geoecológica estrutural e funcional gerada nesta pesquisa, sob os aportes legislativos vigentes, sobretudo o

modelo de gestão e planejamento municipal e MZEE. A partir disso, foram propostas as seguintes zonas:

- Zona de Usos Múltiplos;
- Zona de Recuperação e Uso Sustentável;
- Zona Especial de Uso Compartilhado;
- Zona de Usos Especiais;
- Zona de Uso Controlado;
- Zona de Usos Consolidados.

PARTE

3

3. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

3.1 A PAISAGEM COMO RECORTE DE ANÁLISE GEOGRÁFICA

A Ciência Geográfica tem como objeto de estudo o espaço geográfico. Ela busca compreender as intervenções humanas nos componentes que integram a natureza. De modo que analisa os processos que condicionam a organização geográfica sob diferentes escalas e temporalidades. Nesse campo de dimensões espaciais, a paisagem é uma categoria espacial do cotidiano local, é repleta de variações morfológicas, assumindo formas e contrastes em tempo real a partir da mobilidade da visão humana, mas é propensa às mudanças advindas de ações sociais em distintos períodos históricos.

A paisagem é um conjunto de formas resultantes do tempo geológico, que assume diferentes topologias em função dos agentes endógenos e exógenos. A depender de sua composição, é alvo interesse ambiental, econômico, habitacional e militar. A apropriação e o grau de exploração coletiva têm o potencial de acrescentar novos elementos e de substituir componentes da estrutura primária, com possibilidades de alterações de sua fisiologia espacial.

Ab'Saber (2003), embasado no conhecimento das ciências da natureza, entende que a paisagem é sempre uma herança germinada por processos de atuação antiga, como também pela constante remodelação e transformação promovida por atuações atuais. No entendimento do autor, ela é patrimônio resultante da dinâmica fisiográfica e ecológica, é estrutura paisagística dos povos, que ao longo de um tempo histórico, herdaram dos primeiros agrupamentos humanos.

Ross (2012), ao abordar as paisagens, aponta que os componentes naturais (relevo, cobertura vegetal, solos), além dos arranjos estruturais e litológicos, são condicionantes que diferenciam as unidades paisagísticas, entretanto, a interdependência entre os elementos possibilita observar tipologias associadas aos aspectos topográficos, pedológicos e fitofisionômicos.

A paisagem pode ser compreendida como o espaço de terreno que abrange um lance de vista, sendo perceptível aos olhos, formando um conjunto de elementos em uma porção do planeta (Mendonça, 1992). Vitte (2007) relata que a categoria permite uma reflexão sobre as

bases do conhecimento geográfico e se insere na discussão de uma complexa abordagem integrada entre a natureza e a cultura nas ciências sociais.

Historicamente, a noção de paisagem na Geografia teve origem com os geógrafos alemães do século XIX. As descrições e narrativas realizadas em viagens científicas foram importantes para a caracterização dos componentes do meio natural. Porém, a noção desenvolvida pelos germânicos não poderia ser entendida apenas por meio dos elementos naturais, mas também pela incorporação do homem mediante suas ações (Mendonça, 1992).

Segundo Teixeira *et al.*, (2017), o conceito de paisagem era interpretado de acordo com as correntes da Geografia, sofrendo influência direta do contexto histórico-cultural. Os autores apontam que as primeiras noções de paisagem foram elaboradas por Alexander Von Humboldt, tipificada de *landschaft*, que posteriormente foi estudada por Dokuchaev, Passarge e Berg, no final do século XIX.

Oliveira e Souza (2012) ressaltam que os estudos tinham uma abordagem descritiva da estrutura morfológica da superfície terrestre e procuravam compreender as relações entre os elementos físicos, as formas e fisiologia da natureza. Os estudiosos tinham uma visão extremamente natural, expressando a noção de interação entre os componentes integrantes da natureza (Rodriguez e Silva, 2002). Para Mendonça (2014), o geógrafo francês Paul Vidal de La Blache, por meio de sua abordagem regional, diferencia a composição da paisagem em elementos físico-naturais e humanos-sociais. Conforme Rodriguez e Silva (2002), La Blache considerava o homem como agente modelador da Terra, a natureza é a base das possibilidades de modelação da sociedade por meio de sua cultura.

Os autores enfatizam que um dos estudiosos da paisagem cultural era Carl Sauer, que, durante o século XX, entendia a paisagem como resultado das ações da cultura de grupos sociais sobre uma paisagem natural. “Para Sauer, na formação da paisagem, a cultura era o agente, a paisagem natural o meio, e a paisagem cultural o resultado (Rodriguez e Silva, 2002, p. 16)”.

Silva (2008) discorre que, a partir da década de 1960, surgiu uma nova maneira de se pensar a paisagem. As escolas russa e francesa desenvolveram a teoria geossistêmica que, diferente da Geografia Tradicional, compreendia a paisagem como um sistema integrado e dinâmico. Baseado nisso, Victor Sochava, em 1960, desenvolveu estudos sistemáticos com a pretensão de aplicar o planejamento territorial, “baseado na Teoria Geral dos Sistemas e considerando a *landschaft*, paisagem, como sistema interligado e organizado com influência socioeconômica (Teixeira *et al.*, 2017, p. 149)”.

Para Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), a paisagem é uma categoria do geossistema, sendo ela resultado das relações e integração dos elementos, relação homem-sociedade, biota-

ambiente, entre outras que formam o sistema. Outra visão dos autores sobre a temática descreve que:

A paisagem do ponto de vista geoecológico procura estudar não apenas as propriedades dos geossistemas no seu estado natural, mas procura as interações, as pontes de relacionamento com os sistemas sociais e culturais, em uma dimensão sócio-ecológica, em articular a paisagem natural e a paisagem cultural. Essa visão de paisagem permite sua consideração como unidade do meio natural, como um dos sistemas que entram em interação com os sistemas sociais, para formar o meio ambiente global, ou seja, os sistemas ambientais (RODRIGUEZ E SILVA, 2002, p. 98).

Dessa forma, a paisagem é uma extensão geográfica analisada sob distintos segmentos científicos, em especial, a Geografia. No campo geoecológico, é fundamental compreender a origem dos padrões paisagísticos, os processos desencadeiam funcionalidades e propagam interações entre componentes originais, nesse ponto de vista, ela é um sistema aberto, arquitetada em geoformas que se diferenciam por estruturas verticais e horizontais, as quais exercem funções de emissão, transmissão e acumulação de Energia, Matéria e Informação (EMI) na superfície terrestre, sendo necessário a compatibilidade socioeconômica com as singularidades de cada unidade de paisagem.

3.2 APLICAÇÃO DA ANÁLISE GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM

A Geoecologia da Paisagem é uma ciência ambiental com foco nos sistemas geográficos em estágios distintos, aproxima-se de uma perspectiva multidisciplinar por acoplar nos seus estudos uma análise holística e sistêmica, capazes de diferenciar blocos paisagísticos em determinado recorte espacial, apontando além disso, propriedades fisiológicas unitárias e suas relações físico-geográfica. Vidal (2024) corrobora ao esclarecer que é fundamental nos estudos geoecológicos explicar a origem, estrutura, evolução e dinâmica das paisagens como pilar para sua avaliação, uso e proteção.

A análise geoecológica enxerga a paisagem como um conjunto interrelacionado de formações naturais e antroponaturais que possui, além de características morfológicas e topológicas, um conteúdo dinâmico em estado evolutivo (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2004).

Dos caminhos adotados nas pesquisas geoecológicas, a compartimentação varia em escalas espaciais (planetária, regional ou topológica), e tem o objetivo de identificar as unidades de paisagens ou geocomplexos a serem investigados (Vidal, Silva e Mascarenhas, 2025; Chaves e Souza, 2021). Os estudos das unidades a nível local abarcam as propriedades que diferenciam

as formações paisagísticas e a taxonomia, considerados essenciais na diferenciação topográfica da paisagem (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2022).

A aplicação é de fundamental importância nos estudos geográficos e surge como nova perspectiva multidisciplinar, valoriza a questão ambiental, desconstruindo fronteiras já padronizadas, dedicando-se às características, aos estudos, e aos processos dos elementos da natureza e da sociedade (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2017).

O geógrafo alemão Karl Troll, através dos estudos sobre a paisagem e suas inter-relações, colaborou, em 1939, com o surgimento da Ecologia da Paisagem, consecutivamente denominada de Geoecologia da Paisagem (Rodriguez, Silva e Cavalcanti 2017).

A partir da década de 1960, a Geoecologia foi evoluindo como a ciência que estuda os complexos territoriais, naturais e antropogênicos. Entre eles, as paisagens, os geossistemas dos continentes, oceanos e mares, em escala “global, regional e local, em qualidade de meio de vida dos organismos, os seres humanos, e os meios das atividades econômicas” (Rodriguez e Silva, 2016, p. 82).

Baseado nessas interpretações, Farias (2020) descreve a Geoecologia das Paisagens numa visão sistêmica de análise ambiental, demonstrando que ela se fundamenta em três momentos básicos. O primeiro busca compreender a formação e ordenação da natureza; o segundo procura compreender como as atividades humanas construíram e impuseram os sistemas de uso e de objetos, levando em consideração a articulação econômica, social e política, deixando a natureza em função de suas necessidades; o terceiro, como a sociedade concebe a natureza com as transformações acarretadas pelas atividades humanas.

A Geoecologia da Paisagem viabiliza a análise da paisagem com base em conceitos e métodos que abrangem os seguintes enfoques: estrutural, funcional, evolutivo-dinâmico, antropogênico e integrativo. Tais avaliações procuram subsidiar o desenvolvimento sustentável do território (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2022). Neste estudo, foram abordados apenas o enfoque teórico de cunho estrutural e funcional da análise geoecológica.

3.2.1 Enfoque estrutural

O enfoque estrutural compreende a gênese dos modelos espaciais de paisagem, objetiva apurar a essência dos seus componentes e as relações naturais entre eles, de modo a identificar parcelas terrestres organizadas na superfície terrestre. De Paula (2017) enfatiza que essa análise consiste em explicar como se interrelacionam a geologia, o relevo, o solo, a hidrografia, a cobertura vegetal, o clima e o uso da terra na formação de padrões fisionômicos.

O atributo, segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), possibilita a identificação de recortes geográficos procedentes das relações existentes entre os componentes da paisagem. A análise consiste em explicar a combinação das propriedades que dão origem às formações integrais e como está organizada a estrutura do sistema paisagísticos (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2022).

Para Aquino e Oliveira (2024), o conceito de estrutura está estritamente atrelado aos mosaicos de ambientes e sistemas que definem as diferenças no estado dos fenômenos. Vidal (2014) acrescenta que o enfoque estrutural é caracterizado pelo conjunto de relações existentes entre as parcelas dos elementos que integram a paisagem.

O intercâmbio entre as partes dos geocomponentes promove uma dinâmica de relações inferiores capaz de distinguir os modelos de paisagem em dois perfis de avaliação, o vertical e horizontal.

A estrutura de paisagem vertical está relacionada à topografia no sentido longitudinal, demonstrando as conexões e relações entre determinados componentes do sistema paisagístico. Tomamos como exemplo o Círculo de Frequência de Relação entre os Componentes, proposto Richiling no ano de 1982 (Rodriguez, Silva e Cavalcante, 2022).

O modelo mostra as interrelações entre os componentes, demonstrando a conexão dos fundos planos de vales com os solos hidromórficos, sendo seu uso destinado alimentação de animais (pastagem), em função do tipo de vegetação presente na paisagem.

De Paula (2017) comenta que a estrutura vertical é formada pela composição e interrelação entre elementos e componentes da paisagem no sentido vertical, o autor indaga os leitores a refletir sobre a influência dos Gleissolos Háplicos na cobertura de Floresta Ombrófila Densa Aluvial, demonstrando, nesse sentido, se há uma combinação no plano vertical que individualize uma estrutura específica.

A estrutura horizontal das paisagens tem ligação com campo perceptivo do observador, que poderá estar direcionado para o plano horizontal, oblíquo ou visada aérea no sentido vertical, o posicionamento permite identificar os contornos regulares e irregulares que refletem o estado geoecológico das unidades de paisagem.

Preobrazhenskii (1982) descreve que a composição horizontal é formada por agrupamentos territoriais de formações naturais que se repetem e combinam, e, visualmente, são cartografados e refletem mosaicos paisagísticos. Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) tipificam a estrutura horizontal como morfológica, genético-morfológica ou plana, que é representada pela integração espacial das paisagens desde o nível inferior ao superior.

É uma constituição morfológica ou plana representada por elementos que se repetem na organização dos componentes e processos, sendo a expressão das particularidades estruturais. É estudada mediante a análise da imagem das paisagens naturais e podem ser delimitadas em curvilíneas, alongadas ou geométricas (Vidal e Silva, 2021).

3.2.2 Enfoque Funcional

O enfoque funcional averigua a relação de interdependência entre os modelos verticais e horizontais e o fornecimento de energia e matéria em trânsito. Reconhece a dimensão hierárquica e as conexões entre as partes do sistema, fornecendo informações diacrônicas e sincrônicas da dinâmica geocológica estabelecida no espaço terrestre.

Rodriguez *et al.* (1995 p.96) colabora ao explicar que “o funcionamento da paisagem se manifesta através dos mecanismos de absorção, transformação, saída de matéria, energia e informações que garantam sua subsistência e produção”.

Vidal e Mascarenhas (2020) entendem que o funcionamento depende dos processos estáveis que ocorrem e atuam permanentemente na paisagem, permitindo que o regime de funcionamento execute a transmissão, emissão e acumulação de matéria e energia, viabilizando a interação entre os elementos espaciais que estão conectados por geofluxos e relações laterais.

A investigação funcional é uma abordagem fisiológica que leva à compreensão da organização, do funcionamento e da dinâmica das paisagens (Conti, 2001), com as estruturas superficiais, que ao longo de um período foram submetidas a processos de modelação pretérita, e, hoje, algumas, estão submetidas a interesses da humanidade contemporânea, que altera e insere novas substâncias ao funcionamento de cada uma.

O conhecimento da dinâmica das superfícies morfológicas, sobretudo em escala local, é mais perceptivo ao pesquisador. Basta observar o comportamento de uma planície de inundação bordeada por florestas densas sob influência do comportamento hidro climático da Amazônia Central, a carga de material orgânico migra da floresta para o canal hidrográfico, seja por movimentos eólicos, gravitacionais ou hidrológicos, sendo possível identificar a matéria orgânica em períodos águas baixas (seca), pois é perceptível a formação de subunidades em forma de ilhas de biomassas mortas, incluindo uma grande parcela de folhas que se adensam sobre bancos arenosos.

O exemplo citado descreve o comportamento e a relação funcional de tipologias posicionadas em níveis topográficos distintos, entretanto, promovem a troca e o intercâmbio de substâncias entre o sistema de terra firme para o sistema fluvial.

3.3 POTENCIALIDADES, LIMITAÇÕES E PROBLEMAS EM UNIDADES GEOECOLÓGICAS

O conhecimento estruturo-funcional associado ao levantamento da cobertura e o uso da terra, além das informações de cunho empírico e da dinâmica diária dos habitantes de uma determinada localidade, são primordiais ao mapeamento das potencialidades, problemas e limitações das unidades geoecológicas.

O potencial é inerente ao domínio paisagístico, subsidia o uso racional dos componentes do sistema e possibilita a adesão de estruturas secundárias compatíveis com capacidade geoecológica da paisagem, promovendo o equilíbrio das necessidades socioeconômicas com as condições geoecológicas. A determinação das potencialidades torna-se ferramenta fundamental para o planejamento ambiental, compilando informações precisas na implantação de um modelo de organização espacial (Rodriguez *et al.*,1995).

Haase (1989) compreende o potencial da paisagem por meio de sua amplitude, sendo suas propriedades determinante na implantação de certas atividades socioeconômicas, comportando níveis adequados de eficiência combinados a determinados seguimentos produtivos. Farias (2015 p. 180) argumenta que “unidades geoecológicas possuem potencialidades para o desenvolvimento de atividades mais compatíveis com a capacidade de suporte, as quais podem fomentar a economia local sem ocasionar danos a qualidade da paisagem”.

Os problemas ambientais são processos naturais ou de interação que afetam a estrutura e o funcionamento dos geossistemas naturais, havendo como consequência dificuldades no cumprimento das funções socioeconômicas e deficiências gerais de sustentabilidade de grupos sociais (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2022).

Louzada (2020) pontuou os problemas do uso agrotóxicos, intensa captura de quelônios e de pescado em unidades geoecológicas do Arquipélago do Januário, no município de Itacoatiara (AM). No Paraná de Parintins (AM), Albuquerque diagnosticou problemas relacionados ao desmatamento, queimadas, intensa sedimentação, terras caídas, pesca predatória, cultivo de juta e pecuária extensiva.

As limitações, para área de pesquisa, são consideradas condições genéticas da paisagem, sustentadas por mecanismos e de fluxos de E.M.I que atuam de forma peculiar, produzindo dinâmicas próprias, de modo a interferir, não só no uso da terra e da água, como também na vida daqueles que demandam sua subsistência aos recursos naturais e paisagístico da bacia do rio Puraquequara.

3.4 AS BACIAS HIDROGRÁFICA COMO CATEGORIA DE ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO

Com base nos aportes teóricos, a bacia hidrográfica é o recorte espacial que permite a aplicação do diagnóstico geoecológico, pois oferta possibilidades metodológicas para o planejamento e gestão ambiental de múltiplos territórios (Silva e Rodriguez, 2014). A escala de análise estabelecida para os estudos dessa unidade territorial, sob o enfoque geoecológico paisagístico, possibilita compartimentar feições no seu interior. O estudo dos componentes ambientais aliados a cobertura e o uso da terra e os problemas ambientais intensificados pelas sociedades são elementos que, inter-relacionados, fornecem material científico capaz de compreender a situação ambiental de complexos de paisagens, sobretudo em áreas drenadas por extensa rede de drenagem.

O planejamento integrado em bacias hidrográficas é uma das estratégias que subsidia a gestão racional desse território. A aplicação deve ser pautada na compreensão de um conjunto de indicadores associados a avaliação sistêmica dos componentes ambientais (Soares, 2016).

A proposta de Christofolletti (1981) aponta que a bacia hidrográfica é formada por um conjunto de canais de escoamento de água, que é drenada por um rio ou por sistema fluvial, funcionando como sistema aberto onde ocorre a entrada e saída de energia e matéria.

Netto (2012) compreende que a bacia é uma área de superfície terrestre que drena água e sedimentos para uma saída, seu limite territorial é denominado de divisor de água ou de drenagem. Cunha (2012), ao abordar a drenagem fluvial, afirma que ela é constituída por um conjunto de canais hidrográficos interligados, e a área drenada por esse sistema é definida como bacia de drenagem. Para autora, “desempenham um papel importante no escoamento canalizado a topografia, a cobertura vegetal, o tipo de solo, a litologia e estrutura das rochas da bacia hidrográfica” (Cunha, 2012, p. 223).

Para Aziz Ab’Saber (2006), o conhecimento das dinâmicas climática e hidrológica é essencial para o planejamento dos corpos hídricos. Para o autor, além de conhecer os aspectos físicos e ecológicos, é necessário realizar estudos básicos sobre a projeção da sociedade, identificando os problemas das comunidades assentadas na área de abrangência.

De acordo com Albuquerque (2012), as bacias hidrográficas representam uma área de captação de água, sendo fundamental para manutenção da biodiversidade e a vitalidade dos seres humanos. A conservação da qualidade dos corpos hídricos de uma bacia depende das principais atividades desenvolvidas na extensão territorial.

Na visão de Ross e Del Prette (1998), a bacia constitui um sistema natural, cuja água é o recurso principal, ela deve ser estudada pelos seus componentes naturais, sociais, econômicos e políticos. A bacia tornou-se uma unidade básica de planejamento por se tratar de um ambiente de uso múltiplo, abarcando as atividades de transporte fluvial, geração de energia, fonte de abastecimento humano, ambiente de diluição de efluentes domésticos e industriais.

A partir da publicação da Lei Federal 9.443 de 1997, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica passa ter aspecto legislativo. A demanda por água e a deficiência hídrica de algumas regiões do território brasileiro levou ao surgimento de conflitos localizados, como o crescimento do contingente nos centros urbanos e a ampliação de lavouras agrícolas, que foram alguns dos eventos responsáveis pelo aumento do consumo e da degradação das águas continentais.

No corpo da legislação, a lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e, paralelo, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGR). A bacia ganha enfoque jurídico no artigo 1º, inciso V, sendo interpretada como unidade territorial de implementação da PNRH. Em outros fundamentos, a água é um recurso de domínio público, é limitado e dotado de valor econômico. Em cenários de escassez, sua prioridade é destinada ao consumo social e a dessedentação dos animais. A gestão das águas deve sempre proporcionar uso múltiplo dos recursos hídricos, sendo necessária a participação dos órgãos municipais, estaduais e federais, em conjunto com os usuários e as comunidades locais, formando o alicerce de sustentação, tornando-se corresponsáveis pela gestão, manutenção e preservação da bacia.

Uma forma de prever e prognosticar eventuais danos à bacia é a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, que, segundo Leal (2012), são planos que objetivam fundamentar e aplicar a PNRH, podendo ser elaborados por bacia hidrográfica, Estado e país. Para construção do plano, deverá ser realizado o diagnóstico da atual situação dos corpos hídricos, a prospecção do crescimento demográfico, das atividades econômicas e conversões dos padrões de ocupação do solo.

3.5 ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO EM UNIDADES GEOECOLÓGICAS

Zonear uma superfície geográfica significa reconhecer, por meio de estudos multidisciplinares, as particularidades naturais, econômicas, culturais e socioambientais que integram uma realidade espacial.

O diagnóstico sistêmico permite apontar alternativas que conduzam a definição de ambientes aptos à implantação de segmentos compatíveis com as potencialidades e fragilidades de cada área de interesse.

No Brasil, o modelo de zonamento nominado Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) está previsto no Plano Nacional de Meio Ambiente (PNMA), orientado pela Lei Federal 6.438 de 1981, regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.297 de 2002, que estabelece critérios para elaboração do ZEE.

A princípio, o ZEE é um instrumento de organização do território em zonas. Quaisquer intervenções praticadas nessa estruturação, ações e padrões de proteção ambiental devem ser estabelecidas a assegurar a qualidade ambiental hídrica, pedológica e de manutenção da biodiversidade, sem deixar de propor melhorias às condições de vida das populações.

O ZEE também prevê que a espacialidade das atividades econômicas levará em consideração a importância ecológica, as limitações e fragilidades dos ecossistemas, havendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território, com possibilidade de realocação de atividades incompatíveis (Brasil, 2002).

A Lei Estadual nº 3.417 de 2009, institui o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Amazonas (MZEE). O território amazonense foi compartimentado segundo três categorias de uso e ocupação dos solos que se dividem em: usos controlados/a consolidar, usos controlados e usos especiais, subdivididos em Zona Ecológico-Econômicas (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2008). O quadro 7 faz a caracterização do MZEE e de suas subcategorias definidas para o estado amazonense.

Quadro 7 – Categorias de Uso e Ocupação do Solo e as subcategorias do Macrozoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Amazonas (BR)

MACROZONEAMENTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO DO ESTADO DO AMAZONAS		
CATEGORIA	ZONAS ECOLÓGICO-ECONÔMICAS	CARACTERÍSTICAS
1. Usos Consolidados/ A Consolidar	Áreas com estrutura produtiva definida (institucional)	Apresentam potencialidade e estruturação definida para ocupação por sedes municipais; assentamentos rurais (INCRA) e atividades produtivas com elevada especialização para os usos florestal, extrativista, agrícola, pecuário e mineração.
	Áreas com aptidão para ocupação produtiva	Incluem-se as que apresentam potencialidade para expansão das atividades produtivas já existentes na região, especialmente às margens de rodovias estaduais, federais e estradas vicinais; para exploração agro-extrativista em terra firme e nas planícies alagáveis (várzeas e igapós), ocupadas ou não por populações ribeirinhas em colocações e comunidades.
		São aquelas nas quais ocorreu supressão vegetal com a consequente exposição dos solos locais, requerendo ações

2. Usos Controlados	Áreas com alteração no padrão da cobertura vegetal	intensivas de recuperação ambiental e as áreas de ocorrência de solos litólicos.
	Áreas antropizadas por ocupação rural	Áreas onde ocorre exploração econômica do potencial madeireiro de modo planejado e limitado (planos de manejo florestais). Áreas onde ocorre exploração da cobertura vegetal para instalação de atividades/ocupação antrópica características de zonas rurais e que requerem monitoramento ambiental e assistência técnica regular.
	Áreas de uso múltiplo dos recursos naturais de forma sustentável	São aquelas que comportam o manejo dos recursos naturais, compreendendo sua preservação/manutenção e utilização sustentável, através do manejo sustentável dos recursos minerais, hídricos, pesqueiros, florestais, madeireiros, não madeireiras e agroflorestais em acordo com aptidão definida a partir de estudos sócio-ambientais e econômicos locais, bem como o desenvolvimento de turismo e de outras formas de uso controlado dos recursos ambientais.
3. Usos Especiais	Áreas Potenciais para Criação de Unidades de Conservação	São áreas destinadas a pertencerem às categorias de proteção ambiental estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC) e pelo Sistema Estadual de Unidade de Conservação (SEUC). Podem ser destinadas à proteção integral ou uso sustentável.
	Unidades de Conservação instituídas	Áreas pertencentes às categorias de proteção ambiental estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC) e pelo Sistema Estadual de Unidade de Conservação (SEUC). Podem ser destinadas a proteção integral ou uso sustentável.
	Terras Indígenas	Áreas sob gestão administrativa da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), passíveis de utilização em acordo ao que dispõe a Constituição Federal, a Lei Federal 6.001/73 (Estatuto do Índio) e demais instrumentos legais correlatos.
	Ecossistemas Frágeis	Áreas com incidência de espécies florestais e/ou ocorrência de solos considerados ecologicamente vulnerabilidade às ações antrópica, são elas: florestas de bambus (tabocais do sudoeste do Amazonas), campinas do Médio Amazonas e campinas do sul do Estado.

Fonte: SDS, 2008.

Para a Geoecologia, o modelo de Zonamento Ambiental e Funcional (ZAF) é uma forma de analisar as paisagens por meio de critérios geoecológicos que versam a definição das formas de usos e medidas que possibilitam a políticas de gestão (Antipov, 2006, *apud* Vidal, 2014).

Vidal (2014) descreve que o ZAF deve constituir a expressão de equilíbrio entre a eficiência ecológica e a eficiência econômica social, baseada nos princípios geoecológicos apresentados por Preobrazhensky (1989), a saber, princípio da integridade, princípio do equilíbrio territorial, princípio da funcionalidade, princípio da adaptabilidade e princípio do manejo ecológico.

Os princípios da integridade e da funcionalidade são essenciais para definição do zoneamento por critérios geoecológicos, pois: o primeiro baseia-se na integridade sistêmica das paisagens, onde todos os elementos estão em contínua interação; o segundo é a garantia do balanço de energia e matéria, capaz de sustentar a funcionalidade normal do sistema.

Albuquerque (2012), ao aplicar os estudos balizados nos princípios na análise geoecológica, propôs três zonas homogêneas para paisagem de várzea amazônica: Zona de Uso Produtivo (ZUP), Zona de Uso Restrito Comunitário (ZURC) e Zona de Preservação Integral ambiental (ZPIA).

Louzada (2020), através do conhecimento geoecológico das unidades de paisagens, zoneou o Arquipélago do Januário, Itacoatiara (AM), em Várzea Alta, Várzea Baixa, Área de Deposição, Rio Amazonas, Paraná da Eva e Lago do Arraia, considerando as atividades econômicas e a influência da sazonalidade natural do ambiente como critério de compartimentação.

A proposta de zoneamento ambiental e funcional de Farias (2015) foi baseada nos domínios dos fatores de formação (estrutural) e na dinâmica da paisagem (funcional), a autora agrupou as seguintes zonas: preservação permanente, conservação ambiental, recuperação ambiental e uso disciplinado.

O ZAF, aplicado às unidades espaciais, em especial as bacias hidrográficas, permitirá identificar zonas que estão em potenciais riscos de degradação ambiental por conta de atividades que são incompatíveis com a natureza do lugar. O modelo pretende orientar adequadamente o uso sustentável das paisagens da BHRP, apontando ações que assegurem o uso racional dos recursos naturais e a manutenção das condições de vida das comunidades (urbana, rural e ribeirinha) que habitam as interfaces espaciais da bacia hidrográfica do rio Puraquequara.

PARTE

4

4 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA, MANAUS (AM)**4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS**

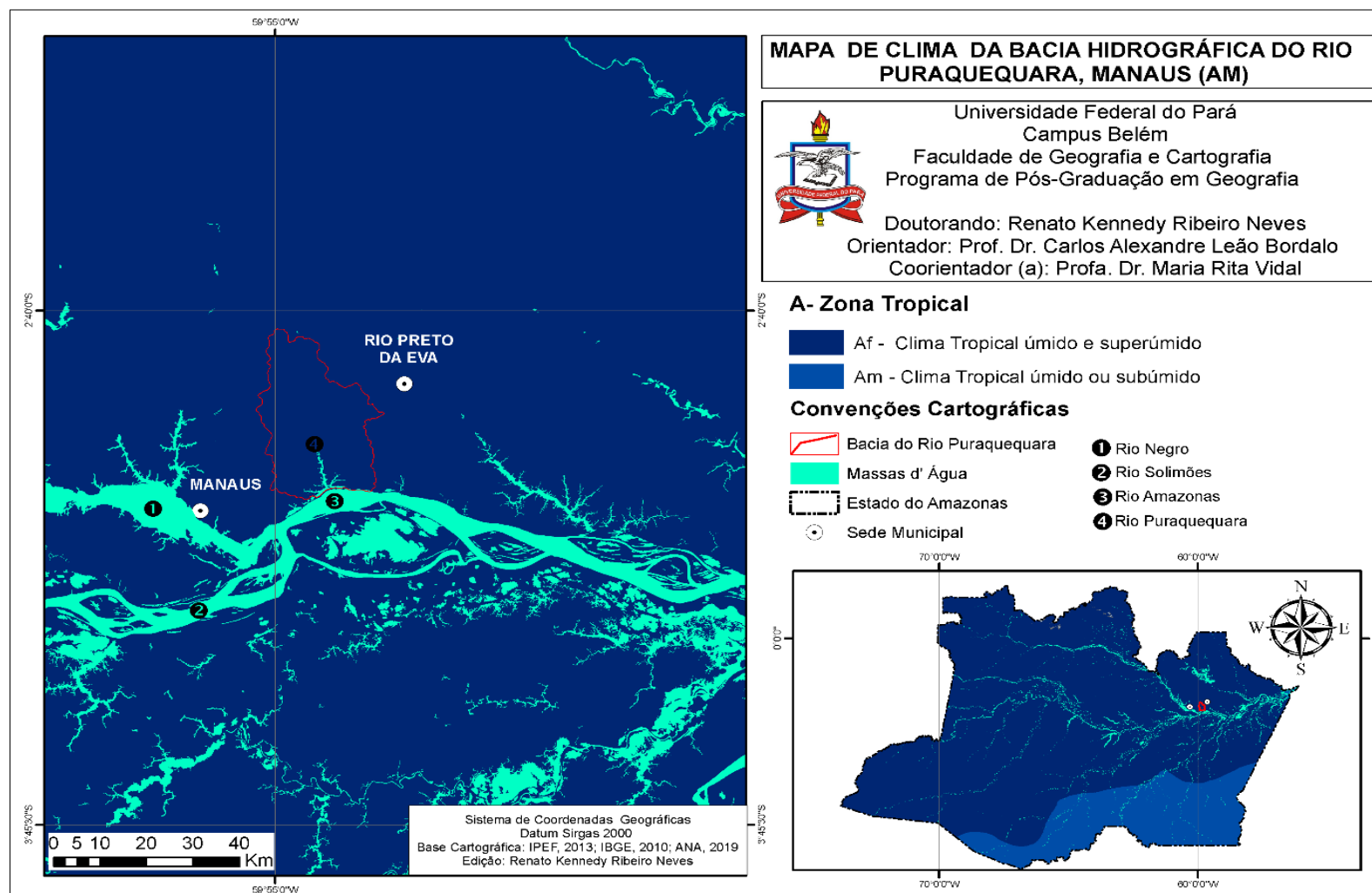
O volume e o comportamento pluviométrico na bacia amazônica não são espacialmente homogêneos, contudo, é uma área com regimes de chuvas abundantes (Sioli, 1983). Entre os meses do ano, em geral, a climatologia aponta dois períodos bem distintos: chuvoso e seco, que acarretam oscilações hidrológicas da água de rios e lagos (Ríos-Villamizar; Piedade e Junk, 2016).

