



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

A FISIONOMIA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO

TIAGO FONSECA RODRIGUES

Manaus – Amazonas

2019

TIAGO FONSECA RODRIGUES

**A FISIONOMIA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a titulação de Mestre em Geografia, Área de concentração: Amazônia: Território e Ambiente. Linha de pesquisa: Domínios de Natureza.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Jesuete Pachêco Brandão

Manaus – Amazonas

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R696f Rodrigues, Tiago Fonseca
A fisionomia da paisagem da bacia hidrográfica do igarapé do São Raimundo / Tiago Fonseca Rodrigues . 2019
106 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Jesuete Pachêco Brandão
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Bacia hidrográfica. 2. Paisagem. 3. Manaus. 4. Impactos ambientais. 5. Urbanização. I. Brandão, Jesuete Pachêco. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

A minha família que sempre me deu o apoio necessário em vários momentos da minha vida, em especial ao meu Pai Ronaldo pelo esforço que fez para me manter nos anos de graduação em Manaus.

Aos professores do curso de Pós- Graduação em Geografia - PPG-GEOG/UFAM.

A professora Dr^a Jesuete Pachêco Brandão que apesar de alguns problemas com paciência e sabedoria aceitou e conduziu conjuntamente este trabalho.

Aos meus colegas e amigos do Departamento de Geografia em especial: Marciclei Bernardo, Nedil Jonas, Alice Lucas, Rafael Sena, Nailson Silva, Suliane, Hendrea, Fernando Monteiro pelo companheirismo e pelos incentivos.

Aos amigos e colegas do LAES/INPA: Bárbara Ferreira, Máximo Alfonso, Fulvia, Ana Cláudia, Massilene, Sanaê, pelas conversas, brincadeiras e incentivos e pelo carinho de todos vocês.

RESUMO

Este trabalho trata dos principais resultados acerca da pesquisa realizada ao longo de 2 anos. Em resumo, o principal objetivo desta pesquisa foi realizar um diagnóstico da fisionomia da paisagem dos sistemas hídricos da bacia hidrográfica do Igarapé do São Raimundo a fim de identificar vulnerabilidades e riscos a que esses sistemas estão submetidos. O diagnóstico da fisionomia da paisagem foi realizado a partir da caracterização da *geodiversidade da paisagem* da BHSR. Especificamente este diagnóstico incidirá sobre o cruzamento das caracterizações geomorfológicas da bacia (declividade, forma de encostas), hidrográficas (hierarquia fluvial, quantidade de canais, perfil de canais entre outros) e pela caracterização do uso e ocupação do solo urbano que serão regulados por avaliações de campo. Realizado este diagnóstico o passo seguinte foi o mapeamento e análise da vulnerabilidade dos sistemas hídricos da BHSR (Igarapés, APPs e nascentes). Esta pesquisa teve a importância de se inserir no âmbito das preocupações ambientais em voga atualmente. Também tenta preencher a necessidade de mais estudos ambientais a partir do arcabouço teórico metodológico da geografia para responder às questões locais sobre as fragilidades da gestão pública em relação aos serviços ecossistêmicos prestados pelos sistemas hídricos na área urbana de Manaus. Este relatório de qualificação está dividido em três capítulos. O primeiro trata das bases conceituais e o quadro teórico de acordo com os pressupostos da Complexidade de Edgar Morin. O segundo capítulo apresenta caracterizações geomorfológicas, hidrográficas e a caracterização do uso e ocupação do solo urbano na BHSR. O Terceiro Capítulo apresenta o resultado final do mapeamento e análise da vulnerabilidade dos sistemas hídricos - Igarapés, Áreas de Preservação Permanente e nascentes.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Paisagem. Manaus. Impactos ambientais. Urbanização.