Os eventos de temperatura mais altas na cidade de Manaus e secas históricas na Amazônia estão associados a um fenômeno de grande escala, o El Niño – Oscilação Sul - ENOS (Corrêa da Silva *et al.*, 2021). Os autores enfatizam que os eventos de La Niña na região, resultam em períodos mais frios e chuvosos. Outro mecanismo atua na porção sul da Amazônia, as frentes frias, que ocasionam variações meteorológicas entre os meses de junho a outubro, acarretando a redução da temperatura e umidade do ar, alterando as características ambientais (Oliveira, *et al.* 2004; Ribeiro, 2012; Santos, 2023).

A classificação climática feita por Koppen (1948) a nível regional, insere o limite municipal em área de abrangência do grupo A, que indica clima tropical e que está subdividido em quatro categorias: Af – Clima Tropical úmido ou superúmido; Am – Clima tropical, úmido ou subúmido; Aw – Clima tropical, com inverno seco; e As – Clima tropical, quente e úmido, com estação seca no verão.

Alvarez, Gonçalves e Stape (2013) consideraram as séries temporais entre os anos de 1950 e 1990, constataram que no território amazonense predominam as categorias Af (82,3%) e Am (17,6%), conforme é observado na Figura 2. Os autores enfatizam que a precipitação média anual atingiu 2.420 mm, enquanto a temperatura média anual foi de 26,7°C com pouca variação sazonal entre 25,9 °C e 27,7°C. O mês de agosto foi o mais seco, com precipitação mensal próximo de 80 mm.

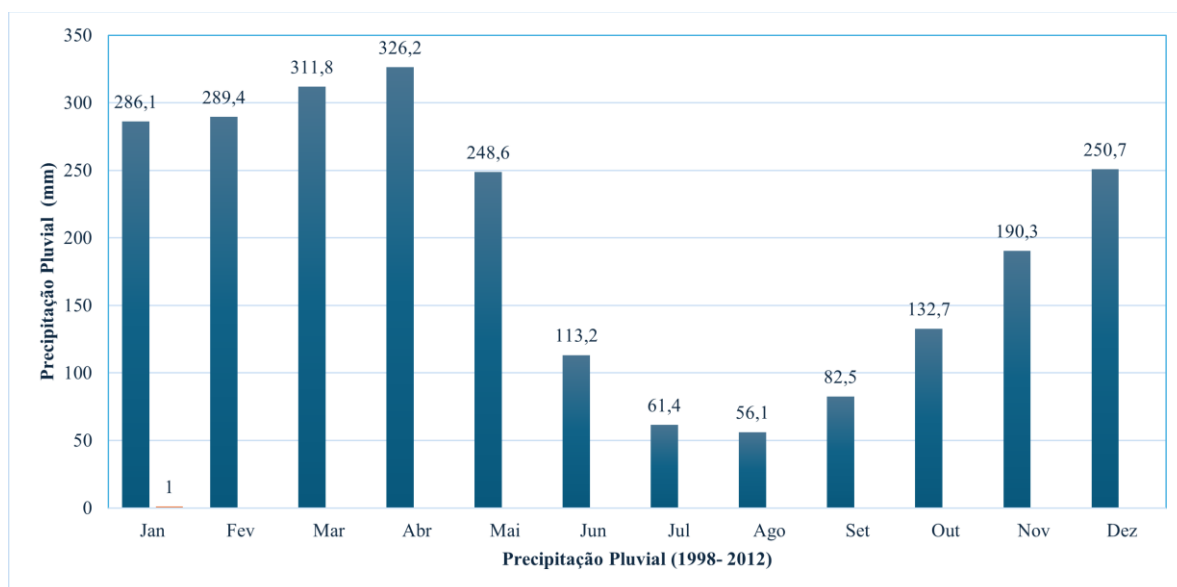
Figura 2 – Mapa de clima da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

De acordo com os dados registrados pelo pluviômetro alojado na Superintendência Regional da CPRM, localizado no bairro Aleixo, Zona Centro-Sul da capital amazonense, a normal climatológica do município de Manaus no período de 1998 e 2012, o que representa um intervalo de 15 anos, mostrou que a média de precipitação anual é 2369 mm, observando o Gráfico 1, os meses de maior precipitação ocorrem de dezembro a maio, o qual compreende o período sazonal mais chuvoso e úmido, reconhecido pela população local de “inverno amazônico”; entre os meses de junho a outubro, observam-se os menores índices pluviométricos totais em concomitância com valores de temperatura do ar elevados, tornando a sazonalidade mais seca e quente, se configurando como o “verão amazônico” (Santos, 2023). Tanaka, Satyamurty e Machado (2014), ao conduzirem estudos de variação da precipitação diurna a partir de uma estação plotada na margem direita da bacia do rio Puraquequara, constataram que choveu um total acumulado de 2.638 mm entre janeiro de 2006 a dezembro de 2011, superior às estações urbanas, e concluíram que os meses de novembro a janeiro são os mais chuvosos, com entrada aproximada de 2074,5 mm de precipitação em áreas primárias.

Gráfico 1 - Normais de precipitação do município de Manaus no período de 1998-2012



Fonte: CPRM, 2012.

Corrêa da Silva *et al.* (2021), ao avaliarem as médias diárias de temperatura em Manaus, entre anos 1961 e 2017, obtiveram resultados que apresentaram média de 26,9°C. A máxima absoluta ficou entorno de 34°C e dados próximos do mínimo em cerca de 11,4°C. A umidade relativa do ar apresenta média anual de aproximadamente 81%, com taxas mais elevadas nos

meses de janeiro a maio (Vieira, Aleixo e Almeida Filho, 2024). Os resultados de Aguiar (1995) destacam que no bimestre agosto-setembro ocorrem taxas de 76%, entretanto, em anos mais quentes e mais secos, ocorrem as menores médias de umidade relativa do ar, com recorde mínimo de 45%, registrado em 2015 (Corrêa da Silva *et al.*, 2021).

Os aspectos hidroclimáticos têm influência vital no funcionamento biocircular e geocircular de grandes unidades de paisagem de terra-firme e de áreas alagáveis. As condições climatológicas exercem controle no Pulso de Inundação (PI), e, consequentemente, nas morfologias de grandes rios, afluentes, lagos e igarapés, que associam as relações hidrológicas, sedimentológicas e ecológicas com a dinâmica fluvial (Stevaux e Latrubesse, 2017).

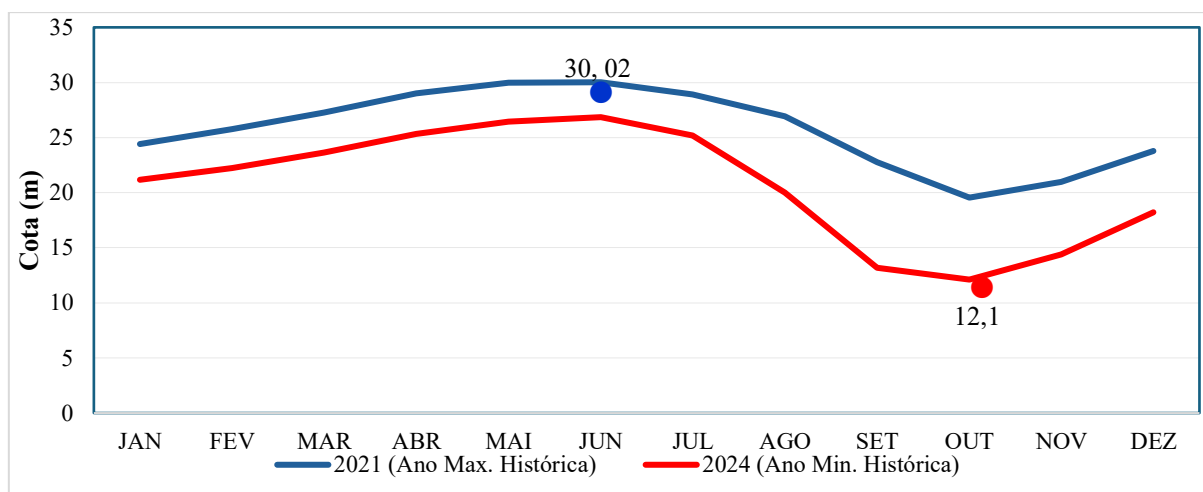
A sazonalidade da precipitação nas cabeceiras dos grandes rios amazônicos, sobretudo o Negro e Solimões-Amazonas, está relacionada aos ciclos hidrológicos regulares e previsíveis que produzem a subida e descida anual das águas desses corpos hídricos, tornando-se de enorme importância tanto para a biocenose de áreas inundáveis como para as populações que aproveitam as condições naturais para plantar (várzea) ou explorar por meio de atividades comerciais, turísticas, recreativas e de lazer (igapó).

Segundo Junk *et al.* (2020), o nível do rio varia em duração, cota fluviométrica, frequência, previsibilidade, forma e subida das águas. As estruturas sujeitas à alagação são também chamadas de zona de transição, por alternar e conectar ambientes aquáticos e terrestres. O pulso monomodal é o fenômeno que acontece anualmente, resultando em períodos distintos de enchente, cheia, vazante e seca. A elevação da cota máxima ocorre entre os meses de junho e julho, e valores mínimos nos meses de novembro e dezembro (Piedade *et al.*, 2015; Schongart e Junk, 2020).

A Figura 3 demonstra a elasticidade do PI no sistema Negro/Solimões/Amazonas na estação de Manaus. Os dados são referentes aos anos hidrológicos de eventos extremos registrados em 123 anos de recorrência. A cota máxima atingiu 30,02m, no ano de 2021, considerada cheia severa, ocasionando a máxima ampliação das planícies de inundação de afluentes menores, sobretudo o rio Puraquequara.

No entanto, em 2024, foram registrados cota absoluta mínima de 12,11m, muito influenciada pelos fenômenos climáticos do El Niño (ENOS) e o aquecimento da TSM do Atlântico Tropical Norte (Maciel *et al.* 2024). A análise comparativa apontou uma amplitude fluviométrica de 17,91 m para essa região de registro, tal condição impactou diretamente no cotidiano das comunidades ribeirinhas, prejudicando o abastecimento de água potável, alimentação, transporte e atividades de ecoturismo, como é caso das populações abrigadas nos beiradões do Puraquequara.

Figura 3 – Elasticidade do Pulso de Inundação (PI) no sistema Negro/Solimões/Amazonas, na estação do Porto de Manaus



Fonte: Porto de Manaus, 2021;2024.

Nota: O PI representado pela curva azul, que atinge a cota máxima de 30,02 m no mês de junho de 2021, configurando-se a cheia histórica. A curva vermelha registra o valor mínimo de 12,11 m, registrando a seca histórica no mês de outubro de 2024.

Com base no que foi observado, a dinâmica hidrológica do sistema Negro/Solimões/Amazonas, configura os lagos do Padre, Puraquequara e planície de inundação à montante. Os ambientes apresentam propriedades geológicas, pedológicas e geomorfológicas que qualificam a limnologia das águas superfícies ácidas com tom escuro (Sioli, 1983). Dados de Queiroz Neto, Albuquerque e Batista (2021) comprovam tais características, em virtude de parâmetros físico-químicos de valor máximo e mínimo analisado em seções fluviais apontarem os seguintes resultados: pH (3,1–5,77); Oxigênio Dissolvido (1,26 – 6, 26mg.L⁻¹); Sólidos Totais Dissolvidos (26,5 – 65 mg. L⁻¹); Turbidez (2,35 – 24,48 NTU). Tais resultados são condizentes com Sioli (1983); Horbe (2005); Ríos-Villamizar, Piedade e Junk (2016) e Neves (2018). À vista disso, a bacia do rio Puraquequara apresenta áreas alagáveis com características de igapó amazônico, sob mobilidade do PI previsível, de frequência monomodal com amplitude alta, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização das Áreas Úmidas (AUs) de acordo com a situação hidrológica

AUs sem pulso de inundação			Tipos de AU afetada
			Turfeiras, veredas campos, úmidos, buritizais, carnaubais
AUs com pulso de inundação			Tipos de AU afetada
Previsibilidade	Frequência	Amplitude	
Previsível	Monomodal	Alta	AUs ao longo dos grandes rios (planícies alagáveis de várzeas e igapós amazônicos)

Previsível	Monomodal	Baixa	Grandes AUs interfluviais, AUs de baixa amplitude conectadas a alguns rios (p. ex., Lençóis Maranhenses)
Previsível	Polimodal	Variável	AUs costeiras com maré
Imprevisível	Polimodal	Variável	AUs ao longo de pequenos rios, em pequenas depressões e em dunas costeiras
Imprevisível	Multianual	Baixa	AUs no Nordeste semiárido
Variável	Variável	Variável	AUs dentro e ao redor de corpos de água com flutuação de nível de água influenciada pelo homem

Fonte: adaptado de Junk *et al.*, 2020.

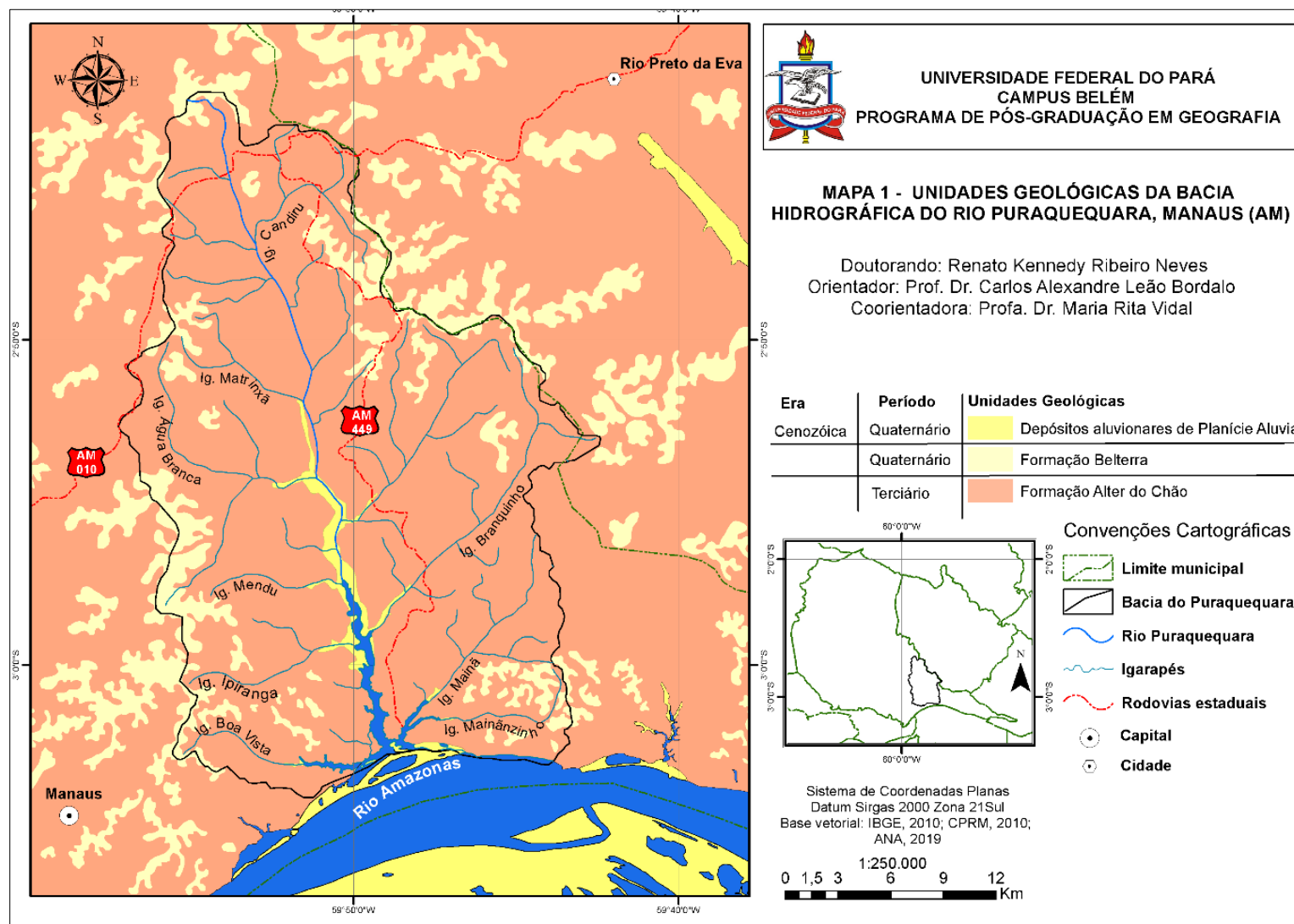
A dinâmica hidrológica da área de estudo está associada ao sistema fluvial do rio Amazonas, por ser afluente da margem esquerda. Segundo Horbe *et al.* (2005), a foz do Puraquequara é afogada em consequência do barramento hidráulico de sua água pela deposição de material sedimentar carregados pelo Amazonas, formando um lago tipo ria, popularmente chamado de Lago do Padre, a influência do represamento pode atingir aproximadamente 7 km à montante (Horbe *et al.*, 2005).

As condicionantes interagem com morfologias fluviais e de terra firme. Os igarapés à montante (cabeceiras) são de menor tamanho e tem um padrão retilíneo a meandrante, semelhante ao curso principal do rio Puraquequara, este assume uma leve sinuosidade (1,18) na seção entre a comunidade Ipiranga e Santa Luzia; à jusante, os afluentes tendem a ter um padrão mais anastomosado devido à baixa velocidade e elevada sedimentação associada à foz (Costa, Silva e Silva, 2013; Furtado, 2020).

4.2 COMPONENTES GEOLÓGICOS

A bacia hidrográfica do rio Puraquequara (BHRP), espacialmente, apresenta três unidades geológicas na sua área de abrangência, as formações Alter do Chão, Belterra e Depósitos Aluvionares de Planície Aluvial. A Figura 4 e a Tabela 4 destacam as variações das unidades em Km² e em porcentagem, respectivamente.

Figura 4 – Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 4 - Área e porcentagem das Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

Unidade Geológica	Área em (Km ²)	Porcentagem (%)
Alter do Chão	603,61	88,20
Belterra	65,42	9,56
Depósitos Aluvionares de Planície Aluvial	15,31	2,20
Total	684,35	100,00

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A unidade geológica que apresenta predominância na bacia é a formação Alter do Chão, originada do período Cretáceo da Bacia do Amazonas (Silva, 2020), “composta de arenitos avermelhados, argilitos, conglomerados e brechas intraformacionais, tradicionalmente atribuídas a sistema fluvial e lacustre ou deltaico” (Lima e Andretta, 2015, p. 3). Essa unidade estratigráfica ocupa uma área de aproximadamente 603,61 Km², o que equivale a 88,20% da bacia hidrográfica, abrange a área das sub-bacias de todos os afluentes do rio Puraquequara. No baixo curso, próximo ao Igarapé do Boa Vista (margem direita) e Igarapé de Mainã (margem esquerda), ocupa toda planície de inundação e se estende até a confluência com o rio Amazonas.

A formação Belterra é a segunda unidade predominante na área de estudo. A *Belterra Clay* (argila de belterra) foi denominada por Sombroek (1966) para designar a cobertura argilosa identificadas em áreas de platôs do município de Belterra (PA). Segundo o autor, a deposição da argila deve ter ocorrido durante o primeiro soerguimento da Cordilheira dos Andes. Ao observar a composição e as alterações horizontais e verticais de textura, há suposição de que os materiais são de origem lacustre (Sombroek, 1966). Riker *et al.* (2016), ao analisar o trabalho do autor, define que a cobertura argilosa é proveniente da região andina de idade pliocena a pleistocena.

A unidade geológica ocupa cerca de 65,42 Km² (9,56%), conforme a Tabela 4. A formação abrange as nascentes dos igarapés do Boa Vista, Água Branca (margem direita), Mainazinho (margem esquerda) e a do rio Puraquequara (nascente principal). É na Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke que há maior predominância de materiais argilosos, especificamente na porção central, sentido N-S, além de pequenas células no setor norte da bacia.

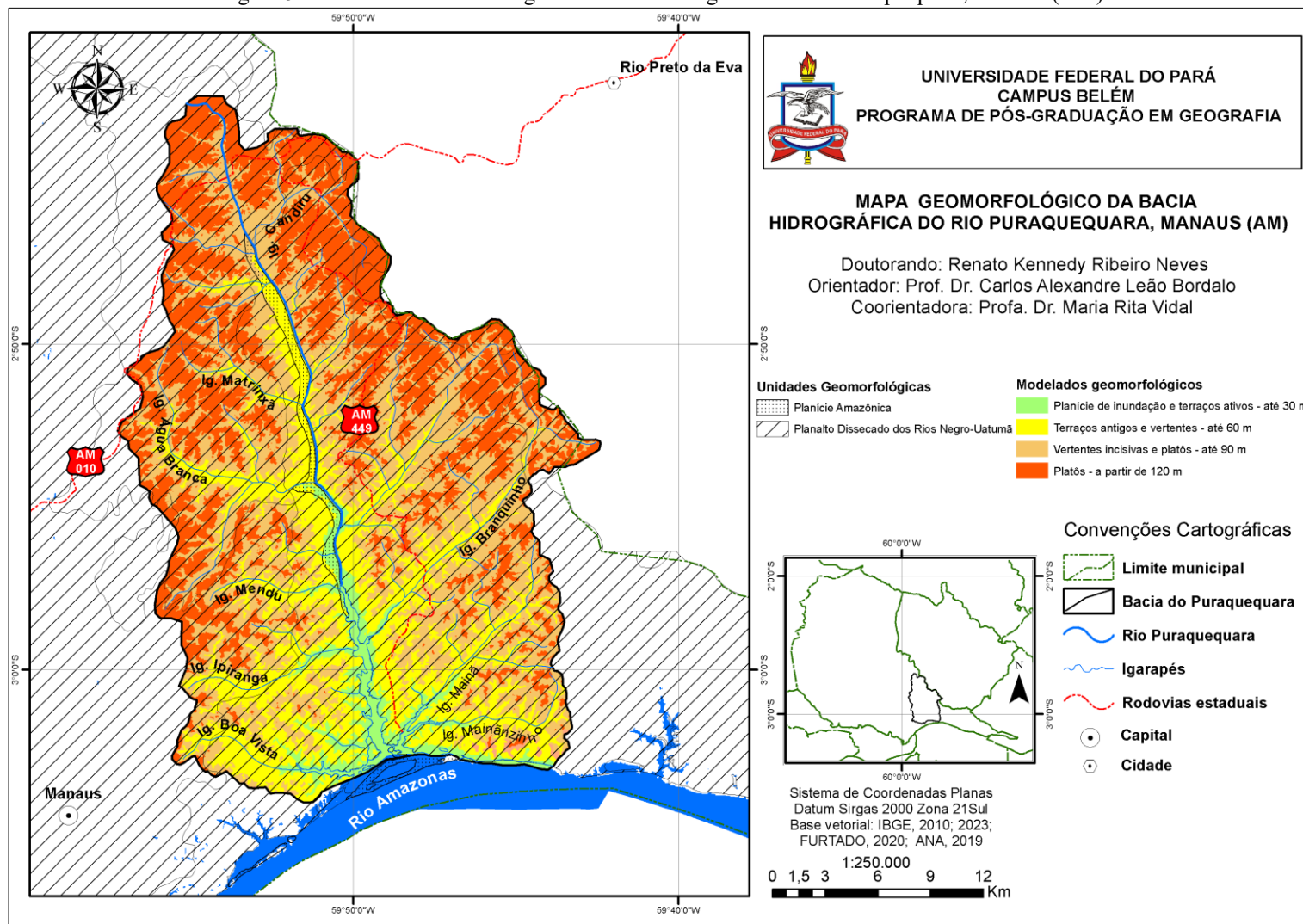
Os Depósitos Aluvionares de Planície Aluvial representaram 15,31 Km², o que corresponde a 2,20% (Tabela 4) da área de estudo. Conforme a Figura 4, essa formação margeia cerca de 16 km² da calha do rio Puraquequara, funcionando, no período da cheia, como planície de inundação. Essa unidade é predominante na foz dos igarapés do Água Branca, Branquinho e Boa Vista. Já nos igarapés da margem esquerda, como o Mainazinho, Mainã e Matrinxã, os

depósitos aluvionares estão concentrados nos leitos desses afluentes. De acordo com a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (2010), a estratigrafia é do período holoceno, composta por sedimentos e cascalhos inconsolidados. Nos rios Preto da Eva e Tarumã, a unidade se “caracteriza por dunas subaquosas que estão representadas por areia esbranquiçada e de granulação variando de fina a média, passíveis de serem empregadas na construção civil” (Riker *et al.*, 2016, p. 138).

4.3 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo, segundo IBGE (2023), está ordenada no 3º táxon pelos seguintes compartimentos geomorfológicos: Planalto Dissecado dos rios Negro-Uatumã e de Planície Amazônica, as superfícies estão configuradas no 4º táxon por modelados com topos por dissecação convexos (Dc) e dissecação tabular (Dt), além da planície fluvial (Apf). De acordo CPRM (2010), a área de pesquisa apresenta um padrão semelhante de colinas dissecadas e morros baixos, integrada por pequenas extensões de baixos platôs dissecados. Estudos realizados por Furtado (2020) definiram, para bacia do rio Puraquequara, quatro tipos de modelados geomorfológicos, conforme destacam a Figura 5 e a Tabela 5.

Figura 5 – Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 5 – Área e porcentagem das Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do Puraquequara, Manaus (AM)

Unidade Geomorfológica	Área (Km²)	Porcentagem (%)
Planície de inundação e terraços ativos – até 30 metros	34,14	5,03
Terraços antigos e vertentes – até 60 metros	157,92	23,08
Vertentes incisivas e platôs – até 90 metros	274	40,27
Platôs – a partir de 120 metros	215	31,62
Total	687,01	100,00

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As vertentes incisivas e platôs de até 90 m cobriram uma área de 274 Km², em percentuais, 40,27% do recorte de estudo (Tabela 5). No alto curso, está encaixada em áreas de platô de até 120 m, onde estão concentradas as principais nascentes da rede hidrográfica. No médio curso, está localizada de forma intermediária entre as áreas de platôs e terraços antigos, com vertentes de até 60 m. Já no baixo curso, funcionam como zonas de interflúvio das microbacias do igarapé do João Paulo e do Boa Vista.

Considerada a unidade mais elevada da bacia do rio Puraquequara, os Platôs a partir de 120 m (Figura 5) concentram-se em setores do divisor topográfico, especificamente no alto e médio curso. Esta unidade ocupa 215 Km², correspondendo 31,62 % da bacia hidrográfica (Tabela 5). Na área urbana, os bairros Jorge Teixeira e Distrito Industrial são ocupados por residências, aglomerados subnormais, prédios comerciais, prédios industriais e pelo sistema viário. Grande parte da bacia está coberta por vegetação primária, porém, entre os igarapés do Matrinxã e Água Branca, funcionam como vetor de interiorização para áreas de balneários.

Os terraços antigos e vertentes de até 60 m (Figura 5) ocupam uma extensão de aproximadamente 157,92 Km², compondo 23,08% (Tabela 5) da área de analisada, e, especialmente, estão paralelos à unidades de planície de inundação e de terraços ativos. Segundo Furtado (2020), essa unidade é composta por areias médias a grossas e possuem ângulos entre 38° e 42° de inclinação, porém essas características podem variar ao longo da bacia.

A unidade abrange grande parte dos terrenos das sub-bacias, contudo, predomina nos igarapés do Boa Vista e do João Paulo. Destacam-se as áreas de ocupação do Coliseu I, II e III, concentradas em fundos de vale do bairro Distrito Industrial II. Essas áreas também são destinadas aos assentamentos do INCRA, sobretudo na área do PA Puraquequara, onde estão contingenciadas cerca de 60 famílias, segundo o órgão gestor.

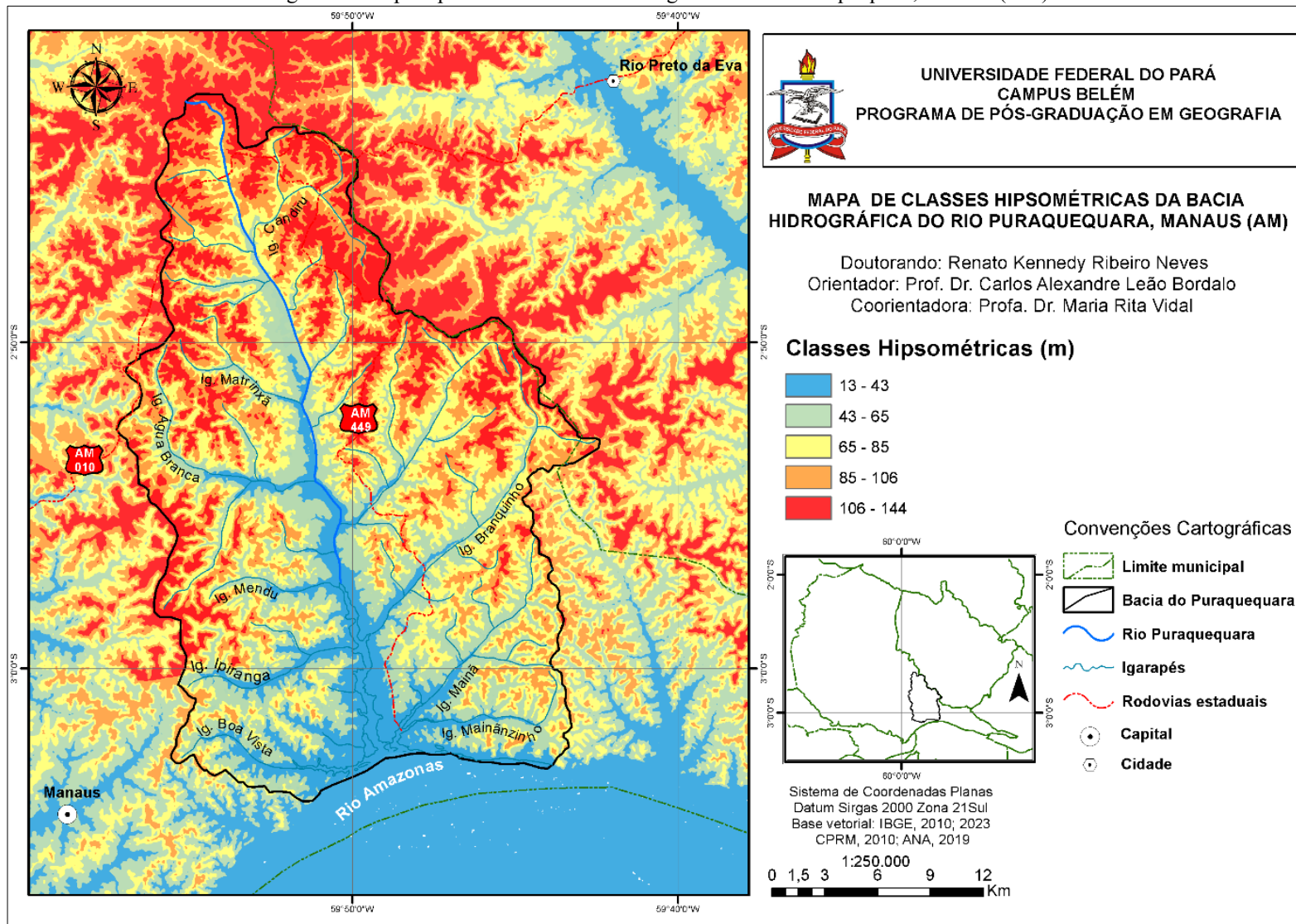
A planície de inundação e terraços ativos com altimetria de até 30 metros (Figura 5), corresponderam a 34,14Km² (5,03%) da área de estudo (Tabela 5). A unidade apresenta

morfologias distintas em seus segmentos. À jusante, a planície tem o perfil alargado e se estende até desaguar no rio Amazonas; nas áreas à montante são raras e, quando ocorrem, apresentam extensões pequenas. Furtado (2020) descreve que o solo varia na sua composição de argilas e areias e são cobertos por vegetação gramíneas e arbustos. À montante, ocupa pequenas extensões dos tributários, com predomínio de argila branca, em alguns pontos, são ocupadas por empreendimentos do ramo do turismo e da piscicultura.

4.4 HIPSOMETRIA

Os dados hipsométricos, entendidos como altitude do relevo em relação ao plano horizontal, é um dos principais componentes atuantes na dinâmica geoecológica, principalmente em áreas com elevado índice pluviométrico. Essa variável informa sobre as faixas altimétricas e sua influência no funcionamento das unidades geomorfológicas, apontando áreas que estão susceptíveis a processos de erosão e sedimentação, como as ocupações irregulares assentadas sobre zonas de platôs, vertentes e planícies de inundação. Os dados hipsométricos (Figura 6) variaram entre 1 e 144 metros, conforme é observado na Tabela 6.

Figura 6 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 6 - Áreas e porcentagem das classes de cotas altimétricas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus – AM

Classe Hipsométrica	Área (Km²)	Porcentagem (%)
1 – 41	76,01	10,96
41 – 63	150,26	21,67
63 – 83	186,04	26,82
83 – 105	174,69	25,19
105 – 144	106,37	15,34
Total	693,39	100,00

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As cotas de maior altitude na área de estudo, entre 105 e 144 metros (15,34%), são representadas pelos divisores topográficos, sendo expressivas nos setores do alto e médio curso do rio Puraquequara. Nesse ambiente, localiza-se a parte central da Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke, que exerce influência na proteção das nascentes dos afluentes da margem direita, sobretudo dos igarapés do Mendú e Água Branca, que estão sobre intervenção de vetores de interiorização como a rodovia estadual AM-010, ramais e estradas.

Na margem esquerda, na divisa dos municípios de Manaus e Rio Preto da Eva, há preservação dos componentes físicos-ambientais, indicando a estabilidade, áreas de platôs e vertentes. As áreas de risco por movimento de massa localizadas no bairro Jorge Teixeira, especificamente na porção sudoeste da bacia do Puraquequara, apresentaram cotas médias, variando entre 83m e 105 m.

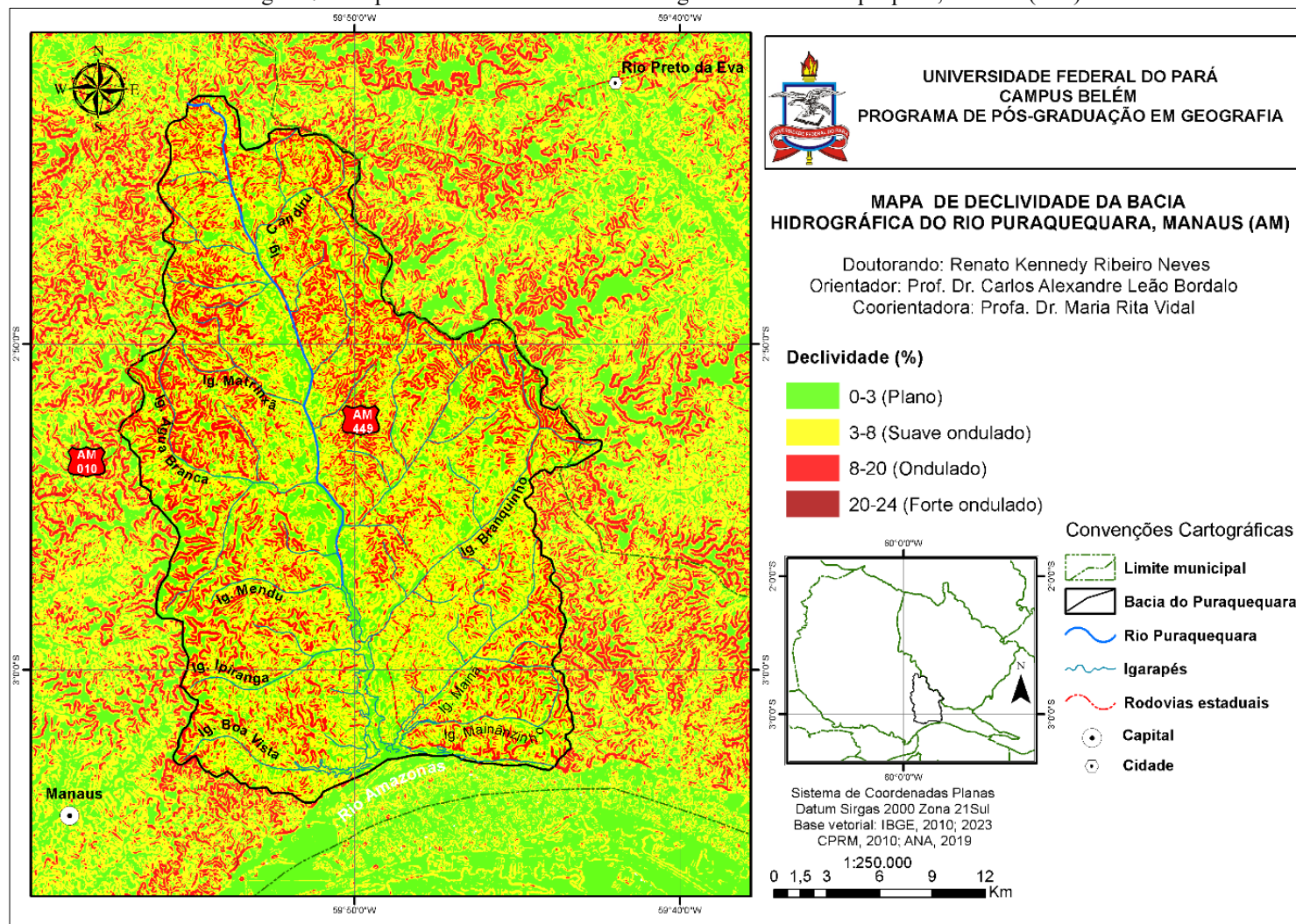
As altitudes entre 63m e 83m e 83m a 105m ocuparam a maior parte da extensão territorial da bacia, 186,04 Km² (26,82%) e 174,69 Km² (25,19%), respectivamente. espacialmente, representaram as áreas de terraços antigos, vertentes e de platôs. As menores altitudes variaram entre 13 m e 41 m, correspondendo ao leito do rio principal e dos seus tributários. Os dados altimétricos entre 41m e 63m estão presentes em unidades de terraços antigos e vertentes de até 60 m.

4.5 DECLIVIDADE

A análise do fator declividade de uma bacia hidrográfica (Figura 7) é necessária para a caracterização das potencialidades e fragilidades das unidades de paisagens, bem como as variações que fazem a mobilização de matéria e energia no sistema. A compreensão dessa variável pode revelar “o grau de vulnerabilidade a processos erosivos, a velocidade do

escoamento superficial e subsuperficial” (Costa, 2017, p. 170), podendo contribuir com o planejamento ambiental, apontando recomendações e limitações para as unidades. A classificação da declividade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara apontou a ocorrência de quatro classes, conforme a Tabela 7.

Figura 7 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 7 – Área e porcentagem de classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

Classe (%)	Área em (Km²)	Porcentagem (%)
0 – 3 (Plano)	149,12	21,50
3 – 8 (Suave ondulado)	387,73	55,93
8 – 20 (Ondulado)	156,32	22,54
20 – 24 Forte ondulado	0,17	0,03
Total	693,39	100,00

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na Figura 7, a classe de relevo Suave ondulado na BHRP representou um percentual de 55,93%, de acordo com a Tabela 7, equivalendo a uma dimensão territorial de aproximadamente 387,73 Km², o que corresponde a mais da metade da área da estudada. É predominante na topografia das microbacias, porém, sua espacialidade abrange de forma contínua os terrenos dos igarapés do Mainã, Água Branca e Matrinxã.

Na porção urbana, essa forma de relevo predomina na Vila do Puraquequara, área que tem a maior concentração populacional do bairro do Puraquequara. No Distrito Industrial e no Jorge Teixeira, essa classe é ocupada por moradias ilegais, tipificadas de aglomerados subnormais. De acordo o IBGE (2020), nesses ambientes residem populações com as condições socioeconômicas, de saneamento básico e moradias mais precárias. Além disso, estão assentados sobre essa forma de relevo as indústrias navais, o sistema viário Anel Leste e as principais vias de interiorização, a estrada do Brasileirinho e o ramal do Ipiranga.

A classe de relevo Ondulado, que apresenta declividade entre 8% e 20%, representou 22,54% da área total da bacia, indicando uma abrangência territorial de 156,32 Km². Essas formas topográficas estão presentes em todas as sub-bacias, concentrando-se especificamente nas zonas de nascentes e nos interflúvios. São revestidos, em sua maioria, por floresta primária, principalmente na margem esquerda. No perímetro urbano da área de estudo, mais precisamente na divisa do bairro Jorge Teixeira com o Distrito Industrial, os setores ondulados são ocupados por moradias irregulares e por fragmentos florestais descontínuos.

O relevo de declividade plano (0% -3%) foi apontado pelo estudo como a terceira classe predominante na BHRP, significando um percentual de 21,50 %, o que correspondeu a 149,12 Km² da área total. A classe está presente na calha do rio principal e de seus afluentes. No divisor topográfico oeste, se estende no sentido norte-sul do bairro Jorge Teixeira, área onde estão concentrados setores do comércio e da indústria, bem como escolas e residências. Na porção

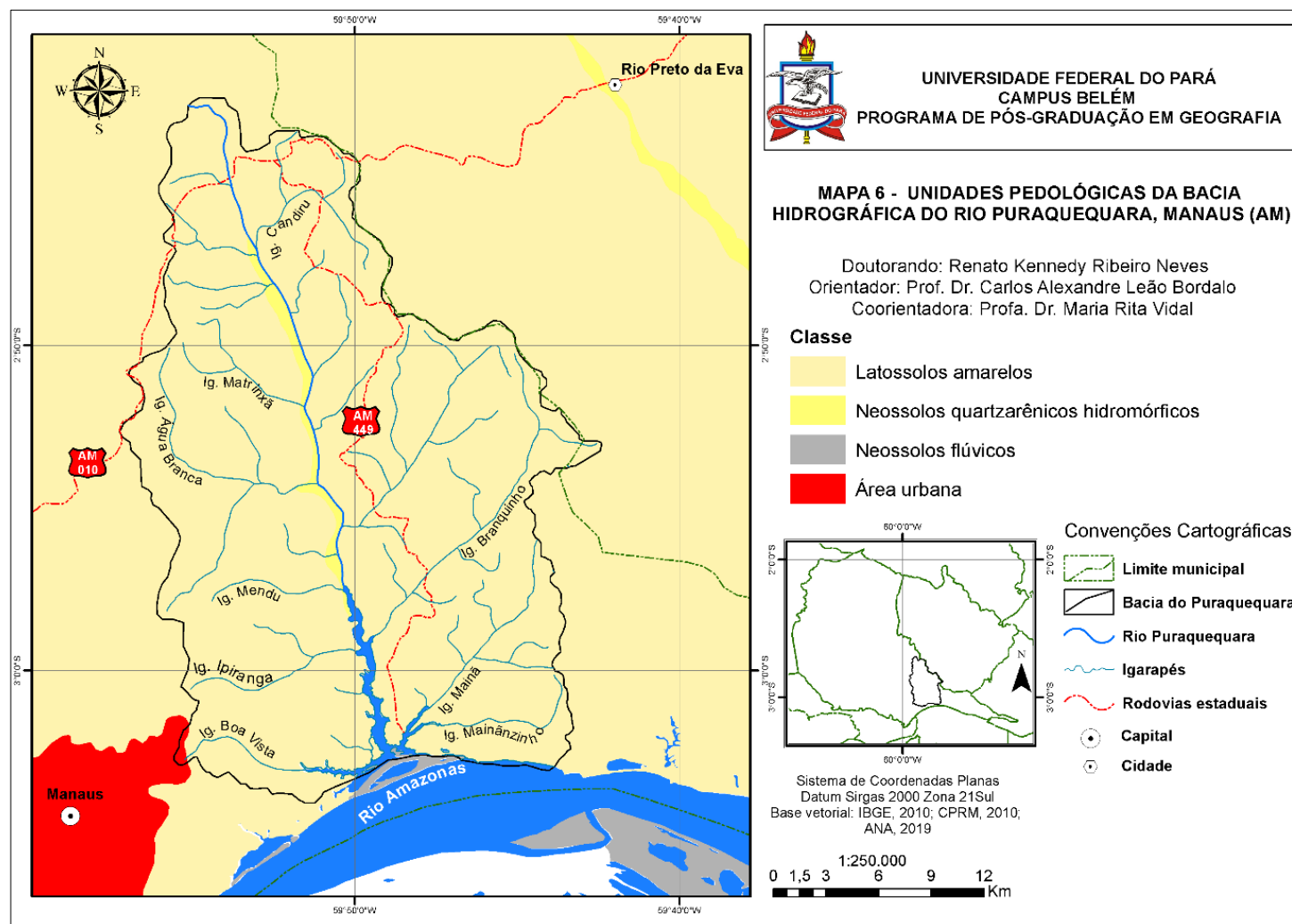
norte, estão inseridos nessa unidade o assentamento Puraquequara, tanques escavados e espaços de produção de hortaliças.

As áreas de topografia Forte ondulado corresponderam a 0,17 Km² (0,03%) da BHRP. Após sobreposição, foram identificadas formas pontuais sobre o estrato superior de floresta agrupadas nas microbacias dos igarapés do Mendú e do Água Branca.

4.6 SOLOS

Na BHRP, foram identificadas três classes de solos, os Latossolos Amarelos, os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Neossolos Flúvicos, conforme é observado na Figura 8. Na Tabela 8, estão descritos a área e o percentual de cada unidade pedológica que compõem a área de estudo.

Figura 8 – Mapa das unidades pedológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 8 – Área e porcentagem dos Tipos de solo da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus – AM

Classe (%)	Área em (Km ²)	Porcentagem (%)
Latossolos amarelos	672,09	96,92
Neossolos quartizarênicos hidromórficos	10,58	1,52
Neossolos flúvicos	0,46	0,06
Total	683,13	98,5

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

O solo do tipo Latossolo Amarelo abrange toda a extensão territorial de terra firme da bacia rio Puraquequara, sua extensão representa 96,92%, correspondendo a um total de 672,09 Km² da BHRP. No Amazonas, esse tipo de solo tem potencial para a agricultura e a pecuária, a depender das propriedades do relevo, suas limitações decorrem da baixa fertilidade e da acidez elevada, sendo necessária a aplicação de corretivos e adubos orgânicos e inorgânicos (Maia e Marmos, 2010).

Os neossolos quartizarênicos hidromórficos estão espacialmente concentrados na calha do rio Puraquequara e em trechos da planície de inundação, em percentuais, essa unidade corresponde a 1,52%, da área, equivalente a 10,58 km² da bacia. São profundos, “com espessura superior a 50 cm, de textura arenosa por todo o solo, e, praticamente, ausência de minerais primários” (Manzatto, Junior e Peres, 2002, p. 21). Maia e Marmos (2010) descrevem que eles são essencialmente profundos, arenosos, pouco desenvolvidos e de baixa fertilidade, por essas características, eles apresentam limitações, necessitando correções e fertilizantes para cultivo de uma determinada cultura.

Os neossolos flúvicos são a menor unidade pedológica da bacia, compreendendo 0,46 Km² (0,06%) da área de estudo. Estão concentrados na foz do rio Puraquequara, espacialmente, formam bancos arenosos que evoluem para ilhas florestadas, são solos que estão associados a diques fluviais. No Estado do Amazonas, ocorrem nas margens de rios e lagos com elevada fertilidade natural, sendo importantes para a produção da agricultura familiar (Maia e Marmos, 2010). Embora apresente tais característica, as áreas de predomínio dos neossolos flúvicos na bacia do Puraquequara não apresentam nenhuma forma de produção agrícola, provavelmente por se tratar de pequenas áreas isoladas e com um certo distanciamento das comunidades e os aglomerados urbanos.

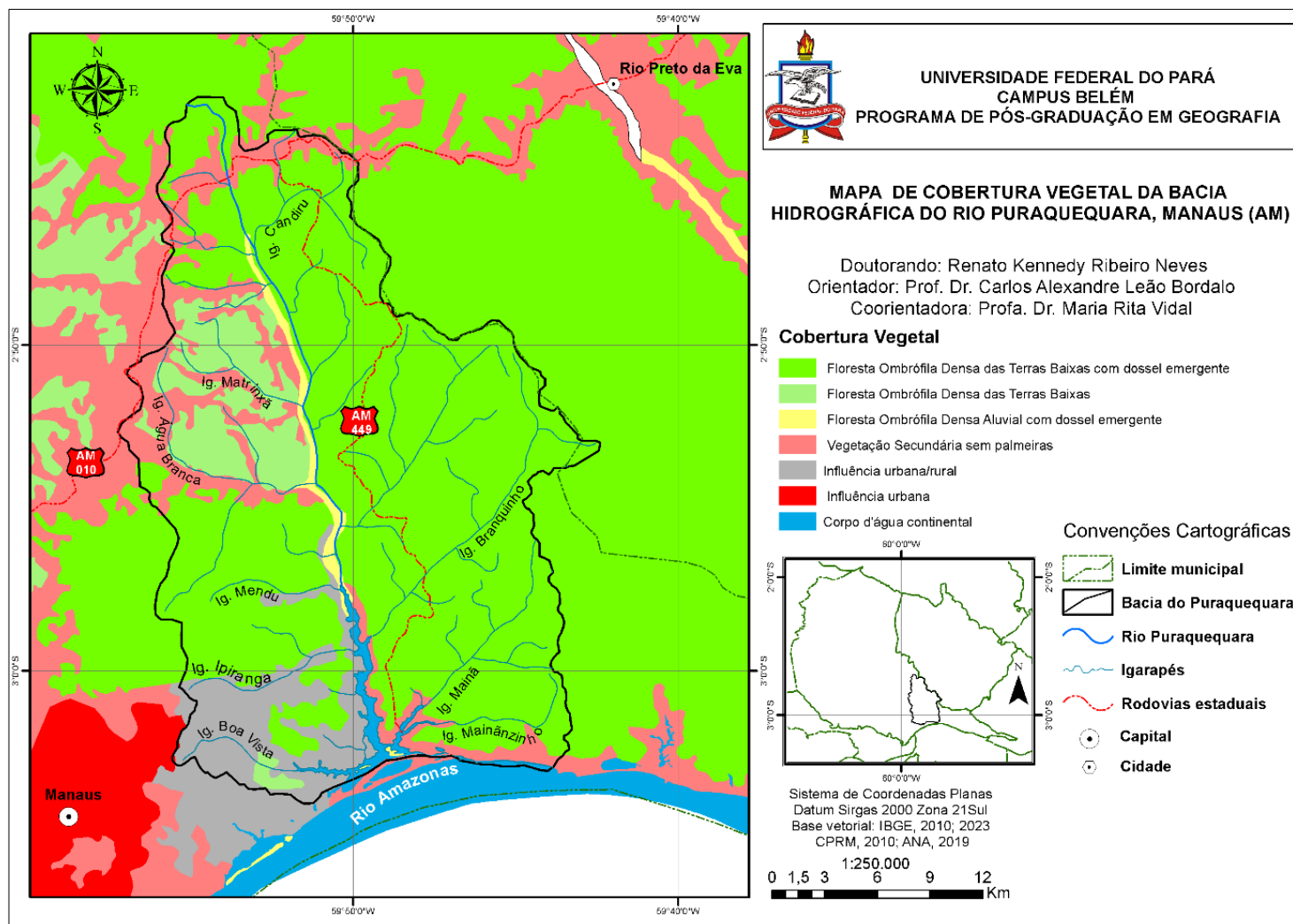
4.6 COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal é a parte morfológica que mantém a autorregulação dos processos de funcionamento e conserva as propriedades estruturais das paisagens da bacia hidrográfica, que está em consonância com os componentes: clima, litologia, declividade, relevo, hidrografia e solo. Ela mantém uma relação de interdependência com unidades pedológicas, serve de substrato para as plantas, assegura-lhe a fixação e os nutrientes para o seu desenvolvimento (Ferraz, *et al.*, 2012). Por outro lado, o solo depende da vegetação para garantir a qualidade de suas propriedades, quando desprovido dela, fica exposto a uma série de fatores que tendem a degradá-lo numa intensidade que varia com as características pluviométricas e topográficas (Lepsch, 2010).

A área de estudo é coberta por fisionomias florestais que variam conforme o relevo. Na cidade de Manaus, nas partes mais altas e planas (platôs), a vegetação dominante é a Floresta Ombrófila de Terra Firme; nas encostas, a floresta é semelhante, mas o terreno é íngreme e a altura do dossel das árvores é menor; nas áreas com topografia mais baixa, próxima das margens dos igarapés, a superfície do solo fica mais encharcado durante chuvas, o que muda a fisionomia da floresta, que é conhecida como floresta de baixio (Ferraz, *et al.*, 2012).

O IBGE (2023) classifica as vegetações que compõem as paisagens da BHRP em: floresta ombrófila densa aluvial com dossel emergente; floresta ombrófila densa das terras baixas; floresta ombrófila densa das terras baixas com dossel emergente; e vegetação secundária sem palmeiras. Na Figura 9, as fisionomias estão distribuídas de forma espacial e, na Tabela 9, a quantificação de área coberta.

Figura 9 – Mapa da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 9 – Área e porcentagem da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)

Tipo de Cobertura Vegetal	Área (Km²)	Porcentagem (%)
Floresta ombrófila densa fluvial com dossel emergente	9,81	1,42
Floresta ombrófila densa das terras baixas	58,31	8,44
Floresta ombrófila densa das terras baixas com dossel emergente	472,36	68,40
Vegetação secundária sem palmeiras	82,03	11,87
Influência urbana/rural	57,92	8,38

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

A Floresta ombrófila densa das terras baixas com dossel emergente é a fisionomia predominante na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, ocupa uma área contínua, sobretudo, na margem esquerda e fragmentada, na margem direita. Representa uma área de aproximadamente 472,36 Km², o equivalente a 68,40% da dimensão total da bacia, espacialmente, a floresta cobre modelados de platôs e vertentes, com variações topográficas entre 60m e 144 m.

A Floresta ombrófila densa das terras baixas abrange 58,31 Km² (8,44%) da superfície de platôs e vertentes, entre 60m e 144 m de altitude, está distribuída de forma irregular sobre as microbacias do igarapé do Matrinxã e Água Branca, margem direita do principal. Ao longo do canal principal, entre o médio e alto curso, a floresta ombrófila densa fluvial com dossel emergente assume um padrão linear em ambientes de terraços e vertentes de até 60 m de altimetria.

A vegetação secundária compreende áreas de supressão vegetal, parcialmente em estado de regeneração. Ocupa 82,03 Km², o equivalente 11,87% da dimensão total da bacia, manifesta-se por contornos geométricos regulares e irregulares sobre modelados de platôs, vertentes e terraços antigos. Integra essa fisionomia um mosaico de ocupações rurais, com predominância de atividades voltadas para a agricultura de subsistência e comercial. Complementam esses aspectos, as atividades de piscicultura, caracterizada por tanques escavados e barramento de igarapés.

4.8 COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA

O levantamento sobre o Uso e Cobertura da Terra (UCT) é o principal componente da paisagem, pois dinamiza e permeia as condições estruturais da bacia hidrográfica do rio

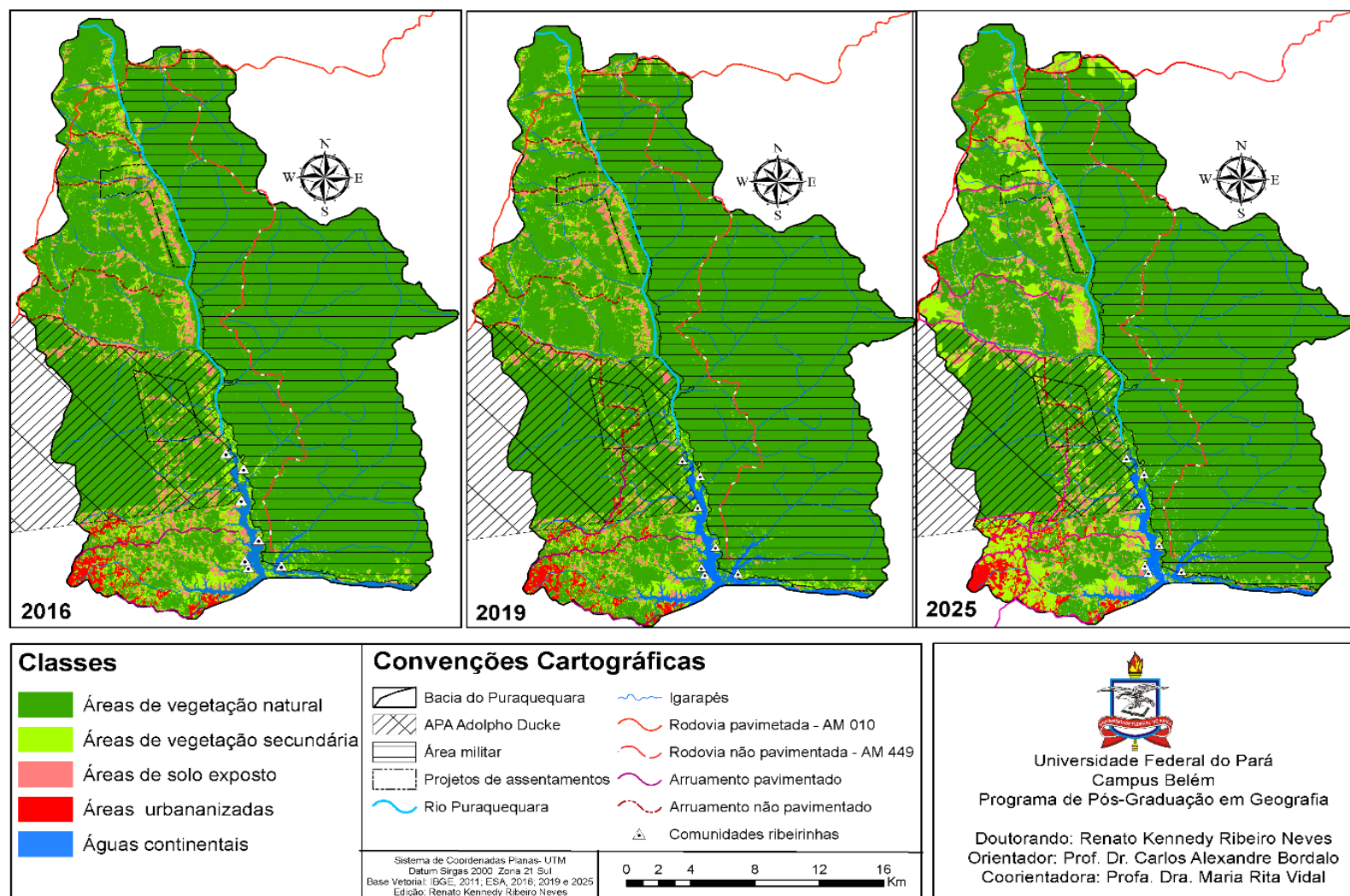
Puraquequara. O estudo apresentou mudanças qualitativas e quantitativas, que, espacialmente, originaram moderadas convenções entre as classes temáticas definidas neste estudo.

A figura 10 mostra que o mapeamento realizado entre os anos de 2016 e 2025 diagnosticou que margem a esquerda não apresentou intensas mudanças no uso da terra, embora haja ocupação ao longo do rio principal e às margens da rodovia AM 010, na contramão, a dinâmica de UCT foi mais acentuada na margem direita, principalmente após a pavimentação dos ramais e construção de estradas que dão acesso ao interior da bacia.

O reduto de vegetação primária do tipo Floresta Ombrófila Densa de formação aluvial e de terras baixas ocupou uma extensão de 579,01 Km², equivalendo a um percentual total de 83,52% para o ano de 2016. Após 37 meses e 21 dias, houve um decréscimo de aproximadamente 2,25 Km² em função do avanço de áreas de solo exposto e recortes em estado regeneração, constatado em julho de 2019. Os valores totais para esse ano significaram uma extensão de 576,76 Km² (83,17%) de floresta primitiva. Em 2025, as áreas naturais tiveram a maior perda de floresta, representando uma redução de 15 Km² em relação à análise de 2019, o cenário quantitativo mostrou que a classe representa, até julho desse ano, uma cobertura com cerca de 80,97%(561,65Km²) de floresta nativa, contudo, o suprimento está relacionado ao desmatamento associado, principalmente, ao avanço das obras de construção do complexo viário Anel Leste e as ocupações irregulares que se adensaram nas proximidades da obra.

Os usos para esta classe se diferem entre as margens do rio Puraquequara. Enquanto a porção mais preservada e de maior extensão contínua é utilizada especificamente para treinamentos militares de guerra na selva e a extração de recursos naturais pelas comunidades ribeirinhas de São Francisco do Mainã e Igarapé da Floresta, a margem direita é a mais fragmentada, porém, o maior recorte, praticamente intocado, é a Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), que integra a Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke (APA-AD), cujos 100 Km² de flora e fauna são destinados à sociedade, em especial, a pesquisadores, cientistas, admiradores da natureza e estudantes interessados em conhecer e desenvolver pesquisas sobre a biodiversidade amazônica.