ABSTRACT

This paper deals with the main results about the research carried out over 2 years. In summary, the main objective of this research was to diagnose the physiognomy of the landscape of the water systems of the São Raimundo stream basin in order to identify vulnerabilities and risks to which these systems are subjected. The diagnosis of landscape physiognomy was made from the characterization of the landscape geodiversity of the BHSR. Specifically this diagnosis will focus on the intersection of the geomorphological characterizations of the basin (slope, slope shape), hydrographic (river hierarchy, number of channels, channel profile among others) and the characterization of urban land use and occupation that will be regulated by assessments. of field. After this diagnosis, the next step was the mapping and analysis of the vulnerability of BHSR water systems (Igarapés, APPs and springs). This research had the importance of being part of the current environmental concerns. It also attempts to fill the need for more environmental studies from the methodological theoretical framework of geography to answer local questions about the weaknesses of public management in relation to ecosystem services provided by water systems in the urban area of Manaus. This qualification report is divided into three chapters. The first deals with the conceptual bases and the theoretical framework according to the assumptions of Edgar Morin's Complexity. The second chapter presents geomorphological, hydrographic characterizations and the characterization of urban land use and occupation in the BHSR. The third chapter presents the final result of mapping and analysis of the vulnerability of water systems - Igarapés, Permanent Preservation Areas and springs.

Keywords: Hydrographic basin. Landscape. Manaus. Environmental impacts. Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de codificação em ottobacias..	23
Figura 2 – Classificação de uso da terra na BHSR	25
Figura 3 - Dinâmica da paisagem.	31
Figura 4 - Bacia geológica do Amazonas.	52
Figura 5 - Arenito Manaus.	53
Figura 6 - Classes de declividade e formas de vertente na BHSR.	60
Figura 7 - Climograma de Manaus..	61
Figura 8 - Aspecto da ria fluvial do igarapé do são Raimundo na cheia..	63
Figura 9 - Comportamento da vazão de um rio urbano	64
Figura 10 - Ciclo hidrológico do rio negro em manaus.	65
Figura 11 - Perfil longitudinal da bhsr.	69
Figura 12 - Perfil transversal da bhsr	69
Figura 13 - Nascente do igarapé do mindú, igarapé principal da bhsr	70
Figura 14 - Sinalização em app	72
Figura 15 - Histórico de ocupação em Manaus.	77
Figura 16 - Palafitas em leito de igarapé degradado.	78
Figura 17 - Situação das nascentes na bhsr de 1984 a 2018	82
Figura 18 - Orla no igarapé do são raimundo, bairro glória	83
Figura 19 - Dinâmica dos processos nos sistemas hídricos da BHSR.	88
Figura 20 - Casa parcialmente submersa na cheia de 2012	90
Figura 21 - Processo de assoreamento no leito fluvial	91
Figura 22 – Supressão de mata ciliar em igarapé, bairro Redenção	93
Figura 23 - Parque municipal dos bilhares	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características espectrais da imagem alos	19
Tabela 2 - Classes de declividade	21
Tabela 3 - Procedimentos para análise da vulnerabilidade na BHSR	26
Tabela 4 - Graus de declividade na BHSR	56
Tabela 5 - Declividade em classes e forma de terreno na BHSR	59
Tabela 6 - Características geométricas da Bacia do São Raimundo	66
Tabela 7 - Avanço da urbanização na BHSR	74
Tabela 8 - Caracterização da vulnerabilidade dos igarapés na BHSR	81