Figura 10 – Cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM) entre os 2016 a 2025



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 10 – Área das classes temáticas em (Km²) e (%) da Cobertura e Uso da Terra na bacia hidrográfica do rio Puraquequara entre os anos de 2016 e 2022

Classe temática	2016	2019	2025
Áreas de vegetação primária	579,01 (83,52%)	576,76 (83,17%)	561,65 (80,99%)
Áreas de vegetação secundária	60,55 (8,73%)	65,62 (9,46%)	71,42(10,30%)
Áreas de solo exposto	32,51 (5,08%)	27,70 (3,99%)	35,04 (5,05%)
Águas continentais	12,58 (1,27%)	13,69 (1,97%)	12,96 (1,87)
Áreas urbanizadas	8,80 (1,26%)	9,64 (1,39)	12,38 (1,78)

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Os resultados apresentados na Figura 10 e na Tabela 10 indicam que aproximadamente 8,73% da área era ocupada por vegetações secundárias até o ano de 2016, em dimensões espaciais, isso representou cerca de 60,55 Km² de ambientes em estado de regeneração. O cenário, em 2019, apontou um crescimento em torno de 4,97 Km² em relação a série anterior, resultando numa extensão total de 65,62 Km² (9,46%) de cobertura. O mapeamento realizado para o período de 2025 teve um dinamismo superior ao intervalo 2016 a 2019, tal evolução resultou no aumento de 7,19 Km² da classe temática. Dessa forma, a vegetação secundária apresentou valores máximos por volta de 71,42 Km², com uma frequência de 10,30% para área total da bacia.

Do ponto de vista espacial, a classe temática é mais frequente em setores da margem direita. No baixo curso, as áreas têm formatos irregulares, muito por conta do abandono após o desflorestamento da vegetação primitiva, além disso, a exploração de lavras de areia e processo de regeneração de ambientes de solo exposto contribuíram para tal crescimento. Segundo Escada (2003), as áreas de sucessão secundária se formam com a derrubada das árvores, que depois são queimadas, e, posteriormente, essas áreas são cultivadas até o solo perder sua fertilidade e a parcela é abandonada. Essa condição é comum em locais ocupados por comunidades ribeirinhas, as quais realizam o processo de coivara, que é a derrubada e queimada da vegetação para dar início ao plantio. No médio e alto curso, os padrões ganham formatos geométricos, porém com hectares superiores aos trechos à jusante, eles também estão associados ao mesmo modelo de agricultura praticado no baixo curso. O crescimento dessas áreas nesse setor foi mais frequente entre os anos de 2019 e 2025, muito em função da manutenção e ampliação das vicinais.

As áreas de solo exposto ocuparam cerca de 32,51 Km² (5,08%) da bacia do rio Puraquequara, referente ao ano de 2016. No entanto, houve decréscimo 4,81 Km² da classe em 2019, isso por conta de fatores como sucessão secundária, período hidrológico (cheia) com cota superior aos anos avaliados e o avanço da mancha urbana. Dessa maneira, os recortes espaciais

representaram em torno de 27,70 Km² (3,99%) da seção de estudo. Após 6 anos de intervalos, as superfícies foram ampliadas em 7,34 Km² (5,05%), totalizando 35,04 Km² para o cenário de 2025, tal situação está associada à supressão das florestas primárias, regressão da massa d'água, processo limpeza dos terrenos para plantação e áreas de ocupações irregulares.

A classe tem padrões espaciais irregulares e regulares, os ramais possibilitam a conexão com balneários, sítios e com os projetos de assentamentos. Nas áreas adjacentes ao canal principal, os núcleos ribeirinhos e rurais dão dinâmica a esses espaços, pois o sistema de roçado possibilita a limpeza e queimada total do terreno, principalmente nos meses de baixa pluviosidade, portanto, as classes de vegetação secundária e de solo exposto são transitórias, sobretudo nas propriedades das populações tradicionais. Outra realidade é observada à margem direita do rio Puraquequara, o uso do solo exposto por estaleiros que executam a manutenção e a construção de embarcações por consequência da ampliação da massa líquida da planície de inundação durante a cheia e proximidade com rio Amazonas, o que facilita a logística, são alguns dos elementos que possibilitam a fixação desse setor no baixo curso da bacia.

À montante, a configuração tem um padrão em formato de corredor e espinha de peixe, em função dos assentamentos Água Branca, Puraquequara e os ramais que interligam a rodovia AM 010. Outra área a se considerar é a microbacia do igarapé do Água Branca e Matrinxã, ambas com as Áreas de Preservação Permanente (APP) comprometidas, indicando parcialmente o assoreamento de seções do canal principal.

A classe de águas continentais é constituída pela massa d'água rio Puraquequara e os seus tributários. O mapeamento totalizou 12,66 Km² (1,27%) da superfície da bacia para o ano de 2016. A análise comparativa constatou a ampliação da lâmina d'água para 13,69 Km², correspondendo a 1,97% de área inundada. Para ano de 2025, a massa líquida abrangeu uma extensão aproximada de 12,96 Km², equivalendo 1,87% da bacia. Essas mudanças equivalem ao período de aquisição das imagens e estão associadas às variações hidrológicas que promovem a redução ou ampliação das cotas fluviométricas na área de pesquisa. Os usos para essa classe variam ao longo do canal principal, na área de confluência com rio Amazonas, a pesca de subsistência e comercial é praticada por moradores ribeirinhos e urbanos, oriundos, sobretudo, da Vila do Puraquequara e do ramal do Brasileirinho. As águas também são utilizadas por estruturas flutuantes com funções de bares, restaurantes, posto de gasolina e armazenagem de embarcações de pequeno porte, como lanchas do tipo voadeiras e Jet Ski. Além disso, o rio Puraquequara é utilizado no transporte de cargas oriundas das comunidades à montante, como também no transporte de alunos, moradores, turistas e trabalhadores do Polo Industrial de Manaus.

As áreas urbanizadas estão consolidadas nos bairros Jorge Teixeira e parcialmente no Puraquequara (Figura 10), elas correspondem a setores de concentração populacional integrados por infraestruturas urbanas, como arruamento e edificações. Todavia, a dinâmica se intensifica no Distrito Industrial II (DI-II), pois o bairro possui terras públicas destinadas ao setor primário e à expansão do PIM. As obras de engenharia do sistema viário Anel Leste, novas plantas industriais ao longo da Av. Puraquequara, e as ocupações irregulares em trechos do Km 4 e 10 da estrada do Brasileirinho, bem como na Av. Flamboyant, reconfiguraram a organização espacial do setor sudoeste da bacia hidrográfica do Puraquequara. Tal situação está colaborando para a redução de fragmentos florestais primitivos e secundários, da mesma forma que acentua a degradação das nascentes dos igarapés Boa Vista e do Ipiranga e o assoreamento de seções fluviais.

De acordo com Tabela 10, as áreas urbanizadas estão em expansão no DI-II, principalmente sobre as classes de solo exposto, vegetação secundária e pequenos fragmentos de florestas primárias. Os aspectos quantitativos indicaram que 8,80 Km² (1,26%) da área total da bacia apresentava coberturas urbanas em 2016. Em 2019, a classe atingiu uma extensão de 9,64 Km² (1,39%), isso em consequência do surgimento de invasões no entorno do igarapé do Boa Vista e da pavimentação do ramal do Ipiranga. A área urbanizada foi ampliada em 2,74 Km² em 2025, a dimensão total de 12,38 Km² representou 1,78% da extensão total da bacia. O avanço da classe de áreas urbanizadas na bacia do rio Puraquequara se deve ao surgimento de novas aglomerações subnormais que ocupam áreas de vertentes e fundos de vale, em contrapartida, a ocupação de terrenos pelo setor industrial acontece principalmente na Av. Puraquequara.

PARTE

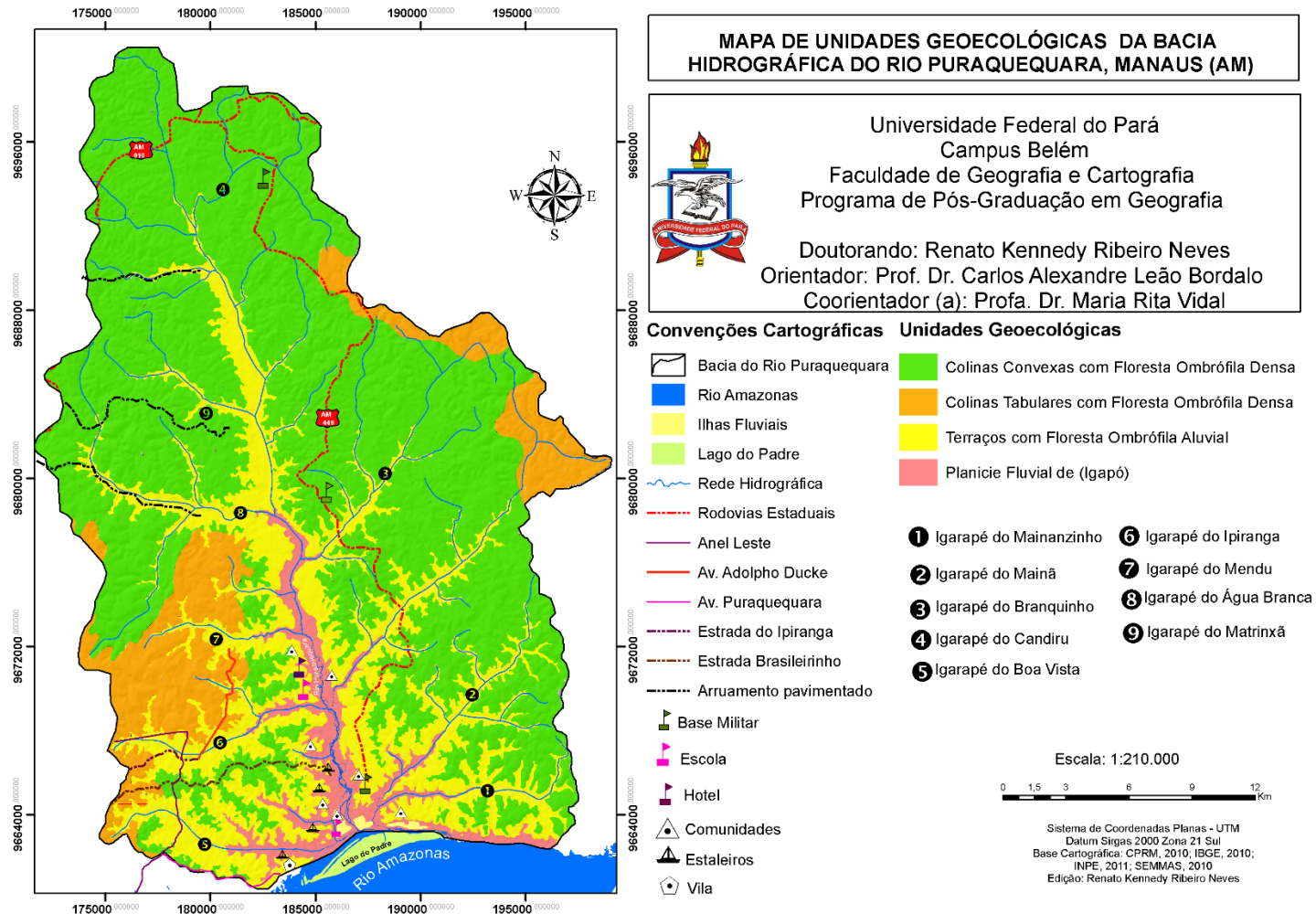
5

5 ANÁLISE DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA

5.1 ESTRUTURA GEOECOLÓGICA DA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA

A área de estudo é dinamizada pelas grandes unidades geomorfológicas. O conhecimento taxonômico do relevo condicionado à escala de mapeamento, posiciona a área de estudo sob o Domínio da Bacia e Cobertura Sedimentares Fanerozóicas e a Planície Amazônica (1º Táxon), região dos Baixos Planaltos da Amazônia Ocidental e Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas (2º Táxon), Planalto Dissecado dos rios Negro e Uatumã e Planície Amazônica (3º táxon). A integração dos elementos morfológicos, topológicos e fito fisionômicos, como também o uso e ocupação da terra, condicionaram ao agrupamento de quatro unidades geoecológicas para bacia hidrográfica do rio Puraquequara, conforme é observado na Figura 11.

Figura 11 – Unidades Geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

5.1.2 Planície Fluvial de Igapó

A planície fluvial de igapó representa os registros hidrológicos, sedimentológicos e ecológicos pretéritos e recentes que atuam no sistema de paisagens da área de pesquisa. A interrelação sistêmica entre os componentes reflete na produção de ácidos orgânicos, que, diluído nas águas, passam a apresentar coloração preta ou marrom avermelhada (Marinho *et al.*, 2015; Sioli, 1983). Formada pela parte central do rio Puraquequara e suas áreas adjacentes inundadas, a unidade tem aproximadamente de 36,46 Km² (5,26%) de extensão, sendo a menor tipologia identificada na bacia (Figura 12).

Figura 12 – Seção longitudinal da planície de fluvial do rio Puraquequara (porção central)



Fonte: registro do autor, 2026.

Nota: A imagem foi registrada por Aeronave Remotamente Pilota (ARP) no dia 7 de julho de 2023, o período de cheia, nessa ocasião, o Porto de Manaus registrava cotas fluviométricas de 27,87 m, o rio Negro estava iniciando seu processo de vazante.

Posicionada sobre a formação Alter do Chão, apresenta um canal com morfologia meandrante sobre um leito com desníveis morfológicos planos (0-3%), sendo bordejado por gradientes de inundação com declividades suaves onduladas (3-8%) (Figura 13 a). Esses padrões topográficos variam de 13 a 30m acima do nível do mar. As cotas mínimas estão próximo ao talvegue (jusante) e as mais elevadas, em setores adjacentes ao canal principal (montante).

Predominam em determinadas seções pouco mais baixa do terreno, os neossolos quatezarênicos, formados por sedimentos aluvionares recentes de composição ente 40% a 80 % de material arenoso em sua textura (CPRM,2019). Nessa parcela, estão agrupados uma diversidade relativamente baixa de indivíduos florestais, a exemplo das herbáceas do tipo gramíneas que formam extensos campos de capins perenes consorciados com indivíduos arbustivos, como a espécie tanibuca-do-igapó (*Buchenavia oxycarpa*), observados na fase terrestre (Figura 13b).

Nas porções pouco mais elevadas, as Florestas Densas Aluviais se estendem de forma contínua, especialmente sobre a margem esquerda. Esse grupo florestal se apresenta por fitofisionomias arbustivas e arbóreas, com fustes retos e tortuosos e dossel com diâmetro reduzido e altura baixa, variando entre 3 e 10 m, além de plantas trepadeiras (lianas). Uma das espécies identificada nesse tipo de floresta é a árvore da família Fabaceae, em especial *Swartzia.ssp*, nominada pelos ribeirinhos de Arabá, elas ocupam zonas de transição, sendo considerada neste estudo, uma espécie bioindicadora desses ambientes. O conjunto de características geoambientais restringem-se o uso para as atividades de pesca, aluguel, manutenção e construção de embarcações, balneários, casas flutuantes (residência, bares e restaurantes), assim como para transporte de cargas e passageiros.

Figura 13 – Aspectos da estrutura de paisagem de planície fluvial do rio Puraquequara



Fonte: registros do autor, 2026.

Nota: (a) variação morfológica do gradiente de inundação; (b) cobertura vegetal do tipo gramínea (capim perene) consorciado com indivíduo arbustivo de tanibuca-do-igapó (*Buchenavia oxycarpa*); (c) Floresta Ombrófila Densa Aluvial no período de vazante, ao centro, a presença da árvore de Arabá (*Swartzia ssp.*); (d) principais usos da unidade no período de vazante.

5.1.3 Terraços com Floresta Ombrófila Densa Aluvial

As paisagens de Terraços com predominância de Floresta Ombrófila Densa Aluvial ocupam 160,11 Km² (23,11%) da extensão da bacia hidrográfica do rio Puraquequara. Estruturada na interface da planície fluvial de igapó e as colinas convexas de floresta ombrófila, essa unidade agrega áreas antigas, lateralmente interligadas por depósitos sedimentos coluvionares e aluvionares (Furtado,2020).

Figura 14 – Seção de contato geoecológico da planície fluvial de igapó com os terraços com floresta ombrófila fluvial



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: A escola municipal São Luiz de Gonzaga, localizada à margem direita do rio Puraquequara, é considerada um ponto de limite entre as unidades, pois apesar da cheia histórica (30,02 m), a edificação permaneceu emersa, segundo os relatos, o que foi comprovado por imagem de satélite.

A topografia (Figura 15a) apresenta faixas altimétrica de 30 e 60 m, onde os perfis morfológicos se alternam em modelados rebaixados com declividades planas (0-3%) e suaves ondulados (3-8%) em ambientes de encostas. Por ser uma unidade de transição, surgem fácies cobertas por neossolos quatezarênicos, sobretudo em planícies próximas aos igarapés e do rio principal (montante), além de enclaves no interior da floresta.

Nesse sentido, foram observadas formações vegetais (Figura 15b) adaptadas a solos arenosos, localizadas entre modelados de vertentes e as áreas de baixo, tipificadas de campinaranas (Demarch *et al.*, 2024). Nas porções mais a abaixo do relevo, às margens dos igarapés, surge a formação denominada regionalmente de floresta de baixo, ela circunda as microbacias dos afluentes do rio Puraquequara. Os solos são arenosos, encharcados e bastante úmidos, sobretudo em períodos de elevada precipitação. Há predominância de cobertura por árvores que possuem raízes superficiais ou escoras e algumas respiratórias (pneumatóforos),

com dossel variando entre 25-30 metros de altura (Hopikuns, 2005; Ferraz *et al.*, 2012). Em tais ambientes foram observados, principalmente nos afluentes da margem direita, a monodominância de palmeiras do tipo *Mauritia Flexuosa L.f*, vulgarmente denominada de buriti (Figura 15c).

O uso da terra nessa unidade é caracterizado pela espacialização de estaleiros, comunidades ribeirinhas e rurais, hotéis de selva, bares e restaurantes, além do uso dos igarapés como espaço de lazer e reação (Figura 15d). Sobre esta unidade de paisagem, está assentada a área mais populosa, a Vila do Puraquequara (área urbana), ela integra o bairro Puraquequara e concentra aproximadamente 9.195 habitantes (IMPLURB, 2022).

Figura 15 – Aspectos estruturais das paisagens de terraço com floresta ombrófila densa aluvial



Fonte: elaborado pelo autor, 2026.

Nota: (a) variação topográfica das morfologias terraço à margem esquerda do rio Puraquequara; (b) formação vegetação de campinarana arbustiva, próximo ao igarapé do Ipiranga; (c) monodominância de palmeiras do tipo *Mauritia Flexuosa L.f* na planície de inundação do igarapé do Ipiranga, à montante.

5.1.4 Colinas Tabulares com Floresta Ombrófila Densa

A unidade geoecológica está regionalmente integrada ao sistema ambiental de terra firme e corresponde a cerca de 73,26 Km² (10,57%) da bacia hidrográfica do rio Puraquequara (Figura 16). São paisagens configuradas sobre a formação Alter do Chão. Dissecadas pela rede de drenagem, apresentam semelhanças morfológica e topológicas caracterizadas por colinas alongadas com topos planos (0-3%), formando um conjunto de platôs contornados por vales

estreitos e diminutos, com encostas íngremes, onde predominam declividades entorno de (8-20%). As variações topográficas estão na faixa de 60m e 144m acima do nível do mar, sendo mais expressivas para essa tipologia de paisagem na Reserva Ducke, Avenida Mirra e o no limite com município de Rio Preto da Eva.

Figura 16 - Colinas Tabulares com floresta ombrófila densa (2°57'57.02"S/ 59°52'14.17"O) na bacia do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: autor, 2026.

Sobre essas morfologias, prevalecem os latossolos amarelos de granulometria de silte-arenoso a silte-argiloso-arenoso, são coesos, com porcentagem entre 50% e 53% de materiais finos, como silte e argila (CPRM, 2019), cobertos vegetação do tipo Floresta Ombrófila Densa (Figura 17a). Segundo Buccaro *et al.*, (2011), na Reserva Ducke, a flora é diversificada e abriga cerca de 1.000 espécies de árvores, com altura entre 30 e 35 metros, e as emergentes com alcance de 45 a 50 metros, conforme é observado na Figura 17b.

O uso da terra abarca atividades em diversos setores, a recente abertura das Avenidas Margarida e Adolpho Ducke (Figura 17c), promoveu o surgimento de residências, hortas, sítios, bem como loteamentos de empresas privadas. A maior parcela da unidade encontra-se em estado natural, sendo utilizada como ambiente de pesquisas e popularização da ciência, viabilizadas pela Reserva Ducke e pelo Museu da Amazônia. Na margem esquerda, a unidade é destinada somente ao uso militar. Na área urbana, entre o bairro do Jorge Teixeira e Distrito Industrial, a unidade é densamente ocupada por estruturas urbanas que se conectam com o ambiente rural, por meio da estrada do Brasileirinho (Figura 17d).

Figura 17 – Aspectos estruturais das Colinas Tabulares com floresta ombrófila densa de terra firme



Fonte: elaborado pelo autor, 2026.

Nota: (a) estrutura vertical de uma colina tabular coberta floresta ombrófila densa de terra firme, é perceptível a variação de estrato, entre o latossolo amarelo profundo com uma pequena camada de matéria orgânica, sobrepostos por fragmentos de floresta primitiva; (b) bloco de floresta primária na borda sul da Reserva Adolpho Ducke; (c) Avenida Margarita; (d) estrada do Brasileirinho, vetor de conexão com o interior da bacia.

5.1.5 Colinas Convexas com Floresta Ombrófila Densa

Representam a maior extensão sobre a formação Alter do Chão, ocupando aproximadamente 422,85 Km² (61,04%) da bacia. Estabelece contato geoecológico com as demais unidades, exceto a planície fluvial. São complexos de paisagens estreitas por serem fortemente dissecadas pela rede de drenagem, morfologicamente são composta por paisagens de topos convexos integradas por vertentes convexas-côncavas com declividades ondulada (8-20%) e por superfícies suaves onduladas (3-8%).

Figura 18 – Colinas convexas cobertas por floresta ombrófila densa de terra firme, localizada na rua Recanto da rainha, próxima a estrada do Brasileirinho Km 4



Fonte: autor, 2026.

As superfícies estão dispostas na faixa altimétrica mínima de 60 m e máxima de 144 metros, contudo, as unidades mais elevadas estão ao norte da bacia (85-144m) e se estendem para as bordas dos divisores topográficos (Figura 19a). No médio e baixo curso, são evidenciadas formações com cotas entre 65 e 85m, estando presentes, principalmente à margem esquerda. Os latossolos amarelos (Figura 19b) são predominantes por toda extensão, porém a variação granular é condicionada pelo gradiente topográfico, que altera a fração mineral, variando acima de 50% de materiais finos como argila e silte; no campo granulométrico, é classificado como silte-arenoso, siltoso e silte-argilo-arenoso (CPRM, 2019). São cobertos por vegetação ombrófila densa, especialmente à margem esquerda, entretanto, na margem direita, ao noroeste e sudoeste bacia, a descaracterização é mais intensa (Figura 19c), resultando em paisagens fragmentadas por conta da pavimentação de ramais. Alguns objetivam o escoamento da produção agrícola e da piscicultura para área urbana, outros facilitam o surgimento de novas áreas desmatadas, em função de ocupações para moradias (Figura 19d), como também para expansão dos setores primário e secundário.

Figura 19 - Aspectos estruturais das Colinas Convexas com floresta ombrófila densa de terra firme



Fonte: elaborado pelo autor, 2026.

Nota: (a) arranjo estrutural ano norte da bacia; (b) ocupação da etnia Kokama à margem do ramal do Clovis, estrada do Brasileirinho Km 8; (c) movimentação de latossolos amarelos à beira da estrada do Puraquequara; (d) área desmatada à beira do ramal do São Francisco, Km 42 da AM 010.

A partir do conjunto de informações, o Quadro 8, apresenta uma síntese das unidades geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, elaborado com base nos componentes naturais e uso dos recursos pela população local.

Quadro 8 - Unidades Geoecológicas

UNIDADE GEOECOLÓGICA	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	SOLO	FAIXA HIPSOMETRIA	ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS	COBERTURA VEGETAL	COBERTURA E USO DA TERRA
Planície fluvial de Igarapé	Formação Alter do Chão	Superfície plana (0-3%), com gradiente topográfico suave ondulado (3-8%) conectada aos terraços recentes.	Solos quartzarênicos	- Entre 13 e 30 m acima do nível do mar.	- Pulso de inundação monomodal, com cota máxima de 30,02 m e mínima de 12,11; amplitude 17,91. - Clima Af: tropical úmido e super úmido. - Precipitação em áreas de floresta: 2407,6 a 2.638 mm. - Precipitação em área urbana: 1.780,8 a 2177 mm. - Temperatura: min: 25,9 °C e máx: 27,7°C.	Predominam - Na margem esquerda, Floresta Ombrófila Densa Aluvial; - Na margem direita, Floresta Secundária com indivíduos herbáceos e arbustivos.	- Floresta primária Aluvial da margem esquerda destina-se ao Exército Brasileiro e às comunidades São Francisco do Mainã e Igarapé da Floresta. - Margem direita intercalada com solo exposto e vegetação secundária, ambientes apropriados por casas flutuantes e por residências de alvenaria e de madeira. - Paisagem na fase aquática bastante utilizada por visitantes locais, turistas, banhistas e pescadores, além de servir como via para o transporte de cargas e pessoas.
	Formação Alter do Chão	- Morfologias com perfis planos (0-3%) a suave ondulado (3-8%), adjacentes a planície fluvial do rio principal conectada com as planícies de tributários.	- Latossolo amarelo - Espodossolo ou neossolos quartzarênicos .	- Entre 30 e 60 m acima do nível do mar.	- Clima Af: tropical úmido e super úmido. - Precipitação em áreas de floresta: 2407,6 a 2.638 mm. - Precipitação em área urbana: 1.780,8 a 2177 mm. - Temperatura: min: 25,9 °C e máx: 27,7°C.	- Predominam Floresta Ombrófila Densa Aluvial na em conjunto com formações de campinaranas.	- Nas bordas dos igarapés, ocorrem formações de floresta primária aluvial conectadas aos igarapés utilizados, principalmente por balneários. Na área urbana, são faixas adensadas por domicílios. Áreas de solo exposto

Terraços com floresta Ombrófila Densa Aluvial							devido a exploração de areia.
Colinas convexas com floresta ombrófila densa de terra firme	Formação Alter do Chão	- Superfícies (3-8%) a suave ondulada (8-20%) conectadas aos terraços mais antigos, terrenos com topos arredondados e vertentes variando em perfis convexas-côncavas, dissecadas por densa rede de drenagem.	- Latossolo amarelo	- Entre 60 e 144 m acima do nível do mar.	- Clima Af: tropical úmido e super úmido. - Precipitação em áreas de floresta: 2407,6 a 2.638 mm - Precipitação em área urbana: 1.780,8 a 2177 mm. - Temperatura: min: 25,9 °C e máx: 27,7°C.	- Predominam a Floresta Ombrófila Densa de terra firme.	- Áreas que prevalecem fitofisionomias primárias, à margem esquerda uso para treinamento militar e ambiente de exploração extrativista e agricultura de subsistência realizada pelas comunidades São Francisco do Mainã e Igarapé da Floresta. - Na margem esquerda porções em estado primitivo destina a visitação e pesquisa. - Na zona urbana, a unidade é permeada por moradias e comércios.
Colina tabular com floresta ombrófila densa de terra firme	Formação Alter do Chão	- Superfícies com topos planos (0-3%) integradas por vertentes íngremes com declividades onduladas de (8-20%) e dissecada moderadamente pela rede de drenagem.	- Latossolo Amarelo	- Entre 60 e 144 m acima do nível do mar.	- Clima Af: tropical úmido e super úmido. - Precipitação em áreas de floresta: 2407,6 a 2.638 mm - Precipitação em área urbana: 1.780,8 a 2177 mm. - Temperatura: min: 25,9 °C e máx: 27,7°C.	- Predominam a Floresta Ombrófila Densa de terra firme.	- Modelos paisagísticos permeado por fitofisionomias primárias, à margem esquerda uso para treinamento militar. - Na margem direita, paisagem coberta floresta primitiva com destinação ao desenvolvimento de pesquisas científicas e visitação turísticas. - Área urbana estruturada por domicílios, comércio e industrial. - Na zona rural são permeadas pela agricultura familiar e subsistência.

Fonte: elaborado pelo autor, 2026.

5.1.6 Funcionamento das unidades geoecológicas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara

O funcionamento da paisagem é um processo de circulação migratória de energia, substância e informação em tempo rítmico e cíclico, resultando na produção, transmissão e acumulação de matéria oriunda da relação vertical e horizontal dos geocomplexos.

O padrão estrutural da paisagem é um ambiente fisiológico de processos morfogenéticos e morfodinâmicos. O volume material está condicionado às sucessões de entrada de fluxos de E.M.I no sistema, formando a memória estruturo-informativa das relações espaciais.

No entendimento de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), a função geoecológica do geossistema é responsável por garantir a manutenção de sua estrutura e o seu funcionamento na área de estudo. Dessa forma, foram definidas para a bacia do rio Puraquequara as seguintes funções geoecológicas: força, entrada (ingestão), produção/emissão, armazenamento, regulação e interação fluvial, conforme observado no Quadro 6.

A função Força é determinada pela entrada e saída dos fluxos de E.M.I, que permitem os fluxos da bacia, constituindo a fonte primária externa/interna da estrutura das unidades geoecológicas, é, respectivamente, proveniente da anergia solar (atmosfera), associada à gravidade e à rotação da Terra (Ferreira, 2012), como à anergia endógena produzida pelo núcleo terrestre.

A função Entrada é o ingresso constante dos fluxos de E.M.I para o interior da bacia. As condições climáticas (entrada primária), entre meses de dezembro a maio, aumentam o volume de chuvas na região, concomitante, alimentam e elevam o nível das águas do sistema fluvial. Como consequência, ocorre a ampliação da planície fluvial do rio Amazonas, que resulta no barramento hidráulico, elevando o nível fluviométrico da planície fluvial do Puraquequara, esse efeito possibilita a migração lateral das águas superficiais que fluem em direção aos igapós (entrada secundária). De menor potencial, a introdução de ventos, seja no período seco ou chuvoso, atinge frequência de velocidade entre 0,50 e 2,10 m/s, advindo, principalmente de oeste para as faixas leste e norte da região de Manaus (Liberato, 2019), por consequência, foi notório observar em campo, mesmo de forma incipiente, a mobilização de material sedimentar (fino) e foliar no período de águas baixas, principalmente na unidade de planície fluvial.

A função Produção é executada pelas unidades geoecológicas de colinas convexas e tabulares com floresta ombrófila densa de terra firme. Agrupadas, representam cerca de 496,44 Km² de extensão, o equivalente a 71,58% do terreno. Reúnem a maior carga mineral, pedológica e de biomassa do sistema, que estão dispostos sobre amplitudes que desnivelam a topografia

em até 84 m. Considerando a estrutura da floresta, as unidades tendem a capturar a maior parcela de radiação solar para o geossistema, por conseguinte, baixa a reflectância, por se tratar de uma cobertura densa e fechada (Leitão; Santos e Oliveira, 2002). Além de receberem, elas absorvem, conservam e transferem E.M.I por geofluxos, possibilitando a migração de produtos autóctones (orgânicos, inorgânicos e antropogênicos) para os diferentes compartimentos das unidades de paisagem.

A função de Armazenamento tem relação direta com o padrão morfológico, topológico e altimétrico das organizações multiestruturas na bacia do rio Puraquequara. Os terraços com florestas ombrófila densa aluvial estabelecem contato estrutural (encostas/fundo de vale) e funcional (escoamento/igarapés) com as unidades superiores de produção/emissão, de modo a atuarem como unidade de captação, acondicionamento e transmissão de grande quantidade de massa alóctone com elevadas frações argila, areia e de matéria orgânica. Todavia, essas unidades armazenam, em proporções superiores, 50% de material arenoso (CPRM, 2019), distribuídos em aproximadamente 23,08% da área total do sistema, em consequência, são paisagens de baixa de produtividade de biomassa, em função das relações geoecológicas verticais, do desmatamento e a exploração de areia. Outra forma de armazenamento e transferência de energia, matéria e informação ocorre na planície fluvial.

O pulso de inundação monomodal eleva a coluna d'água, atingindo cotas máximas entre os meses de junho e julho (fase aquática), induzindo os processos ecológicos e biogeoquímicos em fitofisionomias de igapó. Em consequência, algumas espécies produzem seus frutos nessa fase, como por exemplo a *Pseudobombax munguba* (Mart. e Zucc.), observada em zonas de confluência hídrica (Figura 20).

Figura 20 - Sincronização com as fases de inundação



Fonte: autor, 2026.

Nota: Árvore *Pseudobombax munguba* (Mart. e Zucc.), popularmente chamada de munguba pelos ribeirinhos. É perceptível a perda das folhas durante a fase de alagamento e a produção do fruto, o local é uma zona interação fluvial.

Outros indivíduos arbóreos têm distúrbios naturais, o que resulta na redução do crescimento radial (Lobo, 2017) e no aumento da queda de material foliar, sobretudo no auge da cheia (Wittmann e Parolin, 1999; Shongart *et al.*, 2002; Haugaasen e Perez, 2005). Na fase terrestre, a margem direita é geomorfologicamente mais extensa e plana que a margem esquerda, por isso, armazena com maior proporção material orgânico e sedimentar, formando barras arenosas, que, a depender do regime de flutuação hídrico, são cobertas por extensos pacotes de material foliar seco.

Figura 21 – Barras sedimentar longitudinal acrescida de material foliar durante a fase terrestre, na margem direita da planície fluvial



Fonte: autor, 2026.

Essa condição favorece a frequência de algumas espécies de aves aquáticas e terrestres a buscarem alimentação ou nidificação nessas morfologias, especialmente as *Dendrocygna autumnalis* Anatidae (Asa branca/marreca), *Phalacrocorax brasilianus* Phalacrocoracidae (Biguá/mergulhão), *Butorides striata* Ardeidae (Socozinho), *Ardea alba* Ardeidae (Garça-branca-grande), *Carthartes aura* Cathartidae (Urubu-de-cabeça-vermelha) e *Tyannus savana* Tyrannidae (Tesourinha), os quais foram fotografadas na fase terrestre e identificadas com base no livro “Aves da Região de Manaus”, publicado por Macedo e Cohn-Haft, em 2012.

Figura 22 – Espécies de aves observada na planície fluvial de igapó da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, fase terrestre



Fonte: organizado pelo autor, 2026.

Ocorre também a colonização das partes mais altas da planície de inundação, sobretudo por herbáceas terrestres, que começam a se desenvolver no início da vazante, com a exposição do solo, perdurando entre os meses de julho até as primeiras semanas de novembro, quando inicia a progressiva subida do nível do rio Puraquequara. O início da enchente favorece o desprendimento de algumas formações vegetais, em especial as *Echinochloa polystachya* (canaranas), que passam à categoria de herbáceas flutuantes livres emersas (Lopes *et al.*, 2015; Piedade *et al.*, 2019).

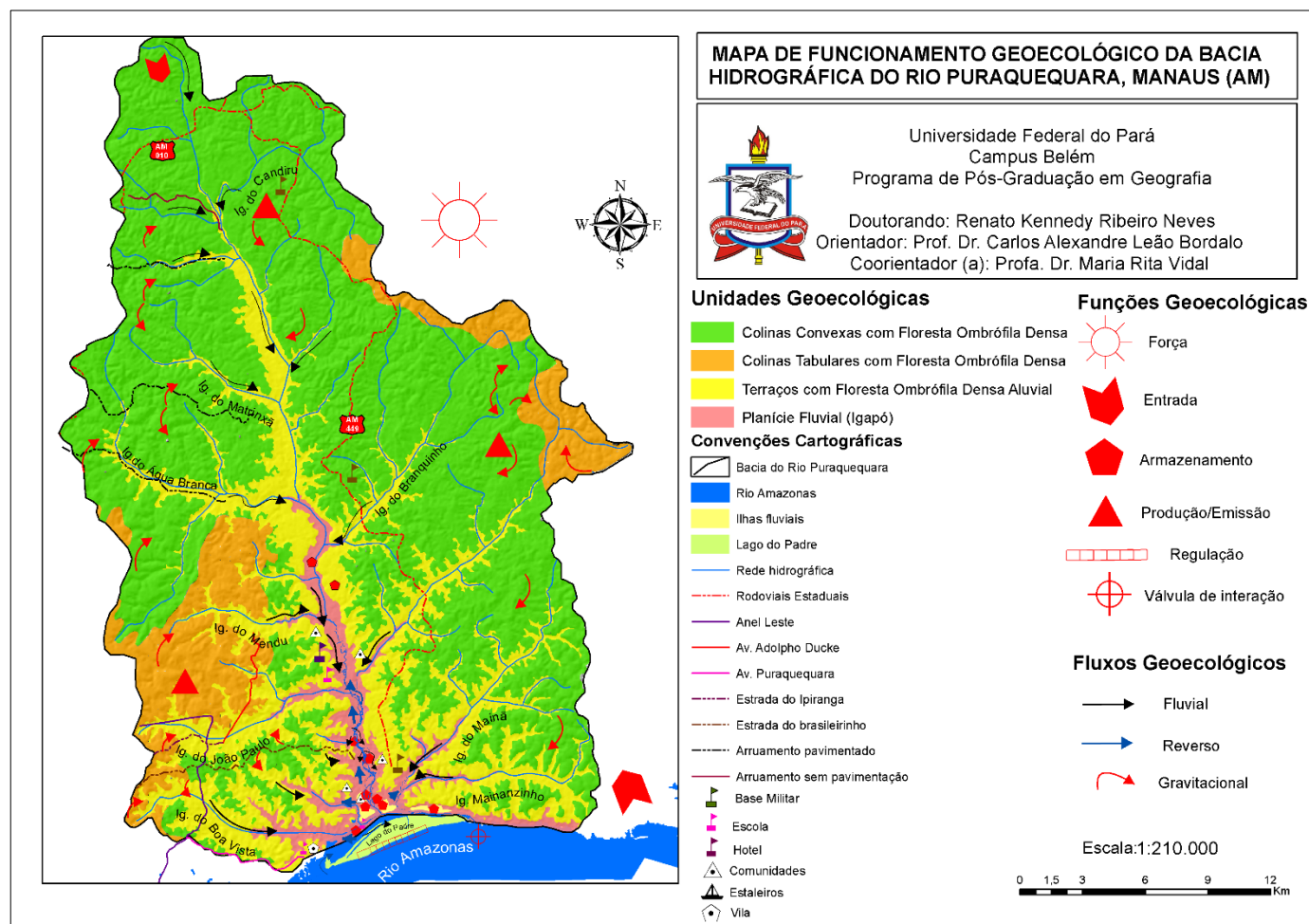
Com isso, elas são mobilizadas para à jusante, em algumas seções, formam-se ilhas fixadas às copas de árvores submersas, de modo a favorecerem a alimentação de capivaras,

tartarugas e servem de habitat para ictiofauna local. Dessa forma, a unidade de planície fluvial é predominantemente deposicional, contudo, as relações ecológicas, principalmente a formação de herbáceas, estão condicionadas ao regime hidrológico da região, o que permite classificá-la em ambiente não apenas de intercâmbio ou de estocagem, mas de produção, especialmente de macrófitas aquáticas.

A Interação Fluvial é função de combinação de diferentes fluxos de energia que interagem em direções contrárias no sistema, a depender do período hidrológico. Nessa ocasião, as águas pretas da planície fluvial confluem com águas brancas do Amazonas, possibilitando as interações sedimentológicas, limnológicas, ecológicas e biológicas, o intercâmbio é percebido em trechos entre o furo do Padre e a foz do Puraquequara, pois, nessa área, a concentração de barcos e redes de pesca é mais intensa do que em outros ambientes da bacia.

A função Regulação é exercida pela ria fluvial, nominada pelos ribeirinhos de Lago do Padre, localizada na foz bacia. Ela forma uma barreira natural sublevada de matéria quaternária transportada pelos rios Puraquequara, e, principalmente, Amazonas. É circundada por floresta aluvial (palmeiras e árvores arbustivas) e, ao centro, é colonizada por vegetação herbácea (capim). Sua principal função é regular o fluxo de matéria dissolvida e particulada derivada dos sistemas paisagísticos. Durante os períodos de seca, e de cotas fluviométricas $\leq 17,39$ m, a planície fluvial do Puraquequara tende a colmatar com mais frequência a borda sudeste do lago, entretanto, para $\geq 19,39$ m, o rio Amazonas progressivamente conecta-se com o a planície fluvial rio Puraquequara, exercendo o controle hidráulico. Dessa forma, o Lago do Padre é a válvula que regula a saída e a entrada de materiais, controlando os fluxos fluviais em função da flutuação hidrológica.

Figura 23 - Estrutura Funcional das unidades geoecológicas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

5.1.7 Relações laterais (geofluxos) na bacia hidrográfica do rio Puraquequara

Os geossistemas são dimensões naturais que estabelecem conexões funcionais com os demais compartimentos da esfera geográfica. A conexão em cadeia é feita por vias de transmissão que conduzem a circulação e transferência de energia, matéria e informação entre os sistemas.

A bacia do rio Puraquequara é um sistema aberto de blocos estruturados em ambientes terrestres e fluviais da Amazônia Central. As condições climatológicas e meteorológicas, sobretudo, a variabilidade sazonal de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, são influenciadas diretamente pelo comportamento da radiação solar incidente ao longo do ano, por conseguinte, regulam os fluxos de entrada e saída do geossistema.

Vidal (2014) descreve que o comportamento da E.M.I é nominado de geofluxos, ou relações laterais, estes, dinamizam as trocas e as interrelações entre os componentes sistêmicos das unidades geoecológicas. Para a área de pesquisa, foram definidos os seguintes geofluxos: fluvial normal, reverso e gravitacional.

O geofluxo fluvial é mecanizado pela rede drenagem, os produtos originados nas planícies de inundações e nas vertentes tendem ao deslocamento, armazenagem ou trânsito temporário em seções dos canais hidrográficos. A extensa malha hídrica da bacia do rio Puraquequara tem perfis retilíneo a meandrante, nos tributários ao norte (Água Branca), e anastomosados nos afluentes do sul (Boa Vista).

As relações laterais potencializam o intercâmbio entre as unidades geoecológicas, viabilizando o deslocamento de material orgânico e sedimentar dos blocos emissores/produtores aos modelos paisagístico de armazenamento. No geofluxo fluvial, a matéria flui por meio dos canais fluviais, uma parcela é retida nas margens convexas, formando pequenos bancos arenosos temporários, e o material dissolvido ou particulado é transportado à planície fluvial de igapó (armazenamento).

No período chuvoso (dezembro-maio), o aumento súbito da lâmina d'água dos igarapés condiciona a expansão temporária da massa líquida sobre os terraços, esse mecanismo acarreta o arraste de componentes arenosos e de nutrientes reciclados para calha dos tributários, servindo de alimento para ictiofauna (Ríos-Villamizar, Piedade e Junk, 2016; Mendonça *et al.*, 2011;).

Os igarapés do Boa Vista, Ipiranga, Mendu e Água Branca são os maiores condutores de sedimentos em suspensão, devido à supressão da cobertura vegetal e expansão da classe de solo exposto e de mancha urbana nas zonas interfluviais. Na margem esquerda, os geofluxos são

exercidos por canais fluviais que drenam trechos ripários de vegetação nativa, garantindo ao sistema matéria orgânica alóctone proveniente principalmente da floresta aluvial.

O fluxo reverso acontece em áreas de confluência hidrográfica, onde a intrusão das águas do sistema de maior volume adentra o baixo curso de seus afluentes, desacelerando a velocidade e elevando a cota fluviométrica, que consequentemente alarga da planície fluvial. Nesse caso, o rio Amazonas, no ápice da cheia, conecta-se às áreas lacustres, adicionalmente, afoga a foz do rio Puraquequara, induzindo o barramento hidráulico. Essa influência pode se estender por aproximadamente 7km à montante (Horbe, Silva e Miranda, 2005). Nesses ambientes, ocorre mudanças bruscas de fluxos, transporte de sedimentos e estrutura do canal, ocasionado a interação de matéria e energia entre os rios (Siqueira e Filizola, 2021).

Nessa ocasião, a planície fluvial é preenchida de acordo com as oscilações do pulso de inundação, provocando um acúmulo contínuo de novas camadas de solo e desníveis no terreno, resultando na formação de gradiente de inundação (Targhetta *et al.*, 2015). Do ponto de vista socioeconômico, essa função geoecológica altera o comportamento das atividades comerciais e turísticas nesse setor da bacia, além de possibilitar a comunicação via fluvial com comunidades assentadas em unidades de terraços. Os igarapés do Boa Vista, Mainã e Mainãzinho são os mais influenciados pelo barramento hidráulico, pois, devido à proximidade com a foz, esses canais têm suas calhas inundadas, permitindo a troca de matéria e energia entre as unidades geoecológicas.

O geofluxo gravitacional promove, em proporções superiores, a transferência de sedimentos siltoso, arenoso, argiloso e de camadas de serrapilheiras para áreas mais rebaixadas da bacia do rio Puraquequara. A movimentação das substâncias é mais acentuada nas colinas convexas, pois são superfícies com dissecação mais expressiva pela densidade da rede de drenagem e pelo formato dos topos arredondados com larguras estreitas. No perfil tabular, o comportamento do geofluxo é moderado por apresentar feições amplas com baixa densidade de drenagem, entretanto, as bordas são mais acentuadas, possibilitando movimentos gravitacionais mais intensos.

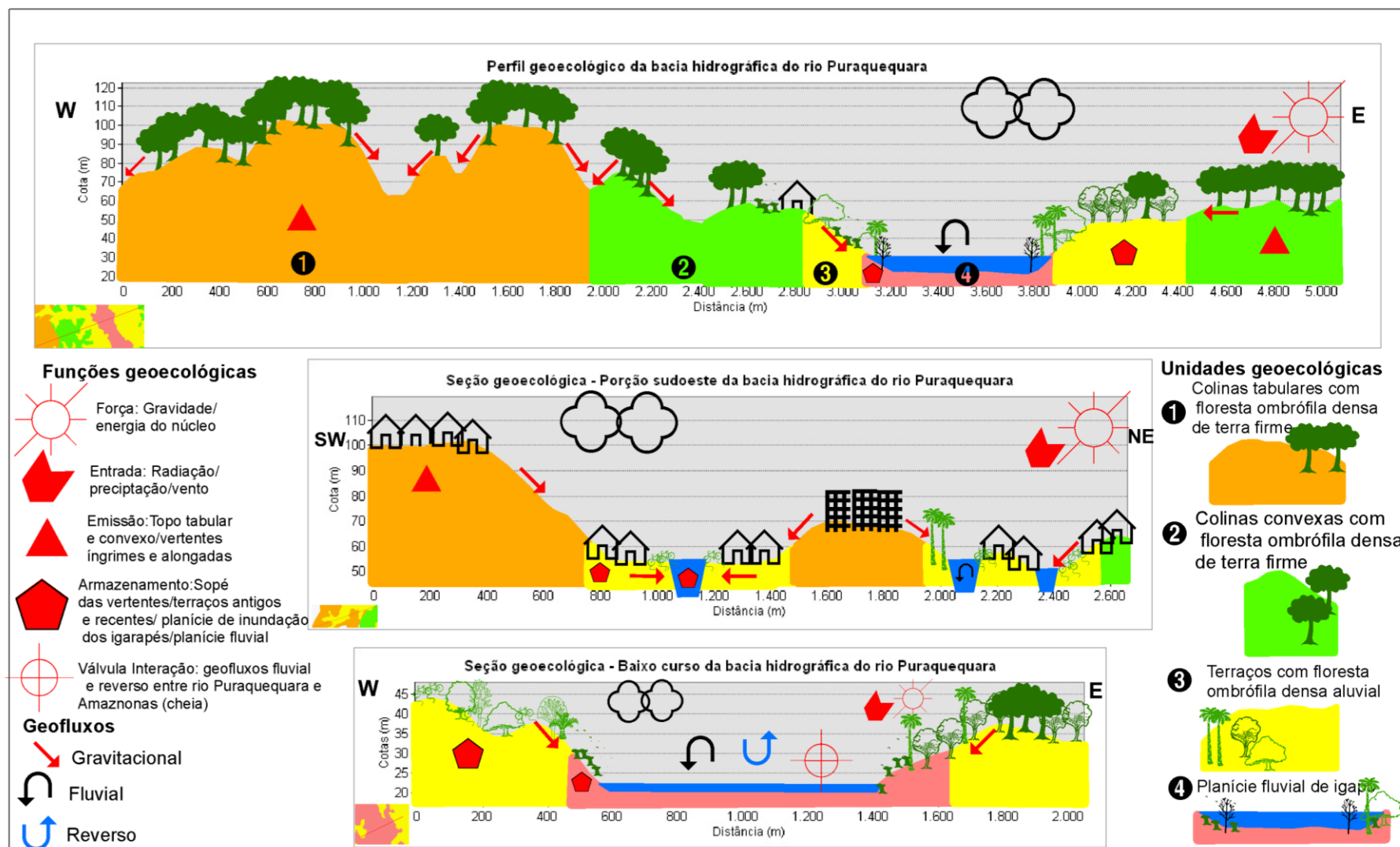
Em unidades de colinas em estado primitivo, a maior parte da entrada de detritos orgânicos no sistema ocorre entre meses mais secos do ano, de julho a setembro. Favorecida pela condição de temperatura e umidade no interior da floresta, a ação de fungos saprófitos acelera a decomposição da matéria orgânica morta durante o ano. A biomassa produzida por eles possibilita o crescimento do micélio e de corpos de frutificação, resultando na imobilização e conservação dos nutrientes, além disso, conectam folhas e galhos finos na liteira, facilitando

a retenção de matéria orgânica e manutenção nutricional em áreas de vertentes durante os meses mais chuvosos, dezembro a maio (Braga-Neto *et al.*, 2011).

As zonas de maior capacidade de emissão de sedimentos concentram-se na porção sudoeste da bacia do rio Puraquequara, em função do uso da terra nas Colinas Tabulares, Terraços e Colinas Convexas, que acabam estabelecendo relações laterais com planície de inundação. Na margem esquerda, as cabeceiras dos igarapés do Branquinho, Matrinxã, Água Branca e Mainã estão localizadas em áreas de Colinas Convexas e apresentam um grande potencial de geofluxo de material de floresta, devido a combinações morfológicas e topológicas, sendo caracterizadas por de topos convexos com cotas altimétricas acima de 100 m.

Com base no exposto, a bacia hidrográfica do rio Puraquequara manifesta unidades de geoecológicas estritamente conectadas por meio relações fluviais. Os igarapés são as principais linhas de transmissão de produtos orgânicos, inorgânicos e tecnogênicos das diversas partes da terra firme. No baixo curso, o antagonismo funcional entres os rios Puraquequara e Amazonas proporciona, por conectividade, a formação de lagos temporários, e, consequentemente, inundam os gradientes topográficos, onde as formações vegetais estão em sintonia com os ciclos hidrológicos. Na prática, os perfis geoecológicos exemplificam a organização estrutural e funcional das unidades diante dessa dinâmica funcional, conforme observado na Figura 24.

Figura 24 – Seções geoecológicas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: organizado pelo autor, 2026.

PARTE

6

6 POTENCIALIDADES, PROBLEMAS E LIMITAÇÕES NAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA

A planície fluvial de igapó é uma unidade geoecológica situada na faixa central do baixo curso do rio Puraquequara, apresenta, durante a cheia, uma esplêndida massa de águas pretas, que se conectam aos furos e aos lagos do Puraquequara e do Padre. O cenário é uma possibilidade concreta de serviços ambientais disponíveis à sociedade manauara, sobretudo aqueles que sobrevivem dos recursos disponíveis nesse recorte espacial da Amazônia Central.

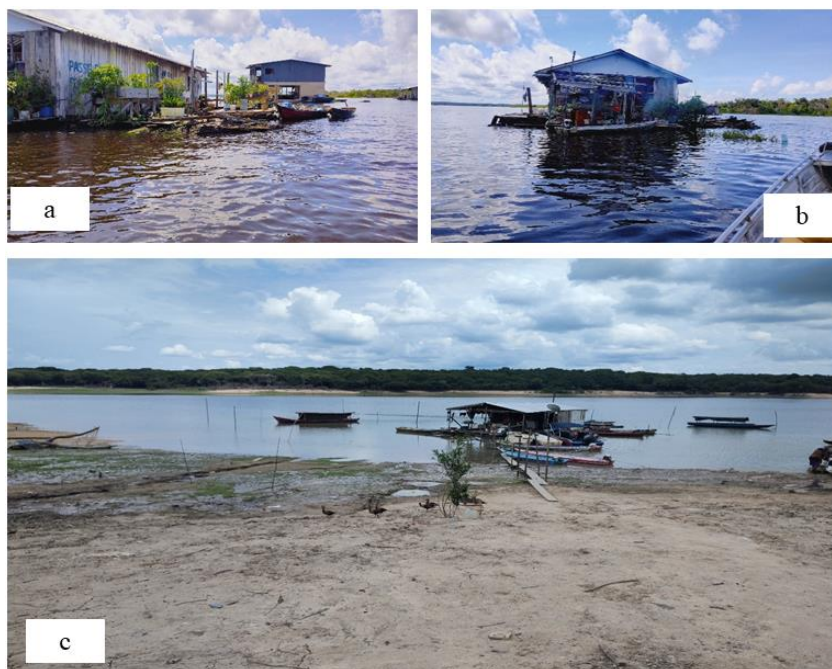
A oscilação das águas atua como o regulador da estrutura socioeconômica dessa paisagem. É a principal fonte de subsistência e renda de muitos comerciantes, moradores e empresários do ramo turístico. O caráter espacial e funcional dessa unidade potencializou a construção de um tipo de moradia comum nessa paisagem, os flutuantes.

Menos vulneráveis a cheias e vazantes (Gregório, 2019), as edificações sobre toras de madeira, preferencialmente a do tipo *Ceiba pentrandia Gaertn* (Malvaceae, Sumaúma), madeira leve, que serve para montagem da boia (Targeta, *et al.*, 2015), sendo as paredes feitas de *Minquartia guianensis Aubl* (Olacaceae, Acariquara), *Mezilaurus* (Lauraceae, Itaúba) e *Calophyllum brasiliense Cambess* (Clusiaceae, Jacareúba), essas espécies são de características duráveis, mais resistentes aos períodos de águas altas e de boa qualidade.

Todavia, a depender das oscilações do fluxo de energia, especialmente as condições climatológicas, que influenciam na amplitude do nível das águas, a planície fluvial exibe uma nova dinâmica geoecológica que limita as condições socioeconômicas das populações tradicionais da área de estudo, afetando atividades como o turismo e o lazer.

A exemplo da Figuras 25, os ambientes estão sujeitos a pulsos monomodais. Esse aspecto geossistêmico força os proprietários a se deslocarem da planície de inundação para o rio Puraquequara, onde as cotas fluviométricas favorecem as amarrações dos flutuantes. À montante (Figura 25 c), as embarcações são fixas e se matem à margem direita por conta da conexão via terrestre com os moradores da área urbana de Manaus.

Figura 25 – Moradias ribeirinhas na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) e (b) residência flutuantes no período de cheia, ambiente próximo Vila do Puraquequara (baixo curso); (c) casa flutuante no período de seca, próximo ao Porto da Castanheira, margem direita, acesso via estrada do Brasileirinho (médio curso).

As casas flutuantes assumem diferentes funções. Algumas são residências, sendo que os seus habitantes atuam apenas nas atividades de pesca, agricultura de subsistência e no transporte coletivo. Há estruturas reduzidas, porém com assoalhos mais alongados, funcionando como ambiente de lazer e recreação, e integrados por bares restaurantes, o que contribui para o aumento no número de visitantes, turistas, pescadores esportivos e moradores adjacentes. Há ainda as que são utilizadas como marinas, que são locais de cobertura ampliada com rampa de acesso, servindo como estacionamento de embarcações do tipo lanchas, canoas e *Jet Skis* (Figura 26).

Figura 26 – Modelos de casas flutuantes na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara





Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) marina flutuante nas proximidades da Vila do Puraquequara (baixo curso); (b) flutuante do tipo lazer localizado à margem direita, na Comunidade Ipiranga, fase aquática (médio curso); (c) fase terrestre, na Comunidade Ipiranga.

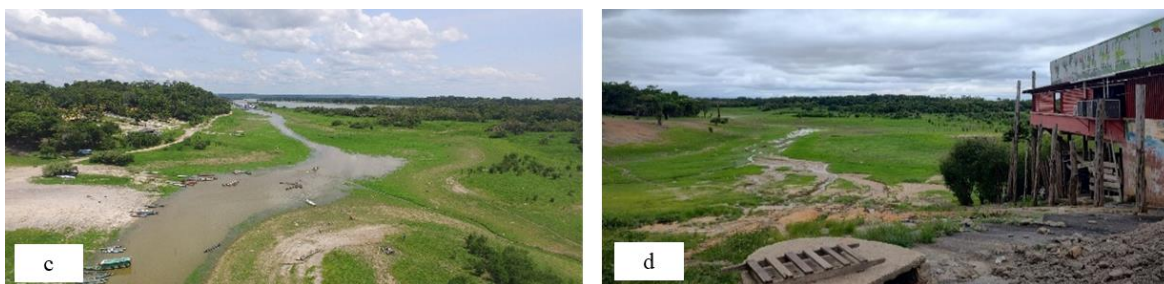
A transporte fluvial é outra forma bastante utilizada na planície fluvial, os portos da Vila do Puraquequara e da Castanheira são entrepostos de entrada e saída mercadorias com destino às comunidades do interior da bacia e do rio Amazonas, bem como às escolas ribeirinhas, flutuantes e ao setor hoteleiro.

Ademais, o modal é frequentemente utilizado nos dias úteis por trabalhadores e estudantes que moram nas comunidades ribeirinhas. Nos fins de semana, a procura por atividades turísticas aumenta consideravelmente, e a necessidade por esse tipo de locomoção torna-se rentável financeiramente para os comunitários.

Entretanto, nos períodos hidrológicos de seca, principalmente na seca extrema, o recuo das águas alterna partes da unidade geológica para fase terrestre. Com isso, a mobilidade de cargas e moradores torna-se mais cara, devido as distâncias que se acentuam e a dificuldade de trafegar entre os bancos arenosos, por conta disso, o transporte, em algumas ocasiões, é realizado por veículos até a margem do rio Puraquequara.

Figura 27 – Dinâmica do transporte fluvial na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara





Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) e (b) cenários de cheia e seca no porto da Vila do Puraquequara; (c) e (d) trajeto bimodal percorrido pelos comunitários durante a seca.

O potencial da ictiofauna constitui a base alimentar das populações tradicionais que habitam as unidades geoecológicas de terraços. A atividade artesanal é praticada pelos comunitários tanto na fase terrestre, quanto na fase aquática, demonstrando a importância do recurso para as famílias ribeirinhas (Figura 28). Os meses mais fartos se estendem de junho a novembro, sendo comum a pesca das espécies de Branquinha, Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*), Matrinxã (*Brycon amzonicus*) e Tucunaré-Açú (*Cichla temensis*). O defeso da piracema contrasta com os regimes hidrológicos da seca e enchente, fazendo com que a busca por proteína animal seja restringida legalmente, contudo, o modelo de vida à base de agricultura de subsistência é limitado aos solos arenosos, dessa forma, o ribeirão costuma pescar fora de época.

A realidade local demonstra que a regressão da mancha de inundação, que atinge seu ápice entre os meses de outubro a novembro, provoca alterações nas funções geoecológicas do sistema, consequentemente na disponibilidade do pescado. A cota fluviométrica, no trecho do Porto da Castanheira, chega atingir menos de 1,30 m em períodos de seca (margem direita), e menos que 0,50 m de coluna de água em épocas de seca extrema (talvegue). Na fase aquática, chega aproximadamente a 6 braçadas na cheia, que equivale a 6 m, segundo os donos de flutuantes no Porto da Castanheira. A migração de cardumes no contexto de seca é prejudicada pela pesca de arrastão, que é realizada na foz do rio Puraquequara, área denominada pelos moradores de “boca” (Figura 28c) e em diversos trechos do canal principal, prejudicando a migração e a reprodução do pescado no período de defeso, e consequentemente no abastecimento alimentar das comunidades, especialmente as mais distantes, como a do Ipiranga e Igarapé da Floresta.

Figura 28 – Pesca na planície fluvial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) e (b) pescadores com embarcações do tipo rabeta à margem direita e médio curso, respectivamente; (c) captura de pescado na foz do Puraquequara, trecho chamado de “boca” pelos pescadores, em referência a entrada de cardumes do rio Amazonas.

O descarte de resíduos sólidos e o lançamento de efluentes residuários e industriais ocorrem em pontos específicos da planície de inundação. A área de mancha urbana do bairro Puraquequara está consolidada à margem do Lago do Puraquequara, onde está concentrada a maior parcela dos domicílios (Figura 29 a). A localidade não dispõe de nenhum tipo de Estação de Tratamento (ETE), tampouco integra o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) coordenado pela Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Município de Manaus (AGEMAN). Em contrapartida, os lançamentos de efluentes domésticos são contínuos nos corpos d'água, sendo mais efetivos após a conexão com o rio Amazonas. Outra forma de poluição explícita que ocorre na fase terrestre é o volume de material descartado, disposto nas áreas mais rebaixadas da paisagem, que se integram às formações herbáceas em diferentes pontos (Figura 29 b).

A carga difusa pode ter influência direta dos moradores, ou descartadas em outros pontos da unidade, de modo consequente, é transportada por geofluxo fluvial ou reverso (Figura 29 c).

Farias (2022), ao analisar a ingestão de partículas de plástico de 20 exemplares das espécies *Semaprochilodus insignis* e *Semaprochilodus taeniurus*, jaraqui de escama grossa e jaraqui de escama fina, respectivamente, próximo à comunidade Igarapé da Floresta (margem direita), confirmou a presença de micropartículas em formato de fibras no trato gastrointestinal de 10 desses peixes, o consumo de tais resíduos acontece de forma indireta pela miscelânea de frações plásticas com os alimentos orgânicos do ecossistema aquático (Boerges *et al.*, 2010; Souza 2022).

À montante, em seções próximas às comunidades Santa Luzia e Valparaíso, as ilhas unitárias, trechos de afloramentos da Formação Alter do Chão e os igapós são parcelas atrativas para as atividades de lazer, as primeiras para os banhistas, e a última direcionada a atividades recreativas, como acampamento. Todavia, a dispersão de poluentes sólidos, como garrafas metálicas e plásticas, sacolas e embalagens, formam o grupo de materiais mais dispersado sobre a estrutura dessa unidade.