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
APRESENTAÇÃO	11
INTRODUÇÃO	12
Tema	13
Delimitação do tema	14
Resumo dos Capítulos	15
OBJETIVO	16
Objetivo Geral	16
Objetivos específicos	16
ÁREA CONTEXTUAL DE ESTUDO	17
A Bacia do São Raimundo	17
ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	19
Universo da Pesquisa	19
Método Procedimental	19
Etapas e Procedimentos Metodológicos	20
Método de abordagem	25
CAPÍTULO I - FISIONOMIA DA PAISAGEM E PENSAMENTO COMPLEXO	25
1.1 Categorias de Análise da Pesquisa Geográfica	29
1.2 Paisagem uma categoria da Ciência Geográfica	29
1.2.1 A Paisagem da sociedade humana	30
1.2.2 A Paisagem da Natureza	31
1.3. A Geodiversidade e paisagem como unidade de estudo	33
1.3.1 O conceito de geodiversidade como suporte no estudo da fisionomia da paisagem	33
1.3.2 Pioneiros da consolidação do conceito de geodiversidade	34
1.3.3 Os elementos da geodiversidade como parâmetros para o estudo da fisionomia da paisagem	35
1.3.4 Bacia hidrográfica: Sistema Hídrico e geomorfológico	36
1.4 Serviços ambientais e ecossistêmicos	39
1.4.1 Serviços ecossistêmicos	39
1.4.2 Serviços ambientais	39
1.4.3 Risco, Vulnerabilidade e gestão urbana	40
1.5 O paradigma da Complexidade - a natureza da natureza - proposto pelo filósofo-epistemólogo francês Edgar Morin:	44
1.6 O paradigma Holográfico de DAVID BOHM e KARL PRIBAM:	45
1.7 O Pensamento Sistêmico Contemporâneo principais revisões conceituais	47
CAPÍTULO II - A PAISAGEM DA GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO	50

2.1 Aspectos geológicos	50
2.2 A Caracterização geomorfométrica	52
2.3 Características do Clima	59
2.4 As características fisiográficas fluviais da BHSR	60
2.4.1 Padrão de Drenagem	64
2.4.2 Perfil Longitudinal Transversal da Bacia	66
2.4.3 Nascentes a Áreas de Preservação Permanente	68
2.5 Uso e ocupação da terra urbana e processos modificadores da paisagem na BHSR	73
2.5.1 Vegetação <i>versus</i> Ocupação na BHSR	73
2.5.2 A urbanização e os desajustes na Paisagem	76
CAPÍTULO III - VULNERABILIDADE E RISCO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO	78
3.1 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – Igarapés	78
3.2 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – Nascentes	79
3.3 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – APP's	80
3.4 Pensamento Complexo: Estrutura, Processos e Impactos	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXO I	106

APRESENTAÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Igarapé do São Raimundo é uma área natural densamente urbanizada na cidade de Manaus. Esta bacia está sujeita a diversos tipos de pressões socioambientais nos seus sistemas hídricos. Essas pressões urbanas aparecem sob diversas formas como no número significativo de ocorrências de inundações nos períodos chuvosos em todos os anos, nas ocupações de áreas protegidas, no aterramento total ou de parte de pequenos canais de drenagem, na má construção de equipamentos públicos de infraestrutura entre outros. A cada período de chuvas prolongadas repetem-se os mesmos problemas. Assim, a caracterização da bacia a partir do problema dos deslizamentos torna-se importante instrumento para a gestão territorial pelo poder público.

Nesse sentido buscou-se caracterizar a vulnerabilidade dos sistemas hídricos da Bacia Hidrográfica do São Raimundo (Nascentes, Áreas de Preservação Permanente e Igarapés). Especificamente buscou-se identificar quais destes elementos da bacia estão sujeitos a um maior grau de vulnerabilidade. Também do mesmo modo procurou-se identificar quais áreas estão sob maior grau de pressão urbana na bacia. Analisar esses fatores podem explicar por que todos os anos os altos registros de ocorrências de inundações por exemplo ocorrem em determinadas áreas.

Desse modo, o presente trabalho pretendeu contribuir para a compreensão da vulnerabilidade aos sistemas hídricos da bacia inserindo-se no tema da problemática ambiental urbana local. A pesquisa teve, acima de tudo, a importância de fazer um registro histórico, essencial ao conhecimento do conjunto de um processo, que não finaliza, mas se redireciona.

INTRODUÇÃO

A problemática ambiental vem sendo considerada, há décadas, um dos problemas de maior preocupação do mundo, conseqüência da forma variada, rápida e agressiva com que o homem tem interferido na dinâmica natural como ressaltam: Carpi Junior(1996); Clark, (2005); Drew, (2005), entre outros.