A identificação de fogueiras (Figura 29 d) ao longo da margem esquerda, mais precisamente no interior dos igapós, é comum na fase terrestre, pois resíduos pulverulentos da queima da madeira são encontrados no local. Nesse sentido, paisagem é vulnerável a fontes de ignição (Figura 29 e), pois parcelas da planície fluvial agrupam florestas aluviais cobertas por camadas serrapilheiras, tal característica é susceptível ao fogo por ação antrópica e, em condições de seca extrema, como no período de El Niño (Carvalho *et al.*, 2021). Coopera com isso, a ligação via terrestre com o bairro Jorge Teixeira, que possibilita o acesso contínuo dos moradores à faixa central dessa unidade de paisagem.

O setor industrial de maior impacto é representado pelos frigoríficos (Figura 29 f), que são chamados de “matadoro” pelos moradores locais. Dados físico-químicos e biológicos apresentado por Neves (2018); Rubim e Lima (2020) indicaram concentrações anormais de coliformes fecais e nitrogênio nas imediações, tal característica deve estar ligada ao abatimento de animais, ao despejo de efluentes domésticos e ao uso de fertilizante nas proximidades.

Figura 29 – Principais problemas identificado na planície fluvial de igapó da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: organizado pelo autor (2026).

Nota: (a) aglomerados plásticos e metálicos à margem direita durante a seca; (b) fogueira feita durante acampamento de banhista, período de seca; (c) moradias na orla do Lago do Puraquequara, fase aquática (d) depósito de resíduos sólidos na fase terrestre, Lago do Puraquequara; (e) condições geoecológicas do igapó, na fase terrestre; (f) indústria frigorífica à margem de um afluente da margem direita.

Os terraços com floresta ombrófila densa aluvial são compartimentos que recebem, mantém e exportam massa e energia emitidas pelas unidades superiores. As interrelações estruturais e funcionais estão sob maior influência dos geofluxos gravitacionais e fluviais, que imprimiram na paisagem feições peculiares, propícias ao modo de vida das populações tradicionais, adicionalmente, algumas parcelas em estado de conservação são frequentemente utilizadas para turismo ecológico e balneabilidade, outras para exploração de areia.

O conhecimento empírico de pequenos agrupamentos humanos instalados nesse compartimento geoecológico é aporte para desenvolvimento de futuras pesquisas de campo na

área estudo. Produzido por gerações, é herança advinda da convivência com a terra e com as fases aquática e terrestre. Por isso, promoveu o deslocamento da moradia para os terraços mais elevados, evitando contato com as inundações do rio Puraquequara. Chaves *et al.* (2017), retrata que o processo histórico baseado na cultura de povos indígenas propiciou formas peculiares de convívio com a natureza. Dessa forma, a relação paisagem e comunidades desempenha um papel fundamental para o estado geocológico dessas estruturas.

Nessa perspectiva, os usos dos recursos naturais estão compatibilizados com a paisagem nesse seguimento de contato com planície fluvial. O extrativismo de açaí (*Eutepe olacea* Mart.), bacaba (*Oenacarpus bacaba* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) serve para a alimentação das famílias, sendo o excedente vendido na Vila do Puraquequara. Outras espécies são de uso medicinal, como carapanaúba (*Aspidosperma nitidum*), jatobá (*Himenaea courbaril* L.), além das árvores para fabricação de carvão e reforma de habitações (Oliveira *et al.*, 2010). Em relação às atividades agrícolas, o autor destaca o cultivo da mandioca (*Maniot esculenta* Crantz), que é utilizada na produção de farinha. São desenvolvidas agricultura em pequena escala, como a produção de verduras, bem como a criação de pequenos animais para consumo próprio.

Figura 30 – Padrão de moradias em diferentes seções topográficas nas unidades de terraços com floresta densa aluvial na bacia hidrográfica do rio Puraquequara



Fonte: Organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) Comunidade São Francisco do Mainã; (b) Comunidade Santa Luzia; (c) ocupação em zona de recarga do Igarapé do Ipiranga; (d) propriedade em contato geocológico com uma unidade de colina conversa, no ramal do São Francisco, alto curso.

A manutenção do estado geoecológicos das paisagens de terraços vem contribuindo para geração de emprego e renda. No ramo hoteleiro, destaca-se um único hotel selva na bacia. O estado natural da paisagem e isolamento da vida urbana, bem como a arquitetura regional dos chalés, são fatores atrativos de hospedagem para estrangeiros. A comunidade ribeirinha que mais fornece mão de obra ao setor é a comunidade Igarapé da Floresta, que também é espaço de visitação turísticas. Os setores de alimentação, como cafés, bares e restaurantes estão localizados na orla da Vila do Puraquequara, próximos aos flutuantes, a maioria são de propriedades dos próprios moradores.

Outra atividade comum nessas áreas são os estaleiros de construção e reparação de embarcações, eles estão espacializados em terraços próximos a planície fluvial. A localização é atribuída à morfologia da unidade, que tem o perfil topográfico plano e estabelece ligações logísticas com o rio Amazonas. Por ser uma bacia com extensa inundação lateral e com elevada amplitude hidrológica, são construídos modelos de grande porte, como postos flutuantes, balsas petroleiras e de cargas.

Figura 31– Atividades econômicas em unidade geoecológicas de terraços

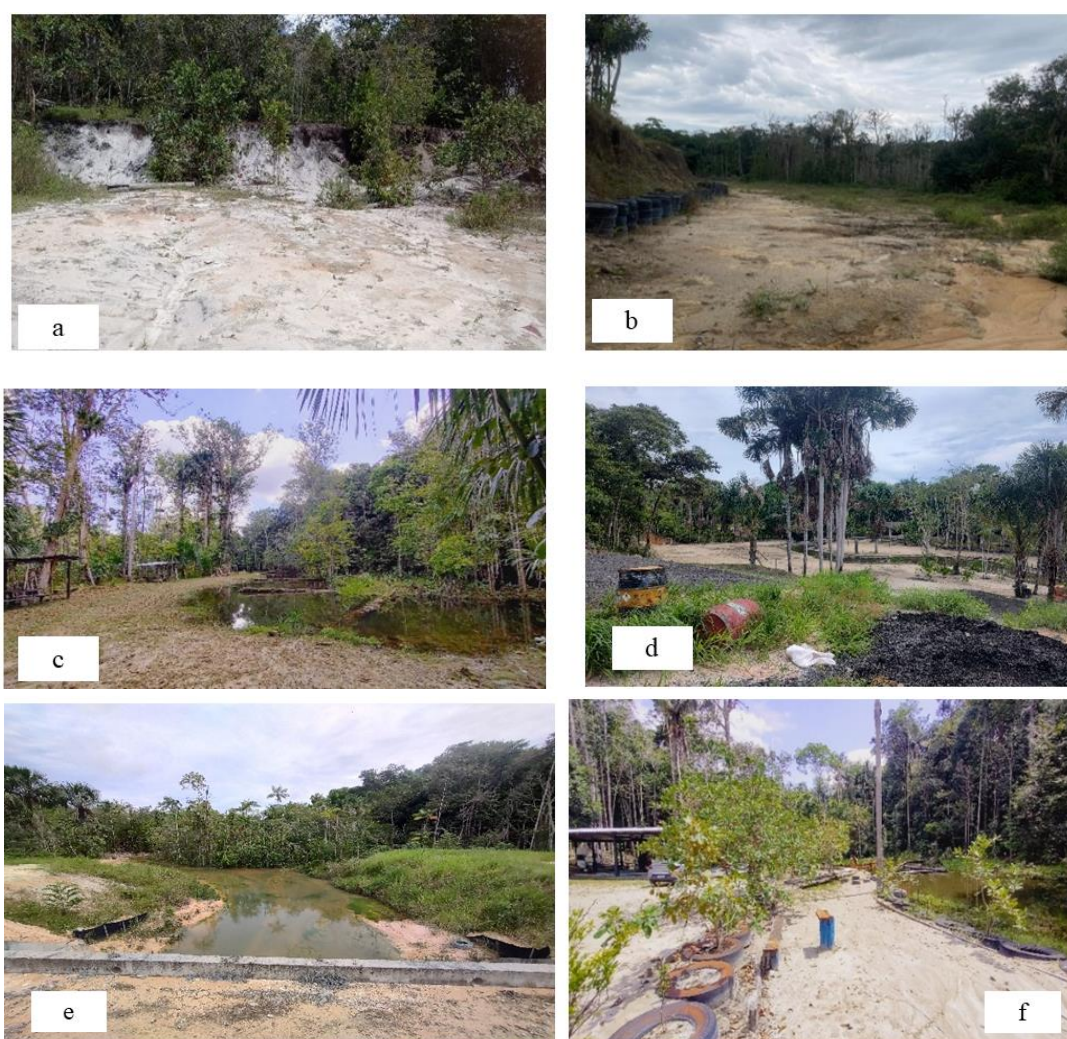


Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a e b) áreas destinadas à indústria naval; (c) restaurantes de comidas regionais; (d) hotel de selva.

Nos ambientes fora da comunicação com planície fluvial, os igarapés percorrem extensos trechos de terra firme margeados por floresta nativa e, na área urbana, por vegetação secundária, sendo monodominante a presença dos buritizais (*Mauritia flexuosa* Mart.) e uma rica fauna de peixes, composta por *Characiformes* (piabas e jejus), *Siluriformes* (bagres e bodos), *Gymnotiformes* (poraquê e sarapós) e *Perciformes* (acarás) (Mendonça *et al.*, 2011), em afluentes preservados. Por abarcar um conjunto de particularidades, as unidades geoecológicas de terraço são exploradas demasiadamente pelo ramo da construção civil e do lazer, conforme é observado na Figura 32.

Figura 32– Mosaico de ambiente em unidades geoecológicas de terraços com floresta ombrófila aluvial



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) afloramento de areal na microbacia do igarapé do Mendu; (b) antiga lavra de extração de areia, na microbacia do Ipiranga; (c) balneário particular, microbacia do Mendu; (d) balneário particular, microbacia do Ipiranga; (e) estado ambiental do igarapé do Ipiranga, após a implantação do Anel Viário Leste; (f) propriedade particular, na Av. Adolpho Ducke.

Na área urbana, as unidades ainda herdam características do geossistema primitivo, a influência antropogênica resultou em novas configurações espaciais. A ocupação de espaços impróprios à habitação urbana consolidou aglomerados subnormais em encostas e sobre as margens do igarapé do Boa Vista, percorrendo uma faixa linear de aproximadamente 5 Km no interior da cidade. Essa expansão descaracterizou a estrutura paisagística, como relevo, vegetação, composição da água e alterou o geofluxo normal, aumentando a vazão do igarapé.

Nos meses de intensidade pluviométrica, a precipitação potencializa movimentos de massa, produz feições erosivas, aumenta a carga de sedimento no leito, gerando inundações temporárias. O contingente populacional nesse trecho atua como elemento produtor de depósitos tecnogênicos e de efluentes domésticos, acarretando mudanças nos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas superficiais, assim como nas relações funcionais da paisagem.

Figura 33 – Seções da paisagem de terraços em área urbana



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) barramento por manilhas de concreto induz a formação de paliteiros no interior da Reserva Ducke; (b) assoreamento do igarapé do Boa Vista, devido às obras do Anel Viário Leste, Distrito Industrial II; (c) avanço da mancha urbana sobre a zona ripária do igarapé do Boa Vista, bairro Jorge Teixeira; (d) supressão da vegetação ripária associada ao barramento por toras de árvores para criação de peixes, no Igarapé do Mendú.

Nas unidades colinas convexas da margem esquerda, a presença do Exército Brasileiro, com bases fixadas à margem da rodovia estadual AM 449, inibe a ocupação humana e, consequentemente, o desmatamento e a exploração dos recursos naturais. Do ponto de vista geocológico, os atributos genéticos-funcionais imprimem feições geoambientais em estado primitivo, com potencialidades ao desenvolvimento de pesquisas científicas no campo das ciências ambientais e do turismo de base comunitária.

Figura 34 – Placa informativa do Exército Brasileiro, proibindo a caça, a pesca e o corte de madeira, margem esquerda da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: autor, 2025.

Na margem direita do alto curso, a introdução de obras de engenharia, como a terraplenagem, favoreceu o nivelamento da paisagem, e a posterior ocupação pelos segmentos da avicultura, agricultura, piscicultura e pecuária, que estão distribuídos em diferentes perfis topográficos da unidade. A cadeia avícola está concentrada às margens da rodovia estadual AM 010 e destinada à produção de ovos para supermercados da cidade de Manaus. As principais agriculturas observadas em campo são de frutas cítricas, laranja e limão. Parcelas também são destinadas à plantação de bananas, mamões, e, sobretudo, a recente expansão da cultura de pitaya.

A atividade pecuarista de maior destaque é a criação de rebanhos de vaca meio-sangue Girolando, que produz leite e derivados, especialmente o queijo. A principal fazenda intercala os pastos com áreas de plantação de capim do tipo BRS Capiacu (*Pennisetum purpureum*), que é uma forrageira que garante a alimentação e proporciona ganho de peso aos animais durante todo ano (Oliveira, 2019).

Os tanques escavados são criadores de alevinos, sobretudo da espécie de tambaqui (*Colossoma macropomun*), ocupam as pequenas porções ovais e retangulares do alto curso do Água Branca e dos afluentes à montante do tributário Matrinxã. Nos acessos por vicinais, as unidades são ocupadas por sítios, chácaras, clubes recreativos, centros de treinamento, estações de painéis solares e sistema de hortas.

Figura 35 – Principais atividades econômicas em unidades de colinas convexas com floresta ombrófila densa



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) granja de postura, rodovia AM 010; (b) tanques escavados sobre topos convexas, rodovia AM 010; (c) produção de pitaya, ramal do Água Branca II, Km 1; (d) produção banana, AM 010; (e) produção de mamão, rodovia AM 010; (f) fazenda particular de produção de leite e queijo.

As colinas da porção sudoeste estão em processo de descaracterização dos componentes pedológico, geomorfológico e de cobertura e uso da terra. A expansão horizontal da cidade nesse setor está consorciada às obras do Anel Viário Leste. As seções contíguas de blocos de

colinas convexas de floresta ombrófila densa se estendem de forma linear em direção ao rio Puraquequara, o acesso é realizado via estrada do Brasileirinho.

As obras ainda estão fixadas no Km 4, mas já acarretaram supressão da vegetação primária e a extração de toneladas de latossolos amarelos para abertura das estradas. Novos arranjos espaciais foram contornados na paisagem, efetivando mudanças graduais na estrutura, e eventualmente nas relações funcionais. Com a obra iniciada em 2019, as especulações imobiliárias atraíram contingentes populacionais para as bordas das vertentes, principalmente no Km 8 e no Km 10, provocando modificações no estado geoecológico, por meio conversão da cobertura vegetal em assentamentos humanos, que, consequentemente, gerou o aumento de forma considerável do descarte clandestino de resíduos sólidos nessas áreas.

A área da Comunidade Indígena Novo Horizonte (CINH) e as invasões no Km 8 e Km10 são reflexos da implantação do sistema viário. A ocupação de morfologias de encostas, na divisa entre os bairros Jorge Teixeira e Distrito Industria II, pela CINH, de acordo com Campos Filho *et al.* (2023), aglutina aproximadamente 800 famílias sobre esse recorte espacial, que, por conseguinte, imprimiu incisões erosivas (ravinas e voçorocas), potencializando os processos de assoreamento em seções do igarapé do Boa Vista.

Figura 36 – Paisagens de colinas convexas com floresta ombrófila densa em área urbana



Fonte: organizado pelo autor, 2026.

Nota: (a) obra de construção de Complexo Viário Anel Leste, Km 4, estrada do Brasileirinho; (b) invasão de terras em área de vertente, no Km 8; (c) Comunidade Novo Horizonte, Av. Flamboyant; (e) descarte clandestino de resíduos sólidos em trecho do Anel Viário Leste, vicinal, próximo ao Km 4, estrada do Brasileirinho.

As unidades geoecológicas de colinas tabulares com floresta ombrófila densa ocupam dois blocos paisagísticos primitivos no interior da bacia: um está estruturado na porção oeste, onde se delimitou a Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), delineada em 1963; o outro se estende pela borda noroeste, o qual permanece sob controle militar desde a década de 60, quando a área foi cedida pelo governo do Amazonas ao Exército Brasileiro.

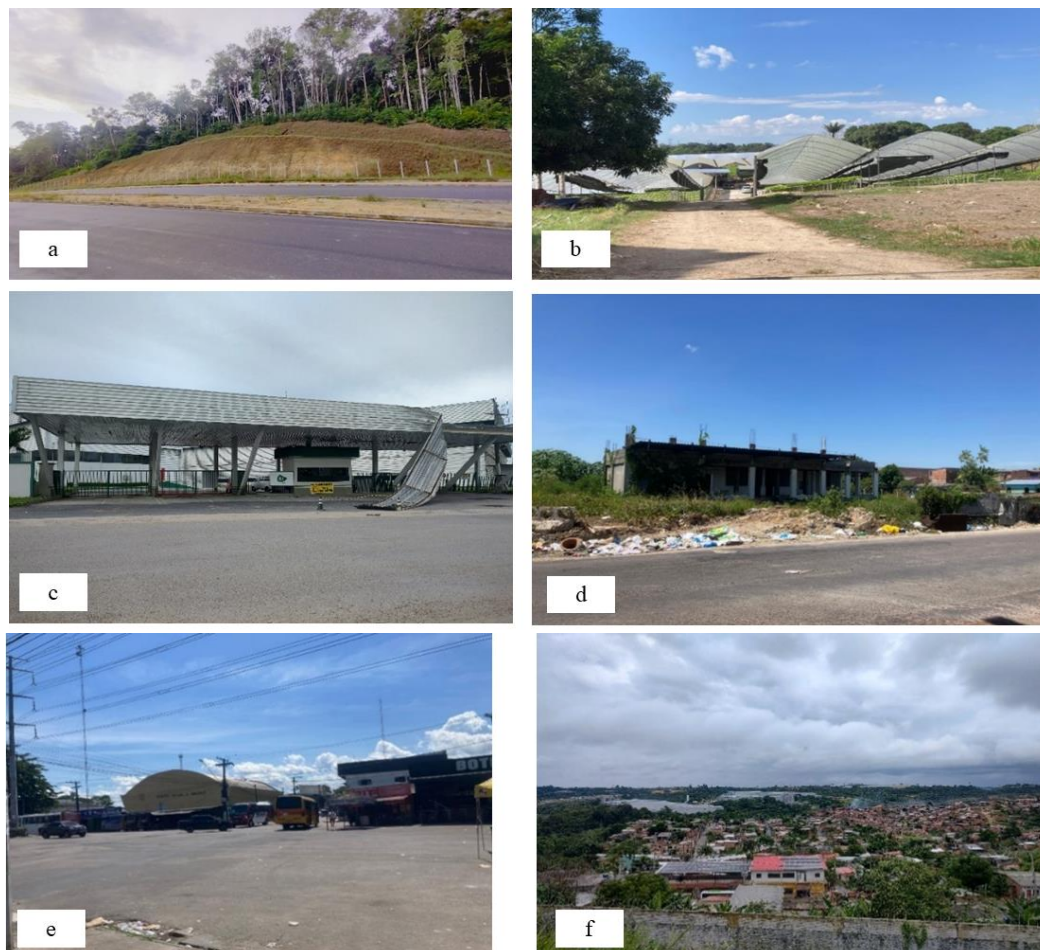
Tais fragmentos conservam suas estruturas originais ou iniciais, o que viabiliza a preservação da fauna, da flora e dos recursos hídricos, fornecendo alimentação aos comunitários. A estabilidade geoecológica, conduzida pelo ingresso de energia solar e umidade, é condição necessária para manter a ordem funcional e estrutural dessas paisagens, entretanto, o controle estatal regula e mantém esses territórios preservados.

Pequenas parcelas da paisagem foram destinadas à fundação do Projeto de Assentamento (PA) Água Branca, instituído pelo INCRA, em 1992. Localizado na interface da borda leste da RFAD com rio Puraquequara, a agricultura familiar é realizada em pequenos lotes por meio de Sistemas Agroflorestais (SAFS). O modelo de produção cultiva espécies associadas de frutíferas, entre elas açaí, andiroba, biribá, apurui, cupuaçu, fruta-pão e pupunha com as culturas agrícolas, como abóbora, feijão, jerimum, mandioca, macaxeira, milho e maxixe (Kato *et al.* 2015; Rocha, 2019).

Na área urbana, a unidade sofreu mudanças mais expressivas, acompanhadas de modificações de suas partes estruturais. O modelado em forma de platô é o divisor topográfico entre as bacias do Mindu e do Puraquequara, geograficamente, abrange terras na porção noroeste e centro-sul do Distrito Industrial 2 (DI 2) e parcelas a nordeste e a sudeste do Jorge Teixeira (JT).

Por estarem sob dominialidade da Suframa e do município, respectivamente, as frações de terra do DI 2 são de baixa ocupação e estão vocacionadas ao setor Agroindustrial. Em razão disso, diversos lotes são dedicados a olericultura, em especial, aos cultivos de alface, tomate, couve, cheiro-verde, cebolinha, chicória e legumes. Em contrapartida, as colinas tabulares que formaram o sítio urbano bairro JT concentram uma considerável infraestrutura urbana associada à elevada densidade populacional. O descarte de resíduos sólidos em vias públicas e a permanência de moradias sobre as bordas do platô são problemas de décadas que atuam nessa área, resultando em movimentos de massa e no assoreamento de nascentes do igarapé do Boa Vista.

Figura 37 – Paisagens de colinas tabulares com floresta ombrófila densa em área urbana



Fonte: organizado pelo autor, 2025.

Nota: (a) zona de baixa ocupação, à margem da Av. Margarita; (b) sistema de horta suspensa, cultivo de alface hidropônico; (c) indústria plástica, à margem da Av. Flamboyant, no bairro Distrito Industrial II; (d), área de risco com função de lixeira viciada na borda do platô, Jorge Teixeira (e) trecho da Av. Mirra com edificações urbanas; (f) ocupação consolidada Coliseu III, no Jorge Teixeira

A seguir, será apresentado um quadro síntese referente aos principais problemas, limitações e potencialidades inerentes as unidades geoecológicas espacializadas no interior da bacia hidrográfica do rio Puraquequara (Quadro 9).

Quadro 9 - Problemas, limitações e potencialidades inerentes as unidades geológicas espacializadas na bacia hidrográfica do rio Puraquequara

Unidade Geológica	Problemas	Limitações	Potencialidades
Planície fluvial de igapó	- Dispersão de efluentes domésticos oriundos da feira, cafês, bares, restaurantes e de moradias, principalmente aquelas concentradas na orla do Lago do Puraquequara. - Dispersão efluentes das casas flutuantes no Lago do Puraquequara na fase aquática e no canal principal, no período de seca extrema. - Dispersão acentuada de resíduos plásticos e metálicos nas margens, ilhas, igapós e afloramentos da Formação Alter do Chão. - Alteração nos parâmetros físico-químicos e biológico do afluente próximo aos matadouros. - Sistema rústico de tratamento de resíduos sólidos e efluentes nas comunidades ribeirinhas. - Difusão de artefatos explosivos em cardumes, período de águas baixas. - Pesca de arrastão na foz do Puraquequara. - Ingestão de microplásticos por espécies de peixes. - Uso de fogueiras no interior das áreas de igapó no período de fase terrestre.	- Pulso monomodal de inundação que estabelece uma fase terrestre e outra aquática. - Solo de granulometria com aproximadamente 80% de material arenoso ao longo do gradiente de inundação. - Fornecimento de água com potencial concentração de sólidos suspenso (fase terrestre) às comunidades, principalmente para os alocados na margem direita. - Desconexão com rio Amazonas no período seco e extremante seco. - Atenuação na renda de comunitários que executam transporte de banhistas ao longo da planície fluvial, na época de seca e seca extrema. - Isolamento das comunidades distantes dos pontos de abastecimento alimentício no período de seca extrema.	- Planície fluvial de água preta; - Ampliação da massa líquida por aproximadamente 7 km a montante conectando os lagos do Lago do Puraquequara e do Padre. - Floresta ombrófila Aluvial contínua à margem esquerda. - Conexão via fluvial e terrestre com rio Amazonas. - Fornecimento de diversas espécies de pescado aos ribeirinhos, sobretudo os mais isolados. - Margens arenosas e afloramentos da Formação Alter do Chão na fase terrestre como espaços de lazer e recreação; - Fornecimento de água bruta com baixa carga de sólidos em suspensão (fase aquática) as atividades domésticas . - Beleza cênica natural com grande potencial de visitação de turistas estrangeiros, principalmente nas seções à montante. - Área estratégica de escoamento da indústria naval e de mercadorias para municípios adjacentes, como Careiro da Várzea, comunidade Jatuarã.
	- Ausência de estrutura de saneamento básico, sobretudo nos domicílios próximos orla da Vila do Puraquequara, nas áreas urbanas do Jorge Teixeira e Distrito Industrial e nos balneários em trechos de afluentes da margem direita.	- Estrutura vertical com poucos centímetros do lençol freático em ambientes de campinarana. - Solos com granulometria arenosa e grânulos acima de 50% na maior parte da	- Tem maior fragmento de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em estado primitivo na margem esquerda, servindo proteção ripária aos igarapés. - Equilíbrio ecológico das microbacias.

Terraços fluviais com Floresta Ombrófila Densa Aluvial	- Topos com solo exposto e elevadas cargas de resíduos sólidos, principalmente em áreas urbanas. - Exploração demasiada por balneários ao longo dos igarapés do Ipiranga e Mendú. - Ajuste artificial do canal para ampliação de margem e barramento no leito, causando a mortandade de espécies intolerantes ao período longo de inundação. - Exploração de areia em leitos de igarapé e no entorno da planície de inundação; - Abandono de lavras de areias após a exploração total do recurso mineral. - Lançamento de efluentes domésticos oriundos aglomerados urbanos consolidados e em fase de consolidação em trechos do igarapé do Boa Vista e Ipiranga. - Áreas com solo exposto causando assoreamento no leito do Igarapé do Boa Vista no bairro Distrito Industrial II devido a obra viária.	paisagem, aptidão média a baixa à urbanização, sendo suscetível a erosão e contaminação ambiental - Porções do terreno com solos acima 95% de material granular, baixa aptidão à urbanização, muito suscetível à erosão e a contaminação do aquífero Alter do Chão.	- Concentra elevado número espécies da ictiofauna, sobretudo em áreas primitivas. - Morada das comunidades tradicionais, espaço de conhecimento empírico a partir da percepção da natureza. - Turismo comunitário - Extrativismo vegetal de espécies palmeiras, entre elas, buritizais, patauás, açaí e tucumã. - Agrupa formações vegetais sobre solos arenosos: campinaranas. - Produção de farinha a partir da agricultura de mandioca em pequenos lotes. - Espécies de uso medicinal: Carapanaúba e Jatobá - Topografias planas suaves em trechos conectados a planície fluvial. - Espaço de lazer, vias de conexão com planície de inundação. - Equilíbrio ecológico das microbacias.
Colinas convexas com Floresta Ombrófila Densa	- Tanques escavados no topo com vertentes com perfis ondulados. - Descaracterização dos componentes florestal e pedológico no Km 4, próxima a estrada do brasileirinho. - Processos erosivos lineares (sucos e ravinas) com deslocamento de material sedimentar para as unidades de terraços. - Descarte clandestino de resíduos urbanos, construção civil e industrial. - Especulação imobiliária ao longo da estrada do brasileirinho e Av. Adolpho Ducke.	- Paisagens com perfis morfológicos estreitos e topos arredondados. - Vertentes declivosas conectadas as unidades de terraços dissecados por rede de drenagem. - Áreas acidentadas propícias aos movimentos de massa. - Colinas com faixas altimétricas entre 60 e 80 m, apresentam solos friáveis com granulometria de areia e	- Maior área contínua de floresta primária da margem esquerda. - Aloja a maior biodiversidade da bacia hidrográfica do rio Puraquequara. - Paisagem com grande potencial de pesquisas, como o monitoramento das mudanças climáticas e sua influência na ecologia das espécies, principalmente em períodos de El nino. - Pequenas parcelas da paisagem na área urbana na faixa altimétrica entre 60 e 110 m apresentam solos resistentes a erosão e

	- Adensamento populacional em terrenos inclinados no Km 8 e 10 da estrada do brasileiro. - Dispersão por tubos PVCs de efluentes domésticos em áreas para unidades de terraços na área urbana e rural. - Predominância de cobertura vegetal secundária e mancha urbana nas unidades da porção sudoeste da bacia.	grânulo acima de 50%, sendo mais suscetível a erosão.	aptos a urbanização, mas sob o devido planejamento.
Colinas tabulares com Floresta Ombrófila Densa	- Supressão pontual nas bordas leste e oeste da Reserva Adolpho Ducke. - Predominância da mancha urbana na borda do platô da Av. Mirra com conexão a estrada do Brasileiro. - Residências assentadas na borda do platô, classificadas como Área de Risco. - Efluentes direcionados para unidades de terraços. - Lixeiras viciadas em pontos da Av. Mirra, bairro Jorge Teixeira. - Aplicação de fertilizantes do tipo NPK nas hortas em sistema de leiras.	- Solo com baixa carga de nutrientes, mas com baixo potencial de lixiviação. - Unidade com expressão areal de 73,26 Km² em ambiente de terra firme. - Na área urbana, as morfologias são integradas por vertentes escarpadas, com cotas acima de 100 m.	- Áreas planas com aptidão à agricultura familiar, com grande potencial as culturas de hortifruticulturas, em especial a produção de alface. - Sistema Agroflorestal em Projetos de Assentamento, com possibilidade de produção de açaí, andiroba, cupuaçu, pupunha e outras culturas. - Terrenos propícios ao manuseio de maquinários e de escoamento da produção. - Terrenos com granulometria acima de 53% de silte e argila, consequentemente resistente a erosão, porém com necessidade de estudos mais aprofundados área. - Parcelas em estado natural com possibilidades de estudos comparativos com as colinas tabulares urbanizadas da margem direita; - Parcelas no interior da Reserva Ducke destinado a pesquisa e visitação, para estudantes e turistas.

PARTE

7

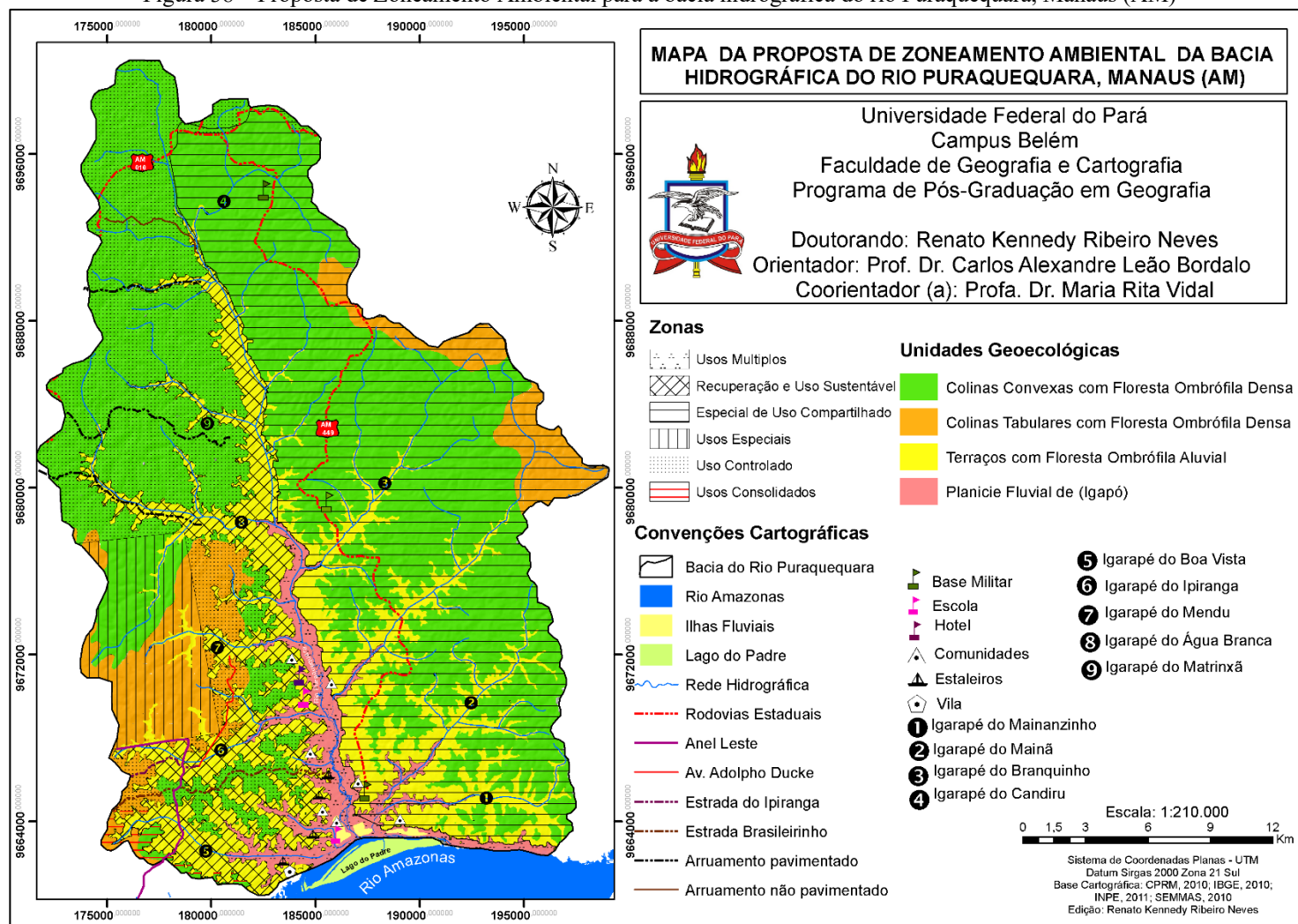
7 PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA AS UNIDADES GEOECOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA

A divisão territorial para a área de estudo está balizada nos fundamentos legais, em especial, na Lei Estadual nº 3 417/2009, que instituiu o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Amazonas. O instrumento regula a compartimentação do território em Categorias de Uso e Ocupação do Solo, subdivididas em Zonas Ecológicas-Econômicas (ZEE), garantido a exploração racional dos recursos naturais, o desenvolvimento socioeconômico sustentável e o bem-estar da população amazonense.

Nesse caminho, o enfoque geoecológico permitiu interpretar a paisagem como uma conexão harmônica de componentes e processos intrinsecamente integrados, que formam uma unidade natural (Silva e Rodriguez, 2011). Contudo, o estado estrutural e o funcional estão predispostos a processos contínuos, de curto, médio e longo tempo, que são condicionados por eventos naturais, em particular as flutuações hidrológicas, ou potencializados por grupos humanos, principalmente os de interesse científico, econômico, habitacional e militar.

A proposta sugestiva de Zoneamento Ambiental para a bacia hidrográfica do rio Puraquequara (Figura 38) foi delineada tendo como base a estrutura-funcional das unidades geoecológicas, observando os elementos espaciais que foram agregados à estrutura horizontal, em especial, o modelo de uso e ocupação das paisagens e a tutela da terra. Assim, foram propostas as seguintes zonas: usos múltiplos; recuperação e uso sustentável; especial de uso compartilhado; usos especiais; uso controlado; e usos consolidados.

Figura 38 – Proposta de Zoneamento Ambiental para a bacia hidrográfica do rio Puraquequara, Manaus (AM)



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

7.1 ZONA DE USO MÚLTIPLO (ZUM)

A Zona de Uso Múltiplo (ZUM) abarca a unidade geoecológica de Planície Fluvial de Igarapé, é um bem natural destinado ao uso comum. Ela detém funções importantes na bacia, como server material em solução e suspensão, produzir e reciclar material orgânico, servir de habitat para diversas espécies de árvores, herbáceas aquáticas, lianas, peixes e aves (Piedade *et al.*, 2015), além de interagir com a atmosfera por meio dos ciclos da água e nitrogênio (Junk, *et al.*, 2020), assim como de metano e dióxido de carbono (Artaxo *et al.*, 2005).

No aspecto socioeconômico, a ZUM agrupa atores com diferentes interesses correlacionados ao nível flutuante das águas, bem como ao seu estado de qualidade e quantidade, principalmente pescadores, canoeiros, feirantes, flutuantes, comunitários, transportadores de carga, empresários, serviços alimentícios, sistema educacional, turistas, visitantes, entre outros. Com base nas potencialidades, limitações e problemas descritos anteriormente, ficam as seguintes recomendações para subsidiar o planejamento ambiental e dar sustentabilidade ao território fluvial:

- Definir a Área de Preservação Permanente (APP), desconsiderando a calha do leito regular que é imposta no Código Florestal Brasileiro (CFB), em seu Artigo 4º, inciso I. Nesse caso, delinear a APP considerando a influência do pulso de inundação na planície fluvial do Puraquequara, especialmente nos períodos de cheias severas.

- Instalar Estações de Tratamento de Efluentes Fluvial (ETEF) em casa flutuantes e nos pontões de abastecimento de combustíveis, uma vez que não foram observadas durante as expedições de campo placas informativas ou equipamentos utilizados nos processos de despoluição das águas residuais produzidas nas embarcações.

- Promover a manutenção ou realizar a instalação de Estações Fluviométricas Convencional (linimétrica). Consulta pública aos dados da Rede Hidrometeorológica capitaneada pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) apontam cinco estações desse modelo na calha do rio Puraquequara, entretanto, não foram visualizadas estruturas físicas e nem encontrados dados tabulados no sistema *Hidroweb*. O modelo é aplicável às características morfológicas que variam de plano a suave ondulado entre unidades geoecológicas de contato fluvial. Podem ser pontos de fixação das réguas, as seguintes seções: Comunidade igarapé da Floresta; Comunidade Ipiranga (flutuante Raio de Sol); estaleiro DMN; Comunidade São Francisco do Mainã, à frente do Porto da Castanheira; e Comunidade Santa Luzia (jusante). As localizações abrigam comunitários e a iniciativa privada alocada cotidianamente à margem direita.

- Criar uma Unidade de Planejamento Hídrico do Baixo Puraquequara (UPH-BP). O segmento é caracterizado pela homogeneidade de fatores geomorfológicos, hidrográficos e hidrológicos (ANA, 2017), mas com necessidade de considerar o critério sociocultural dos moradores. É uma alternativa inicial de organização, planejamento e aproveitamento sustentável dos recursos hídricos a nível local. A medida visa atender as demandas comuns entre as comunidades, o uso racional da pesca, sobretudo no defeso; acesso à água potável durante os ciclos de secas severas, monitoramento da qualidade das águas superficiais, principalmente em pontos à jusante do matadouro, foz dos igarapés Boa Vista, Ipiranga, Mendu e Água Branca. O modelo de gestão é uma possibilidade de destravamento da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no Estado do Amazonas, uma vez que as distâncias entre os atores integrantes da bacia e suas percepções de paisagem se distinguem espacialmente. Fortalecem a subdivisão em UPH, com especificidade o Baixo Puraquequara, a relação afetiva dos indivíduos que têm o rio como sua principal fonte de renda e subsistência, tendo suas vidas conectadas com os movimentos das águas (Gregório, 2019). A sensação de pertencimento possibilitou assertivas adequadas às mudanças e incertezas oferecidas pelo espaço (Del Rio e De Oliveira, 1999), o que promoveu o engajamento ambiental, principalmente por motivos como a qualidade de água durante as secas severas, uso de artefatos explosivos para captação de pescado, despejo de resíduos urbano e falta de peixe, que já são pautas discutidas em reuniões pelas comunidades.

- Instituir um programa de educação ambiental junto às escolas e aos setores empresariais adjacentes à planície fluvial. Entre elas, Escola Municipal Santa Luzia (jusante) Escola Municipal São Luiz de Gonzaga (montante), estaleiros e frigoríficos, com intuito de disseminar as potencialidades, limitações e os principais problemas diagnosticados para esse trecho. Os temas devem ser trabalhados de forma transversal nos espaços educacionais e em formato de Diálogo Diário Semanal (DDS) no recinto da empresa, sob apoio de material cartográfico da área, sem desconsiderar a percepção geográfica dos discentes e dos colaboradores.

- Intensificar a fiscalização na época de reprodução dos peixes nativos, que se estende de novembro a março (piracema), conforme as orientações do órgão fiscalizador, nesse caso, o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM). São recomendadas fiscalizações durante o defeso nos seguintes trechos: do furo do padre até a confluência com o rio Amazonas; do porto da castanheira até a comunidade Ipiranga (montante). A ação visa a manutenção dos estoques de pescado, a preservação das espécies, e, sobretudo, a garantia da alimentação das comunidades que estão à montante, Ipiranga e Igarapé da Floresta.

7.2 ZONA DE RECUPERAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL (ZRUS)

A Zona de Recuperação e Uso Sustentável (ZRUS) abarca a estrutura geoecológica de Terraços com Florestas Ombrófila Aluvial da margem direita. A delimitação é composta por matas ciliares associadas a tributários inseridos em ambientes rurais e urbanos, tais características sofrem influências de obras viárias, como pavimentação, asfaltamento, inserção de tubos na rede de drenagem. No viés ambiental, os afluentes são barrados para criação de peixes, assim como para extração de areia dos leitos, e em área de lavra. No sítio urbano, a ocupação marginal desconfigurou partes primitivas da unidade, causando o aumento do geofluxo gravitacional, e consequentemente a movimentação de depósitos coluviais direcionados à calha principal. O grau de perturbação modificou variáveis físico-químicas e biológicas da água por contaminação antrópica, reduzindo o teor de oxigênio dissolvido, aumentando as concentrações de metais pesados em combinação com a presença de coliformes fecais e totais (Melo; Silva e Miranda, 2005). Apesar disso, muitos igarapés ainda conservam seus atributos naturais, sobretudo pequenos tributários de primeira ordem que servem à população por meio de balneários com práticas recreativas, de lazer e atividades culturais, além de viveiros de subsistência, irrigação e dessedentação humana e animal. A ZRUS é uma alternativa para esse grupo de paisagens, uma vez que essas morfologias são superfícies com vocações e problemas distintos que podem evoluir para uma Zona de Uso Sustentável (ZUS), caso as legislações em consonância com as pesquisas científicas sejam consideradas. Por essa razão, seguem ações necessárias à manutenção e conservação dessa parcela territorial:

- Redefinir as Áreas de Proteção Permanente (APPs) dos igarapés do Boa Vista, Ipiranga, Mendu e o que desagua na frente da ilha da comunidade Santa Luzia, pois são corpos hídricos próximos da foz com o rio Amazonas, por conta disso, as margens são ampliadas em função do barramento hidráulico.

- Mapear e cartografar os empreendimentos vocacionados à exploração recreativa, aquicultura e irrigação em seções de igarapés, bem como averiguar se tais estão outorgados e cumprem as restrições e condições impostas pela Portaria Normativa/SEMA/IPAAM nº012/2017.

- Realizar o levantamento das Licenças de Operação (LO) de extração mineral, junto ao banco de dados do IPAAM, das microbacias Ipiranga, Água Branca e Mendu, para averiguar se os limites da área licenciada contido nos autos foram respeitados pelo interessado, bem como a aplicação do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD).

- Priorizar a implantação da rede de saneamento básico ou realocar moradores de áreas recém ocupadas, sobretudo os que ocupam interflúvios e trechos urbanos do Igarapé do Boa Vista e do Ipiranga.

7.3 ZONA ESPECIAL DE USO COMPARTILHADO (ZEUC)

Essa área corresponde às terras que estão sob jurisdição do Comando Militar da Amazônia (CMA), que abriga, na margem esquerda, três bases do Campo de Instrução de Guerra na Selva (CIGS), localizadas no interior da floresta, especificamente à margem da rodovia estadual AM 449. O imóvel foi doado pelo governo do Estado do Amazonas ao Exército Brasileiro (EB) por meio do Decreto nº63556, de 06 de novembro de 1968. A gleba é usada para treinamentos militares e capacitação da tropa, destinada especialmente à formação de combatentes de guerra na selva, sendo a principal atividade desenvolvida na área (Pereira, 2016). Convivem com a força terrestre as comunidades São Francisco do Mainã e Igarapé da Floresta (margem esquerda), que usufruem dos recursos naturais em prol de sua subsistência. A ZEUC compõe praticamente metade do objeto de estudo, agrupa porções geoecológicas de colinas convexas, tabulares, terraços e de planície fluvial, que estão em estado primitivo, com a reduzida interferência humana, limitada devido ao controle fluvial, aéreo e terrestre dos castrenses, bem como à aplicação do instrumento jurídico de Concessão de Direito Real de Uso Resolúvel (CDRUR) aos comunitários. A ZEUC é uma proposta de zoneamento que surge para integrar militares e ribeirinhos que compartilham o mesmo complexo de paisagens, promovendo o uso sustentável a favor das pessoas e da soberania nacional. Levando em consideração os dados compilados em gabinete e nas incursões de campo, ficam algumas sugestões necessárias à manutenção dos povos da floresta e ao enriquecimento do conhecimento científico, a saber:

- Permitir a pesca de subsistência para as comunidades Santa Luzia, Ipiranga e Igarapé da Floresta, pois, de acordo com CDRUR, somente os comunitários cadastrados possuem a autorização para a atividade.

- Facilitar a pesquisa, de modo que sejam permitidas as observações quantitativas de monitoramento das vazões do rio Puraquequara e volume de chuvas na bacia, assim como o acesso de instituições de ensino e pesquisa interessadas em observações científicas desse fragmento da Amazônia Central. Tais ações cooperam com as diretrizes voltadas ao meio ambiente no âmbito do EB, que estão previstas na Portaria nº737, de 28 de julho de 2020.

- Tornar públicos a base cartográfica, o Plano de Gestão Ambiental (PGA) e os dados relativos às comunidades da margem esquerda da bacia, pois o acesso é limitado ou está indisponível ao público.

7.4 ZONA DE USO ESPECIAL (ZUE)

A Zona de Uso Especial (ZUE) corresponde à parcela leste da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), que integra Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke (APA-AD) tutelada pelo município, funcionando como divisor topográfico entre as bacias do Tarumã-Açú, sentido oeste, e do Puraquequara, porção leste.

Ela agrupa uma extensão expressiva, no sentido Sul-Norte, de unidades geoecológica de Colinas Tabulares, sendo conjugadas por fragmentos contínuos de Colinas Convexas conectadas com Terraços com Floresta Ombrófila Aluvial, estes alocam as nascentes dos igarapés do Água Branca, Mendu e Ipiranga.

A ZUE é uma parcela de um total de 100 Km² da RDAD, que está sob administração do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Por essa razão, as paisagens estão vocacionadas ao levantamento de dados abióticos, como características pedológicas, topográficas, hídricas e dados de biodiversidade, como levantamento florístico, espécies de fungos, ecologia das populações de primatas, mamíferos, peixes, aves, répteis, invertebrados de solo, insetos aquáticos e gafanhotos. Com base nas observações de campo e geoecológicas, sugere-se algumas medidas, entre elas:

- Monitorar os trechos do igarapé do Ipiranga que conectam a RFAD com área urbana, localizados na borda Sul da reserva. As obras viárias de abertura e ampliação da Av. Margarida comprometeram a dinâmica geoecológica, acelerando a morte de indivíduos arbóreos em paisagens de terraços e comprometendo as condições naturais da água, implicando na formação de paliteiros ciliares, provocando o aumento da turbidez e o acúmulo de lodo em seu leito, condicionados pelo barramento do geofluxo fluvial em função do uso de manilhas na seção observada.

- Intensificar a fiscalização nas bordas Sul e Leste, pois são áreas que apresentaram pequenas manchas de desmatamento, indicando a extração ilegal de indivíduos arbóreos com perspectiva de produzir madeiras.

7.5 ZONA DE USO CONTROLADO (ZUC)

A Zona de Uso Controlado corresponde às áreas produtivas e de ocupação antrópica rural, onde são necessárias medidas que regulem o uso da terra de acordo com a vocação da paisagem, sendo primordial o desenvolvimento de estudos técnicos que viabilizem a identificação de aptidões e potencialidades naturais para implantação de atividades produtivas (SDS, 2008).

A ZUC abarca atividades agrícolas e urbanas de baixo impacto, está integrada ao conjunto de paisagens com predominâncias de Colinas Convexas com Floresta Ombrófila Densa que ocupam a extremidade norte e nordeste da bacia e estão paralelas a pequenos blocos de Colinas Tabulares com Floresta Ombrófila Densa nas bordas leste e sul da APA-DUCKE na porção norte do bairro Jorge Teixeira e no interflúvio entre as microbacias do Ipiranga e Boa Vista. As paisagens apresentam um modelo espacial fragmentado em pequenos lotes de agricultura de subsistência e comercial de fruticultura, algumas associadas à criação de peixes em tanque escavados. Entretanto, há parcelas destinadas aos Projetos de Assentamentos (PA) consolidados, que ocupam as maiores extensões da bacia, como o Água Branca (1.364 ha), Puraquequara (1.300 ha) e Santo Antônio (792 ha). Na porção sudoeste, a produção está concentrada ao norte do bairro Jorge Teixeira, onde está o cinturão de hortaliças que abastecem os comércios locais. Com base no que foi exposto e observado durante as visitas técnicas, a compatibilidade de atividades produtivas está condicionada à capacidade geoecológica das unidades, por essa razão são medidas importantes:

- Fiscalizar as estruturas de tanques escavados, sobretudo os que estão assentados em topo de colinas convexas, bem como as nascentes e a qualidade da água dos igarapés que estão a limítrofe da atividade.

- Observar por Sensoriamento Remoto o cumprimento das Licenças de Operação (LO), com objetivo validar os limites poligonais prescritos na LO com a realidade praticada pelo interessado.

- Remanejar a população e reflorestar as áreas de vertentes localizadas na estrada do Brasileirinho, especificamente nos quilômetros 8 e 10, por se tratar de paisagens propícias a fluxos gravitacionais, bem como ao assoreamento de canais e à poluição por esgoto residual.

- Incentivar a implantação de Sistema Agroflorestais (SAFs) com intuito de diversificar a produção do pequeno agricultor e fortalecer a agricultura familiar.

7.6 ZONA DE USO DISCIPLINADO (ZUD)

A Zona de Uso Disciplinado é uma categoria de ocupação antrópica consolidada e com prospecção de áreas a consolidar. Apresenta um elevado contingente populacional, dotada de equipamentos e uma infraestrutura urbana polarizada por segmentos do comércio, indústria e serviços. Esses elementos recobrem estruturas horizontais de Colinas Tabulares e Convexas, respectivamente nos limites dos bairros Jorge Teixeira (JT) e Distrito Industrial II, que se expandiram em superfícies de unidades de Terraços, formando a Vila do Puraquequara.

No JT, a paisagem de morfologia tabular é densamente ocupada por lojas varejistas e residências, algumas destas fixadas na borda do platô, o que configurou a formação de Áreas de Riscos Geológicos de grau alto a muito alto (CPRM, 2012). No DI -II, estão localizadas as fábricas especializadas na produção de motocicletas, componentes mecânicos, peças e acessórios de filtragem automotiva e bicicletas, além de empresas de coleta e destinação de resíduos, bem como aglomerados irregulares. No bairro do Puraquequara, a área ocupada pela população apresenta características urbanas, rurais e ribeirinhas, que se intercalam com pequenos comércios, como tabernas, mercadinhos, feiras, restaurantes, bares e balneários, a ampliação do aglomerado foi potencializada com o advento da Zona Franca e a abertura da Av. do Puraquequara, em 1997 (Coelho, 2006).

A ZUD integra as unidades geocológica com partes mais modificadas da bacia, o crescimento demográfico sobre ambientes impróprios e a expansão industrial em cabeceiras de igarapé vem culminado em mudanças significativa na morfologia e fisiologia das paisagens, cabendo a aplicação das seguintes medidas:

- Realocar a população residente em Área de Risco Geológico, especialmente alocadas nas ruas Av. Mirra, Jucá, Gergelim, A e B, respectivamente localizadas nas comunidades João Paulo e Santa Inês, no bairro Jorge Teixeira.

- Recompôr a mata ciliar das cabeceiras do igarapé do Boa Vista, sobretudo na área dos bairros JT e DI-II, pois esses ambientes estão em área urbana com perspectiva de aumento do geofluxo gravitacional, resultando em movimentos de massa e assoreamento do canal. Tal situação amplia o volume de matéria na calha do igarapé e altera o geofluxo fluvial da paisagem.

- Ampliar a rede de saneamento básico, em especial, os serviços de tratamento de esgoto e a melhoria do sistema de drenagem de águas pluviais dos bairros JT e Puraquequara, as localidades concentram aglomerações urbanas que dispensam para as unidades de Terraços com Floresta Ombrófila Densa e de Planície Fluvial águas residuárias sem o devido tratamento.

- Fiscalizar o despejo clandestino de resíduos domiciliares, comerciais, industriais e da construção civil que formam lixeiras viciadas em trechos das avenidas Mirra, Flamboyant e Puraquequara, pois o acúmulo de tais materiais em topos de platô potencializa o geofluxo gravitacional de resíduos sólidos para as unidades geoecológicas de armazenamento.

PARTE

8

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A percepção do amazônida, sobretudo aqueles que habitaram ambientes de várzeas e de igapós da Amazônia Central e os que ainda permanecem e mantêm relações afetivas e de subsistência com os beiradões de grandes rios e seus afluentes, é de que as paisagens são acompanhadas do “vai e vem” das águas ou “quando ela desce e quando ela sobe”, “tá vazando”, “tá na séca”, “tá enchendo ou tá cheio”, são dizeres hereditários, que foram dialogados por gerações e que acompanham o cotidiano de ribeirinhos e daqueles que o ofício depende dos ciclos das águas.

São também percebidas por eles grandes unidades de terras-firmes, aquelas que “não alaga”, “não enche”, “é terra alta”, é morada, é paisagem do açaí, do tucumã, da mandioca, da seringa, é matéria-prima de criação de canoas, barcos, casas, marombas, remos, trapiches, é fonte medicinal vinda da carapanaúba, andiroba, copaíba, castanheira, são essas condições que ainda conservam os complexos paisagísticos primitivos do município de Manaus.

Entretanto, o crescimento demográfico arrefecido pela oferta de emprego no Polo Industrial de Manaus, e conseqüentemente a ampliação do comércio, culminou na formação de núcleos urbanos ao redor dos bairros Distrito Industrial I e II, tendo como resultado a deformação de morfologias colinosas, tabulares e encharcadas. As superfícies foram densamente ocupadas, resultando na intrusão de fixos e fluxos que reconfiguraram a estrutura e funcionalidade da paisagem, mas, para alguns, acendeu a esperança de vivenciar a dinâmica da terra-firme a partir do atual ciclo econômico.

Os aspectos relatados até aqui são condizentes com os caminhos percorridos, ora em pesquisas de gabinete, ora sobre as águas pretas da cheia ou lodosa da seca, que se conectam, por vezes, com as rodovias, ruas e ramais formando a geometria do uso da terra na bacia do Puraquequara.

Analisar o objeto de estudo alicerçado pela Geoecologia da Paisagem foi um tanto desafiador, sobretudo numa dimensão territorial de aproximadamente 693,94 Km², onde a percepção do observador dependia dos caminhos naturais e artificiais, que nem sempre eram acessíveis ao pesquisador. Contudo, a aplicação teórica e metodológica resultou na construção de uma base descritiva e cartográfica dos geocomponentes e elementos que interatuam na

superfície pesquisada, manifestando uma ordem topológica caracterizada por uma dimensão estrutural que estabelece conexões funcionais entre as unidades de paisagem.

A Planície Fluvial de Igapó tem a estrutura geoestacionária com declividades planas e cotas máximas de até 30 metros acima do nível do mar. É conectada por campos geofísicos biocirculares e geocirculares, de modo que as precipitações influem nas flutuações hidrológicas do sistema fluvial do rio Amazonas, que estão condicionadas ao clima da região.

A elasticidade da mancha de inundação se amplia entre a enchente e a cheia, conectando os lagos do Puraquequara e do Padre ao sistema rio-planície. As florestas situadas em níveis mais baixos do terreno, sobretudo as arbustivas tanibucas-do-igapó e os indivíduos arbóreos de Arabás, intercaladas por colônias de canaranas, alface d'água e mureru, servindo de abrigo e alimento para o ecossistema de diversas espécies faunísticas.

O recuo fluvial reconfigura a unidade, deixando visíveis extensos trechos terrestres com predominância de sedimentos aluviais de silte, argila, areia e fragmentos de macrófitas secas nas margens do rio Puraquequara. No leito, são observadas bifurcações de geofluxo fluvial por ilhas em miscelânea com descargas de matéria orgânica e inorgânica, que se aglutinam em bancos arenosos cobertos por necromassa florestal e servem de alimentação e nidificação, principalmente para algumas aves. Os lagos interrompem a conectividade, formando campos recobertos por gramíneas a céu aberto, convertendo-se em ruas e pastos.

Conectado por relações laterais fluviais e gravitacionais, os Terraços com Floresta Ombrófila Densa Aluvial são subdominantes e se configuram em superfícies suaves onduladas a planas, sendo estruturados de forma vertical por solos de granulometria arenosa predominante e monodominância de buritizais nas zonas ripárias, bem como a presença de ilhas de campinaranas em solos extremamente arenosos.

As ligações funcionais entre unidades de colinas e planície fluvial são executadas por modelados de vertentes que transportam por gravidade material coluvial e orgânico para as fácies mais antigas de terraços. Os igarapés atuam na paisagem, retendo e fornecendo material suspenso e particulado para as altimetrias mais baixa do sistema. Em unidades adjacentes ao rio, a flutuação de cheias severas agrega produtos aluviais por terraceamento à estrutura horizontal da paisagem. Por conta disso, além das encostas, os tributários, sobretudo os da margem direita, são os principais condutores de material erodido, enquanto os da margem esquerda têm tendência a injetar produtos oriundos da floresta, em especial, a liteira.

As Colinas Convexas e Tabulares de Floresta Ombrófila Densa foram classificadas como unidades geoecológicas sazonalmente não inundadas, estando sua funcionalidade sob

condições pluviométricas. Elas comportam a maior produção de material sedimentar, vinda da Formação Alter do Chão e Belterra, bem como de matéria orgânica em decomposição. Exercem a função de produzir e emitir material lixiviado por geofluxo gravitacional para os terraços e a planície fluvial.

As paisagens convexas são dominantes por ocuparem a maior parcela da estrutura espacial da bacia hidrográfica do rio Puraquequara, apresentam morfologias onduladas, interflúvios estreitos e dissecados pela rede hidrográfica. As tabulares corresponderam a menor unidade das terras altas, se diferenciam por agruparem superfícies de topos planos e de estrutura alargada, são pouco influenciadas pela dissecação hídrica, estando propícias a processos erosivos induzidos pela ação natural ou antrópica.

Sobre essas condições, o diagnóstico geoecológico mostrou que na porção sudoeste da bacia, as estruturas refletem dependência e interação por conjugação de diferenças altitudinais, configurando uma relação em cadeia com elevado grau de modificação e fragmentos em constantes transformações antropogênicas.

A construção do Complexo Viário Anel Leste (obra em andamento), que perpassa seções de unidades de paisagens tabulares, convexas e de terraços no interior, é a força motriz da especulação imobiliária, a qual vem induzindo os processos geoecológicos degradantes na área de estudo. A supressão do componente florístico coopera na redução e extinção da camada de serrapilheira, consequentemente, afeta os serviços ecossistêmicos.

O surgimento de incisões erosivas (ravinas e voçorocas), mobilização de solo por terraplanagem, retificação de seções de afluentes, descarte de resíduos sólidos e lançamento de efluentes, são mudanças graduais que já afetam o aspecto funcional das microbacias do Ipiranga e do Mindu, que são acopladas as unidades de terraço. O resultado disso, é observado na beira das estradas e ramais, a mortandade de indivíduos arbóreos, em especial parcelas de *mauritia flexuosa*, provavelmente em função dos barramentos artificiais imposto pelo estado e os implantados pelos donos de balneários, bem como pela elevada carga de sedimentos acondicionado no leito, vem causando distúrbios as formações vegetais.

Ademais, no setor leste do bairro Jorge Teixeira e sul do Distrito Industrial II, estão as paisagens com estrutura horizontal modificada a partir dos anos de 1990. O processo de ocupação desencadeou a mobilização de material sedimentar induzido pelo adensamento populacional em parcelas de unidades tabulares e consolidação mais recente das aglomerações urbanas Coliseu I, II e III, tal condição, vem assoreando e alterando a qualidade águas das e as nascentes do igarapé Boa Vista.

Na unidade geoecológica de Planície de Fluvial de Igapó, predominaram os processos geoecológicos de interação. A qualidade da água, principalmente no baixo curso, é influenciada pelas ocupações fixadas nas unidades de terraço. A Vila do Puraquequara é a aglomeração urbana mais próxima das águas superficiais e não dispõe de estação de tratamento para efluentes. Na fase terrestre, o Lago do Puraquequara passa a receber volumes de resíduos sólidos, que provavelmente são lançados de forma clandestina.

A construção da proposta de Zoneamento Ambiental visou subsidiar o planejamento territorial e ambiental com base no diagnóstico geoecológico realizado por esta pesquisa, todavia, a proposição precisa ser debatida com aqueles que habitam, produzem e regulam as estruturas horizontais na área de estudo.

As zonas não seguiram o delineamento estrutural das unidades como costuma-se fazer, embora fosse possível. O estudo apontou que há um ordenamento territorial de controle sustentável de parcelas de paisagens no interior da bacia, sobretudo pela União. Por essa razão, o zoneamento integrou parcelas com funções similares, mas sem desconsiderar as propriedades geoecológicas das unidades geoambientais.

A Geoecologia da Paisagem constituiu aporte teórico e metodológico para a configuração espacial geoecológica, contribuindo no dimensionamento de grupos de unidades de terra-firme, mais suscetíveis às mudanças no uso da terra, e fluvial, susceptível à sazonalidade hidrológica. Dessa forma, os fatores de formação de cada unidade geoecológica precisam ser observados a partir de suas relações geossistêmicas, sendo as funções naturais, a base para compatibilidade das funções sociais e econômicas na bacia.

REFERÊNCIAS

AB' SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

_____. **A transposição das águas do São Francisco: uma análise crítica**. *Revista USP*, São Paulo, n. 70, p. 6-13, 2006. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revusp/article/view/13527/15345>. Acesso em: 14 de dez. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2019.

AGUIAR, Francisco Evandro Oliveira. **Alterações climáticas em Manaus no século XX**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995. Dissertação de Mestrado em Geografia.

ALBUQUERQUE, C.C. **Análise geoecológica da paisagem de várzea na Amazônia Central: um estudo estrutural e funcional do paraná de Parintins-AM**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012. Tese de Doutorado.