A interferência humana em escala global baseia-se, conforme Corrêa (1997), numa ideologia materialista, competitiva, individualista e consumista. Este fato que vem motivando a sociedade e o Estado a realizar conferências, tratados, estudos ambientais, para criar alternativas de soluções para os inúmeros problemas que atingem o planeta. Estes problemas ocorrem nas mais variadas escalas de intensidade, uma vez que a relação homem-meio ambiente está chegando a uma situação crítica.

As mudanças e os impactos provocados pelas ações humanas podem tornar-se irreversíveis, caso não haja significativas alterações na relação homem-meio (DREW, 2005). É importante ressaltar que o uso e ocupação do espaço podem acontecer de várias maneiras.

Ocorre por meio de atividades agrícolas, implantação de estradas, crescimento de cidades, extração mineral, técnicas inadequadas de uso e ocupação do solo, entre outros fatores que também acabam prejudicando o meio ambiente (CARPI JUNIOR, 1996).

Aliado a esses usos, verifica-se a ocorrência de condições precárias de saneamento básico, ausência de tratamento de esgotos domésticos e industriais, que, despejados em rios e lagos, poluem-nos, provocando sérios problemas, inclusive de saúde, para a população (CLARK, 2005).

O entendimento acerca dos problemas urbanos revela uma estreita combinação entre uma urbanização precária inserida em um contexto da dinâmica do ambiente natural. Fundos de vale, encostas de morros e colinas íngremes, antigos lixões, manguezais são ambientes que precisam de atenção especial para serem ocupados, pois possuem fragilidades naturais próprias.

Essas áreas devem ser protegidas a partir de políticas específicas para que o impacto dos problemas ambientais seja minimizado. A dinâmica dos processos naturais, climáticos, hidrológicos, geomorfológicos atinge de modo desigual as diferentes áreas das cidades. Os locais onde há uma precariedade de condições de

infraestrutura combinada a fragilidade e exposição dos terrenos geralmente são os mais atingidos (COSTA, 2008; CASSIANO, 2013; MACENA, 2016).

Tema

Para tanto é urgente o entendimento dos processos assim como mecanismos para a previsão dos impactos (AB'SABER, 1994). É importante entender que a maior parte dos processos naturais obedece a uma temporalidade, que no caso brasileiro é geralmente a das estações chuvosas em cada domínio morfoclimático. Portanto há na maioria dos casos uma temporalidade dos problemas ambientais. Assim a dimensão do tempo complexifica a abordagem desta temática não havendo avanço em procedimentos metodológicos que não priorizam a dinâmica dos processos naturais.

Os sistemas hídricos dos centros urbanos vêm sendo depreciados pelo intenso uso e ocupação, principalmente nas áreas que deveriam ser protegidas, no caso: as Áreas de Preservação Permanente (APP) de rios e as APP de nascentes.

Desse modo, a principal motivação para o desenvolvimento deste estudo foi a preocupação com a histórica fragilidade da gestão municipal a respeito dos sistemas hídricos urbanos de Manaus e especificamente na BHSR (MACHADO, 2012). Preocupamo-nos com a necessidade de entender o grau de degradação ambiental dos sistemas hídricos na BHSR. A pesquisa, portanto, buscará caracterizar o estágio atual de degradação dos sistemas hídricos: igarapés, APPs e nascentes.

Há vários estudos a respeito da temática ambiental que tem a BHSR como recorte geográfico de análise. As pesquisas sobre a BHSR já foram realizadas em várias áreas do conhecimento como a Química Ambiental (LOPES *et al*, 2008; VIANA, 2018), História (GROBE, 2014), Educação Ambiental (MACHADO, 2012), Ciências Florestais (REIS, 2012). Os estudos voltados a diagnosticar o nível de degradação ambiental na bacia são portanto escassos sendo realizados na química ambiental e circunscritos em alguns pontos pré-determinados.