ALVAREZ, C.A et al. 2013. Koppen's climate classification map for f Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 30 de mai. 2025.

AMAZONAS. **A Lei Estadual nº 3.417, 31 de julho de 2009**. Institui o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Amazonas – MZEE. Disponível em: <https://sapl.al.am.leg.br/norma/7872>. Acesso em: 01 de jan. 2024.

AMORIM, R.R; OLIVEIRA, R.C. As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 177-198, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/QC7vWbjkZ6dqgXHZdq9NWmC/?lang=pt>. Acesso em: 26 de jan. de 2024.

AQUINO, M.C; OLIVEIRA, R.C. Geoecologia da Paisagem: enfoque estrutural e funcional do litoral leste do município de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Espaço em Revistas*, [s. l], v. 26, n. 1, p. 142-160, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/74734>. Acesso em: 25 de ago. 2025.

ARTAXO, P. *et al.* Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, p. 185-196, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/5xzSMjL9bJn9nd3pGS3NmNF/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

BACCARO, F.B *et al.* A Reserva Ducke. In: Oliveira, M.L *et al.* (org). **Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade**. Manaus: Editora do INPA, 2011. p. 11-20.

BITTENCOURT, M.M.; AMADIO, S.A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, p. 303 – 308, 2007.

BOERGER, C. M.; LATTIN, G. L; MOORE, S. L; MOORE, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. **Marine pollution bulletin**, [s.l], v. 60 n. 12, p. 2275- 2278, 2010.

BOTELHO, R.G.M; SILVA, A.S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. In: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 7.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

BRAGA-NETO, R; LUIZÃO, R; MAGNUSSON, W.E. Fungos. In: OLIVEIRA, M.L; BACCARO, F.B; BRAGA-NETO, R; MAGNUSSON, W.E. (org.). **Reserva Ducke: a biodiversidade amazônica através de uma grade**. Manaus: Editora Inpa, 2011.

BRASIL. **Decreto Federal nº 4.297, 10 julho de 2002**. Estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil-ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/404221/publicacao/15799215>. Acesso em: 01. jan. 2024.

BRASIL. **Lei Federal 6.438, 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, e seus fins mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 01 de jan. 2024.

BRAZ, A.M; A.M, BRAZ; BARROS, M.H.S; GARCIA. Validação da classificação das imagens dos satélites landsat 8 e sentinel-2 na bacia hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho (MS). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Seção Três Lagoas (MS), n. 26, ano. 14, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/5286>. Acesso em: 01 de jan. 2024.

CAMPOS FILHO, A.S.S.B; BEZERRA, B.C; SANTOS, L.R; COSTA, V.M; ARAÚJO, V.S. **Viabilização de melhores condições de saneamento para duas residências na Comunidade indígena Novo Horizonte – Manaus/Amazonas**. *Revista Caribenã de Ciências Sociais*, Miami, v. 12, n. 6, p. 2684-2692, 2023. Disponível em: <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/3113/2352>. Acesso em: 20 de dez. de 2023.

CARVALHO, T.C; WITTMAN, F; PIEDADE, M.T.F; REZENDE, A.F; SCHONGART, J. Fires in Amazonian blackwater floodplain forests: causes, human dimension, and Implications for

CHAVES, A.M.S; SOUZA, R.M. **Paisagens e interfaces geoecológicas para o planejamento ambiental**. In: Geoecologia e paisagem: enfoque teórico-metodológicos e abordagens aplicadas. 1. ed. Sergipe: Criação Editora, 2021.

CHAVES, M.P. S.R et al. Organização sociocultural e Gestão dos Recursos Naturais. In: OLIVEIRA, M.L. **Mariuá: a flora, a fauna e o homem no maior arquipélago fluvial do planeta**. Manaus: Editora do INPA, 2017. p. 167-181.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1981.

COELHO, R.F. **Ribeirinhos Urbanos: modo de vida e a representações sociais dos moradores do Puraquequara**. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006. Dissertação de Mestrado.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Folhas: SA.21-Y-A, Rio Uatumã, SA.21-Y-C, Manaus – E**. Manaus, 2010.

_____. **Mapeamento das Áreas de Risco Geológico da Zona Urbana de Manaus (AM)**. Manaus, 2012. conservation. *Frontiers in Forests and Global Change*, [s.l], v. 4, p. 755441, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/357352881_Fires_in_Amazonian_Blackwater_Floodplain_Forests_Causes_Human_Dimension_and_Implications_for_Conservation. Acesso em: 03 de jan. 2026.

_____. **Cartografia geotécnica de aptidão da zona de expansão e da zona de baixa ocupação da cidade de Manaus: nota explicativa**. Manaus, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22526>. Acesso em: 21 de jul. 2023.

CONTI, J.B. Regatando a “fisiologia da paisagem”. **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo, v. 14, p. 59-68, 2001. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47313/51049>. Acesso em: 18 de mar. De 2022.

CORRÊA DA SILVA et al. Caracterização Climatológica da Cidade de Manaus/AMAZONAS. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília (DF), v. 11, p. 60-71, 2021. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/1780>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

COSTA, E.B.S; SILVA, C.L; SILVA, M.L. Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 93-100, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/19846>. Acesso em: 10 de nov. 2024.

COSTA, F.M.V. **Gestão dos Recursos Hídricos do Rio Caeté**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia: Presidente Prudente (SP), 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/151037>. Acesso em: 14 de set. de 2023.

CUNHA, S.B. **Geomorfologia Fluvial**. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

DE PAULA, E.M.S. **Paisagem fluvial amazônica: geoecologia do tabuleiro do Embaubal - Baixo rio Xingu**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017. Tese de Doutorado.

DEL RIO, V; DE OLIVEIRA, L. **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. (org.). São Paulo: Estudio Nobel, 1999. Disponível em: https://www.vicentedelrio.net/uploads/2/2/7/5/22757652/livro_inteiro.pdf. Acesso em: 18 de nov. 2024.

DEMARCHI, L.O; KLEIN, V.P; SCHONGART, J; WITTMANN, F; PIEDADE, M.T.F. As formações vegetais amazônicas sobre areias brancas: campinaranas. *In*: JUNK, W.J; CUNHA, K.N. (org.). **Inventário das áreas úmidas brasileiras: distribuição, ecologia**, Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14855/11492>. Acesso em: 20 de jan. de 2024.

ESCADA, M.I.S. **Evolução de padrões da terra na região centro-norte de Rondônia**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Jose dos Campos, 2003. Tese de Doutorado. Disponível em: https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Outros%20documentos/Escada-publicacao.pdf. Acesso em: 20 de jun. 2023.

FARIAS, E.U. **Ingestão de microplásticos por Semaprochilodus insignis e Semaprochilodus taeniurus na região central da bacia amazônica**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em biologia de água doce e pesca interior: Manaus, 2022. Dissertação de Mestrado.

FARIAS, J.F. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no Planejamento Ambiental da bacia hidrográfica do rio Palmeira-Ceará/Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015. Tese de Doutorado.

FARIAS, J.F. **Aporte teórico e metodológico da Geoecologia das paisagens**. Revista Equador (UFPI), Teresina, v. 9, n. 2, p. 19-33, 2020.

FERRAZ, J.B.S; BASTOS, R.P; GUIMARÃES, G.P; REIS, T.S; HIGUCHI, N. **A floresta e o solo**. *In*: A floresta Amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental. 2. ed. Manaus: [s.n], 2012.

FERREIRA, S.J.F. A floresta e a água. *In*: HIGUCHI, M.I.G; HIGUCHI, N. (org.). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. Manaus [s.n.], 2012. p. 123-151.

FILIZOLA, N; GUYOT, J.L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 41, n.4, p.566-576, 2011. Disponível em: <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010070669> Acesso em: 23 de fev. de 2025.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T.G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, [s. l.], v. 17, p. 24-29, 2005. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47272>. Acesso em: 21 de jun. 2023.

_____. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FOLHARINI, S. O; OLIVEIRA, R.C; SANTOS, A.LC. Unidade Geoambientais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, litoral norte fluminense. **Revista do Departamento de Geografia**, Campinas, v. 39, p. 154-167, 2020. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/156779/162102>. Acesso em: 30 de jan. 2023.

FORTES, Mircia Ribeiro. **Diagnóstico morfodinâmico aplicado ao planejamento ambiental da microbacia hidrográfica do rio Puraquequara**. Manaus: UA/ICHL, 2000. Dissertação de mestrado.

FRANÇA, A.M.S; FLOREZANO, T.G; NOVO, E.M.LM. **A dinâmica do Pulso de Inundação**: aplicações de sensoriamento remoto na estimativa da área de expansão dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Amazonas. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/12.28.12.34/doc/franca.pdf>. Acesso em: 3 de jul. de 2023.

FREIRES, E.V.F; SILVA NETO, C.A; CUNHA, D.S.R; DUARTE, C.R.D; VERÍSSIMO, C.U.V; GOMES, D.D.M. **Comparação de Imagens OLI/Landsat-8 e MSI/Sentinel-2 no Mapeamento de Cobertura e Uso da Terra no Maciço de Uruburetama, Ceará**. Anuário do Instituto de Geociência-UFRJ, vol.42-4, p. 427-442, abr. de 2019. Disponível em <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/31379>>. Acesso em: 20 de jun. de 2023.

FUMYA, M.H. **Geossistema de Sochava**: teoria, perspectiva e meio ambiente. Curitiba: CRV, 2022.

FURTADO, A.R. **Análise Morfotectônica da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara como Fator de Planejamento Urbano**. Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas :Manaus, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso.

GREGORIO, D.K. **Sobre as águas da Amazônia**: habitação e cultura ribeirinha. Orientadora: Helena Ayoub. 2019. Trabalho Final de Graduação (Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: https://jornal.usp.br/wp-content/uploads/2021/04/2019_sobre_as_aguas_da_amazonia_DanielleGregorio.pdf. Acesso em: 23 de fev. 2025.

GUERRA, et al. 2024. Geoecologia das Paisagens: fundamentos, aplicações e perspectivas. **Revista Territorium Terram**, [s. l.] v. 07, n.13, p. 587-599, 2024. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5455. Acesso em: 20 de ago. 2024.

HAASE, G. Medium scale landscape classification in the German Democratic Republic, **Landscape Ecology**, v. 3, n.1, p. 29-41, 1989. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00157754>. Acesso em: 08 de jan. 2026.

HESS, L.L.; MELACK, J.M.; NOVO, E.M.L.M.; BARBOSA, C.C.F.; GASTIL, M. Dual-season mapping of wetlands inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 405–428, 2003.

HOBE, A.M.C; GOMES, I.L.F; MIRANDA, S.F; SILVA, M.S.R. **Contribuição à hidroquímica de drenagens na região de Manaus**. Acta Amazonica, Manaus, v. 35, p. 119 – 124, 2005.

IBANEZ, Delano Menecucci. **Análise do relevo da Amazônia Central com o emprego de modelo digital de elevação e geometria fractal**. 2012. Tese (Doutorado em Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em <https://doi.org/10.11606/T.44.2012.tde-06112013-093004>. Acesso em: 08 de jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS _____. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso: 05 de nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS _____. **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 de jan. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS _____. **Banco de Dados e Informações Ambientais**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 01 de jan. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Aglomerados Subnormais 2019**: Classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à Covid-19. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências e Coordenação de Geografia, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101717>. Acesso em: 14 de set. de 2023.

INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. **Indicadores de Manaus censitários IBGE 2022: população e domicílio**. Manaus, 2024. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/noticia/planejamento-urbano/implurb-mapa-urbano/>. Acesso em: 10 de mai. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 20 de fev. 2017.

JUNK, J.W et al. 2020. Áreas alagáveis: Definições e características ecológicas gerais. In: JUNK, W.J et al. (org.). **Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável**. Manaus: Editora do INPA, 2020.

KATO, F.F *et al.* Agroflorestamento do PA Água Branca para o fortalecimento da agricultura familiar ecológica em Manaus, AM. **Cadernos de Agroecologia**, [s. l] v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <https://www.aba-agroecologia.org.br/revista/cad/article/view/18961>. Acesso em: 20 de jan. 2024.

KOEPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. Disponível em:
<https://pt.scribd.com/document/818792727/Koppen>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

KÖRTING, T. S. (2006) Classificação de imagens por regiões. São José dos Campos.

LA ROVERE, A.L.N; CRESPO, A. **Geo Cidades: relatório ambiental urbano integrado**. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002.

LEAL, A.C. **Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas como instrumento para o gerenciamento dos recursos hídricos**. Revista Entre-lugares (UFGD), ano. 3, n. 6, p.65-84, 2012.

LEITÃO, M.M.V.B.R; DOS SANTOS, J.M; OLIVEIRA, G.M. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 6, n. 2, p. 256 – 261, 2002. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/dbpQZDQZKffssBH9NLQWP4R/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 05 de jan. 2026.

LEMOS, L.S.M; COSTA, R.C. Bacias hidrográficas em Manaus (2005-2015). *In*: COSTA, R.C (org.). **Riscos, fragilidades e problemas ambientais urbanos em Manaus**. Manaus: Editora Inpa, 2017.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

LIBERATO, A.M. Direção e velocidade do vento em Manaus – AM/BRASIL. *In*: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6.,2019, Palmas-TO. Anais Contecc [...]. Palmas: CONFEA, 2019.

LIMA, G.C.A. Geocologia das Paisagens Aplicada ao Planejamento Ambiental do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi Mossoró/RN, Brasil. **Sociedade e Território**, Natal, v. 35, n.2, p. 32-50, 2023. Disponível em:
<https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/30429>. Acesso em: 23 de jan. 2025.

LIMA, R.H.C; ANDRETTA, E.R. **A erodibilidade do saprólito da Formação Alter do Chão na Cidade de Manaus (AM)**. XV Encuentro de Geógrafos de América Latina. Cuba, 2015. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15.html>. Acesso em: 10 de set. de 2023.

LOBO, G.S. **A alteração do regime hidrológico afeta a composição florística e estrutura de florestas de igapó? Um estudo comparativo entre um rio regulado e outro prístino na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Manaus, 2017. Dissertação de Mestrado.

LOPEZ, A; SILVA, N.F; PANTOJA, P.O; CREMA, L.C; FERREIRA, A.B; CRUZ, J; PIEDADE, M.T.F. Conhecendo as macrófitas da Amazônia. *In*: PIEDADE, M.T.F; LOPES, A. (org.) **Conhecendo as Áreas Úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós**. Manaus: Editora INPA, 2015.

LOUZADA, C.O. **O rio comanda a vida: uma análise geoecológica das paisagens do arquipélago do Januário, município de Itacoatiara - AM.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2020. Tese de Doutorado.

MACIEL, J.S.C et al. **Operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Amazonas: Relatório Anual 2024.** Manaus: Serviço Geológico Brasileiro, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/25496>. Acesso em: 30 de mai. 2025.
manejo, ameaças e lacunas de conhecimento. Cuiabá-MT: Carlini e Caniato Editorial, 2024.

MANZATTO, C.V; JUNIOR, E.F; PERES, J.R.R. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/328096/uso-agricola-dos-solos-brasileiros>. Acesso em: 14 de set. 2023.

MARINHO, T.A.S; DE PAULA, J.D; RÍOS-VILAMIZAR, E.A; SCHONGART, J. Tipos de áreas úmidas amazônicas. *In*: PIEDADE, M.T.F; LOPES, A. (org.) **Conhecendo as Áreas Úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós.** Manaus: Editora INPA, 2015.

MACEDO, I.T; COHN-HAFT, M. **Aves da Região de Manaus.** Manaus: Editora INPA, 2012.

MASCARENHAS JÚNIOR, T.A.; SARAIVA, J.M.B.; AGUIAR, F.E.O. Comparação entre a normal climatológica de 1961-1990 e o período de 1991-2007 para a precipitação na cidade de Manaus –AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 5, p. 165-175, set. 2009. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13534>. Acesso em: 14 de set. 2023.

_____. **Geodiversidade do Estado do Amazonas.** MANSINE, M.A; MARMOS, J.L (org.). Manaus, 2010.

MELO, E.G.F; SILVA, M. S.R; MIRANDA, S. Influência antrópica sobre as águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.5, p. 40-47, 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15445>. Acesso em: 13 de fev. de 2023.

_____. **Geografia e meio ambiente.** 9.ed. São Paulo: Editora Contexto, 2014.

MENDONÇA, F *et al.* A Reserva Ducke. *In*: Oliveira, M.L et al. (org). **Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade.** Manaus: Editora do INPA, 2011. p. 63-75.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: Ciência Humana?** 3. ed. São Paulo: Editora Contexto, 1992.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MIRANDA, Michel Jader de Oliveira. **O uso de geotecnologias na análise temporal do processo de expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do Puraquequara**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2017. Dissertação de Mestrado.

NETTO, A.L.C. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia**. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

NEVES, R.K.R. et al. **Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia do Rio Puraquequara (Manaus AM)**. Revista Caminhos da Geografia. vol.21, n.73, Uberlândia-MG, p.347-345, 2020.

NEVES, R.K.R. **Subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Puraquequara – AM**. Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA). Manaus: UEA, 2018. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA et al. Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. **Acta Amazonica (Climatologia)**, Manaus (AM), v. 34, p. 613-619, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/ZTpt7qwnNXVJGC4cY8X96SK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

OLIVEIRA, A.C.T. **Efeito da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da cultura BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum Schum.*)** Orientador: Michel do Vale Maciel. 2023. Trabalho Final de Graduação (Zootecnia). Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: <https://rii.ufam.edu.br/handle/prefix/6760>. Acesso em: 30 de mar. 2025.

OLIVEIRA, A; SOUZA, R.M. Contribuições do método geossistêmico aos estudos integrados da paisagem. **Revista Geoambiente on-line**.n.19, Jutai-GO, p.157-175, 2012.

OLIVEIRA, F.T et al. Ecoturismo no Rio Puraquequara: suporte para inclusão social e proteção ambiental. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 22, p. 283-295, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/Wptqns8MMnw9jVvyRC3mSFK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 de fev. 2024.

PEQUENO FILHO, Antônio da Mata. **Sensoriamento remoto e SIG na análise ambiental da microbacia do Rio Puraquequara Manaus, AM – Brasil**. Centro de Ciências do ambiente. Manaus: UFAM, 2005. Dissertação de mestrado.

PEREIRA, F.R.C. **Caso Puraquequara: exemplo de uso compartilhado de convivência pacífica em terras da União**. Artigos SGTDE, 2016. Disponível em: <https://governancadeteras.com.br/artigos-sgtde-2016/>. Acesso em: 20 de fev. 2024.

PIEIDADE, M.T.F et al. Iniciando a viagem pelas Áreas Úmidas Amazônicas. In: PIEIDADE, M.T.F; LOPES, A. **Conhecendo as Áreas Úmidas Amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós**. Manaus: Editora do INPA, 2015.

PIEIDADE, M.T.F; SHONGART, J; WITTMANN, F; PAROLIN, P; BLEICH, M.E; LOPES, A. Iniciando a viagem pelas Áreas Úmidas Amazônicas. In: PIEIDADE, M.T.F; LOPES, A.

Conhecendo as Áreas Úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós. Manaus: Editora INPA, 2015.

PIEDADE, M.T.F; SHONGART, J; WITTMANN, F; PAROLIN, P; BLEICH, M.E; LOPES, A. Iniciando a viagem pelas Áreas Úmidas Amazônicas. *In:* PIEDADE, M.T.F; LOPES, A. **Conhecendo as Áreas Úmidas amazônicas:** uma viagem pelas várzeas e igapós. Manaus: Editora INPA, 2015.

PIROLI, E.L. **Introdução ao geoprocessamento.** UNESP: Ourinhos, 2010.p.46.
PORTO DE MANAUS. Porto de Manaus: O coração da Amazônia. **Cotas do Rio Negro em Manaus (2021/2024).** Disponível em: <https://portodemanaus.com.br/nivel-do-rio-negro/>. Acesso em: 31 de mai. De 2025.

PREOBRAZHENSKII, V.S. **Protección de la naturaleza: diccionario interpretativo.** Moscou: Progress. 1982. 272 p. Tradução livre: José Manoel Mateo Rodriguez.

QUEIROZ NETO, J.C; ALBUQUERQUE, C.C; BASTISTA, I.H. Qualidade da água e definição de parâmetros preponderantes para o monitoramento do Rio Puraquequara, Manaus, Amazonas, Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá (SC), v. 41, p. 316-336, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/66628>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

RIBEIRO, I.L. **As incursões do ar frio no estado do Amazonas.** Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2012. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/2807>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

RIKER, R.S.L. **Geologia e recursos minerais da Região Metropolitana de Manaus.** Manaus: CPRM, 2016. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17852>. Acesso em: 14 de set. de 2023.

RÍOS-VILLAMIZAR, E.A; PIEDADE, M.T.F; JUNK, W. Tipologia de água em Áreas Úmidas da Bacia Amazônica: uma revisão enfatizando a classificação dos rios e igapós. *In:*

FERREIRA, S.J.F; SILVA, M.L; PASCOALOTO (org.). **Amazônia das Águas: qualidade, ecologia e educação ambiental.** Manaus: Editora Valer, 2016.

ROCHA, A.T. **Gestão da Água em Manaus:** criação do comitê de bacia hidrográfica do Rio Puraquequara. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2014. Dissertação de Mestrado. Disponível em: tede.ufam.edu.br/handle/tede/3964>. Acesso: 02 nov. 2016.

ROCHA, V.O. **O protagonismo das mulheres agricultoras do assentamento Água Branca:** trajetória de trabalho e organização social em Manaus-Am. Orientador: Iraildes Caldas Torres. 2019. Dissertação de Mestrado. Instituto de Filosofia Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7301>. Acesso em: 12 de mai. 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: EDUFC, 2004

RODRIGUEZ, J.M.M; MAURO, C.A; RUSSO, I.L; SILVA, L.M.S; BOVO, R; ARCURI, M.E.P; MARINHO, V.L.F. Análise da paisagem como estratégia de organização geoespacial: Corumbataí (SP). **Geografia**. Vol. 20, n.1, Rio Claro-SP, p. 81-129, 1995.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. **Geoeecologia das paisagens: uma visão geossistêmica**. 6 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2022.

_____. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoeecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2016.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. **Teoria dos geossistemas: o legado de V.B. Sochava, fundamentos teórico-metodológico**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Revista Mercator**, ano.1, n.1, Fortaleza, p.95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. da; CAVALCANTI, A.P.B. (orgs.) **Geoeecologia das paisagens: uma visão geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V; CAVALCANTI, A.P.B. (org) **Geoeecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. p. 332.

ROSA, S.A; SILVA, N.F; FEITOZA, C.Y.O; PIEDADE, M.T.F. Entre as águas e a terra: áreas úmidas (AUs). In: PIEDADE, M.T.F; LOPES, A. (org.). **Conhecendo as Áreas Úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós**. Manaus: Editora INPA, 2015.

ROSS, J. L. S; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 12, p. 89-121, 1998. Disponível em: revista.usp.br/rdg/artd/view/53736/57699. Acesso em: 02 de jan. 2023.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2012.

RUBIM, M.A.L; LIMA, R.M.S. Uma década de avaliação do estado trófico da água da bacia hidrográfica do rio Puraquequara. In: RUBIM, M.A.L ; FERRAZ, L.R. (org.). **Puraquequara em mosaico: histórias, vida e recursos naturais**. Manaus: Edua, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREPAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SANTOS, L.K.C. **Análise dos condicionantes climáticos e do material particulado fino nas interações por pneumonia em Manaus-Amazonas**. Manaus, 2023. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9395>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

SANTOS, P.P; AUGUSTO, R.C; RICHTER, M. Sentinela 2- Procedimentos e potencial de utilização a partir de geotecnologias gratuitas. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 18., 2017, Santos-SP. **Anais [...]**. Santos, 2017. p. 7731-7737. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/trabalhos/sentinela-2-procedimentos-e-potencial-de-utilizacao-a-partir-de-geotecnologias-g?lang=pt-br>. Acesso em: 22 de jun. de 2021.

SARGES, Roseane Ribeiro; SILVA, Telma Mendes da; RICCOMINI, Claudio. CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO DA REGIÃO DE MANAUS, AMAZÔNIA CENTRAL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2011. DOI: 10.20502/rbg.v12i1.222. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/222>. Acesso em: 08 jan. 2026.

SCHÖNGART, J; PIEDADE, M.T.F; LUDWIGSHAUSEN, S; HORNA, V; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 581-597, 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Macrozoneamento Ecológico-Econômico do estado do Amazonas**. Manaus, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS. Portaria normativa **SEMA/IPAAM nº012/2017**. Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/>. Acesso em: 30 de set. 2024.

SHONGART, J; JUNK, J.W. Áreas alagáveis: Clima e hidrologia nas várzeas da Amazônia Central. *In: JUNK, W.J et al. (org). Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável*. Manaus: Editora do INPA, 2020.

SILVA, E.V; RODRIGUEZ, J.M.M. Geoecologia da Paisagem: Zoneamento e Gestão Ambiental em Ambientes Úmidos e Subúmidos. **Revista Geográfica da América Central**, Heredia, v. 2, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2446/2342>. Acesso em: 13 de ago. 2024.

SILVA, E.V; RODRIGUEZ, J.M.M. Planejamento e Zoneamento de bacias hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, volume especial, n. 36, p. 4-17, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3170>. Acesso em: 27 de jan. 2024.

SILVA, J.R.C; SCUDELLER, V.V. Os ciclos econômicos da borracha e a Zona Franca de Manaus: expansão urbana e degradação das microbacias. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n.6, p. 1-29, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd>. Acesso em: 21 de nov. 2023.

SILVA, M.L.da. Paisagem e Geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica. **Revista Geoambiente on-line**, Jutai (GO), n.11, p.163-185, 2008.

SILVA, T.G. **Iconofósseis da Formação Alter do Chão (Grupo Javari, Bacia do Amazonas) em Ponta das Lajes, Manaus (AM): classificação e inferências paleoambientais**. Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas: Manaus,

2020. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7922>. Acesso em: 10 de set. de 2023.

SIRMAS, Joemes de Lima. **Análise morfoestrutural da região da cidade de Manaus (AM)**. Dissertação Mestrado. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências Programa de pós-graduação em Geociências, 2012. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3260/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Joemes%20de%20Lima%20Silva.pdf>. Acesso em 08 de jan. de 2026.

SIOLI, H. **Fundamentos da Ecologia da maior Região de Florestas Tropicais**. Rio de Janeiro: Editora Vozes Ltda, 1983.

SIQUEIRA, L.F.S; FILIZOLA, N. Estudo hidrológico do efeito do barramento hidráulico no Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l] v. 22, n.2, p.315-355, 2021. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1752>. Acesso em: 23 de fev. de 2025.

SOARES, Leonardo Silva. **Planejamento ambiental integrado: subsídios para o desenvolvimento sustentável das sub-bacias hidrográficas do baixo curso do rio Itapecuru, Maranhão**. Teresina, 2016. Tese de Doutorado.

SOMBROEK, W.G. **Amazon Soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen, 1966. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/421842>. Acesso em: 10 de set. de 2023.

SOTCHAVA, V.B. O estudo de geossistemas. Método em questão, 16. São Paulo: SOUZA, M.T.V. **Ingestão e efeitos morfofisiológicos dos microplásticos em espécies de peixes da Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em biologia de água doce e pesca interior: Manaus, 2022. Dissertação de Mestrado.

STEVAUX, J.C; LATUBRESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TANAKA, L.M.S; SATYAMURT, P; MACHADO, A.T. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. **International Journal of Clamatology**, [s.l], v.34, p. 3574-3584, 2014.

TARGHETTA, N et al. et al. As árvores das florestas alagáveis da Amazônia. In: PIEDADE, M.T.F; LOPES, A. **Conhecendo as Áreas Úmidas Amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós**. Manaus: Editora do INPA, 2015.

TEIXEIRA, N.F. F; SILVA, E.V. da; FARIAS, J.F. **Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para análise ambiental**. Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas. n.º.9, p.147-158, 2017.

TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos locais do Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>. Acesso em: 20 de fev. 2021.

TROMBETA, L.R; LEAL, A.C. **Planejamento Ambiental e Geoecologia das Paisagens:** contribuições para bacia hidrográfica do Córrego Guaíçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo. *Revista Formação online*. vol.3, n.23, p.187-216, 2016.

VALLE A.S; OLIVEIRA, J.A. A cidade de Manaus: análise da produção do espaço urbano a partir dos igarapés. *In: Oliveira, J.A; ALECRIM, J.D; GASNIER, T.R.J. (org.). Cidade de Manaus: visões interdisciplinares*. Manaus: Edua, 2003.

VASCONCELOS et al. **Caracterização do Uso e Cobertura do Solo e da Linha de Costa**. Rio de Janeiro, v. 2, 2020.

VIDAL, M.R. **Geoecologia das paisagens:** fundamento e aplicabilidade para o planejamento ambiental no Baixo Curso do rio Curu-Ceará-Brasil. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014. Tese de Doutorado.

_____. O que é Geoecologia das paisagens?. **Revista Equador (UFPI)**, Teresina, v. 13, n.2, p. 26-45, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/revistaequador/article/view/7541>. Acesso em: 20 de fev. de 2026.

VIDAL, M.R; DA SILVA, E.V. Enfoque estrutural e funcional da geoecologia das paisagens: modelos e aplicações em ambientes tropicais. **Revista Geofronter**, Campo Grande, v. 7, p. 01-19, 2021. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6708>. Acesso em: 01 de jan. 2024.

_____. Geoecologia da Paisagem: uma ciência conexa e seus percursos metodológicos para análise integrada. **Physis Terrae**, v. 7, n. 1, p. 3-21, 2025. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/5919>. Acesso em: 20 de fev. 2026.

VIDAL, M.R; SILVA, E.V; MASCARENHAS, A.L.S; BEZERRA, C.E. A geomorfologia como base para geoecologia da paisagem: interdependência, teoria e aplicação conceitual. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v.7, n. 1, p. 48-62, 2026. Disponível em: <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/426>. Acesso em: 20 de fev. 2026.

VIDAL, M.R; MASCARENHAS, A.L.S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geoecologia das Paisagens. **Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 600-615, 2020. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geosp/article/view/121030>. Acesso em: 23 de fev. 2024.

VIDAL, M.R; MASCARENHAS, A.L.S; SILVA, E.V; BARBOSA, E.J.S. Geoecologia: aportes para uma aproximação taxonômica das unidades de paisagens para região de Carajás. **Novos Cadernos Naea**, Belém (PA), v. 25, p. 365-392, 2022.

VIDAL, M.R; MASCARENHAS, L.S. **Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE**. Confins [online], n. 43, p. 19-33, 2019. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/24800?lang=pt>. Acesso em: 12 de jun. de 2022.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e Distribuição de voçorocas em Manaus (AM):** principais fatores controladores e impactos urbanos-ambientais. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. Tese de Doutorado.

VIEIRA, C.A; ALEIXO, N.C.R; ALMEIDA FILHO, L.S. Eventos extremos de temperatura do ar e doenças respiratórias em Manaus-AM: Uma análise episódica. **Estrabão**, Blumenau (SC), v. 5, p. 119-130, 2024. Disponível em: <https://revista.estrabao.press/index.php/estrabao/article/view/226>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

VITTE, A.C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física.** Mecator-Revista de Geografia da UFC.ano 6, n.11, 2007.

WITTMANN, F., PAROLIN, P. Phenology of six tree species from central Amazonian várzea. **Ecotropica**, v. 5, p. 51–57, 1999.