Os estudos referentes à análise ambiental no campo da Geografia dão ênfase principalmente a descrições e são igualmente apoiados em alguns pontos de verificação de campo e não na totalidade da bacia (CASSIANO, 2013; MACENA, 2016; ALVES *et al*, 2016). Mesmo que estes estudos se declarem integrados, acaba prevalecendo às descrições gerais das alterações e impactos advindos do processo

urbano sem aprofundar muito nas relações e interrelações de todos os aspectos da bacia.

Delimitação do tema

A presente pesquisa, portanto buscou entender algumas questões relevantes ainda pouco esclarecidas nos diversos estudos ambientais realizados dentre os quais estão: como se deu as principais mudanças ocorridas nos cursos da água da BHSR ao longo da formação urbana de Manaus? Qual o panorama atual da degradação ambiental na BHSR? Quais os tipos de impactos nos cursos fluviais são recorrentes? Qual tipo de uso da terra urbana apresenta maior potencial de degradação nos cursos fluviais da bacia e quais os cursos da água na bacia apresentam algum tipo de serviços ambientais e ecossistêmicos? Portanto, a pesquisa pretende de modo geral entender o que determina a vulnerabilidade e os riscos aos sistemas hídricos na bacia hidrográfica do São Raimundo frente aos diversos usos da terra e ocupações urbanas.

Assim, a relevância desta pesquisa está na possibilidade de partir da união de diferentes frentes de abordagem na busca de uma pesquisa efetivamente integrada. A análise integrada se fundamenta a partir da realização ao mesmo tempo de abordagens pontuais, lineares e espaciais. Pontuais devido a aplicação dos protocolos de avaliação rápida em pontos pré-selecionados em gabinete. Lineares devido à análise da caracterização e hierarquização dos trechos de canais fluviais fundamentada na metodologia de codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter e espaciais devido a análise advinda do cruzamento das áreas de contribuição da caracterização geomorfológica e hidrográfica com as classes de uso e ocupação da terra na BHSR.

Acima de tudo, a pesquisa irá buscar mostrar que a prevenção de riscos e a promoção dos serviços ambientais e ecossistêmicos de canais e áreas de preservação permanente de rios e nascentes somente será uma realidade com base no planejamento. Isto partirá de uma base de informações verdadeiramente integrada que somente será possível na escala da bacia.

A principal ideia da pesquisa é caracterizar a fisionomia da paisagem do sistema hídrico (igarapés, APPs e áreas de contribuição). Também como registro dos problemas ao longo dos canais fluviais da bacia como inundações, assoreamentos, poluição entre outros.

Sendo assim qualquer intervenção pelo poder público ou não que com o pretexto de resolver certo problema nos canais fluviais ao nosso entendimento passam aumentar ou transferir o mesmo ou ocasionando outros problemas ao longo do sistema hídrico da bacia do igarapé do São Raimundo.

Resumo dos Capítulos

O primeiro capítulo tem por objetivo apresentar as bases conceituais teóricas para a análise da fisiologia da paisagem. Os principais conceitos como: Paisagem, sistema hídrico, relevo, serviços ambientais e ecossistêmicos, a fim de caracterizar o quadro teórico em que a pesquisa está inserida.

No segundo capítulo serão apresentados a caracterização da fisionomia da paisagem da BHSR. Especificamente realizou-se o levantamento de dados de geomorfologia, da hidrografia e do uso e ocupação do solo da BHSR que geraram um conjunto de dados que fundamentou a análise da vulnerabilidade dos sistemas hídricos.

No terceiro capítulo os dados gerados no capítulo anterior foram analisados para fundamentar o mapeamento da vulnerabilidade dos sistemas hídricos (igarapés, APPs e nascentes) dos serviços ambientais e ecossistêmicos da BHSR.

OBJETIVO

Objetivo Geral

Analisar a fisionomia da paisagem atual, da Bacia Hidrográfica do igarapé de São Raimundo, considerando os parâmetros de vulnerabilidade para a perdurabilidade ambiental dos serviços ecossistêmicos do referido sistema hídrico.

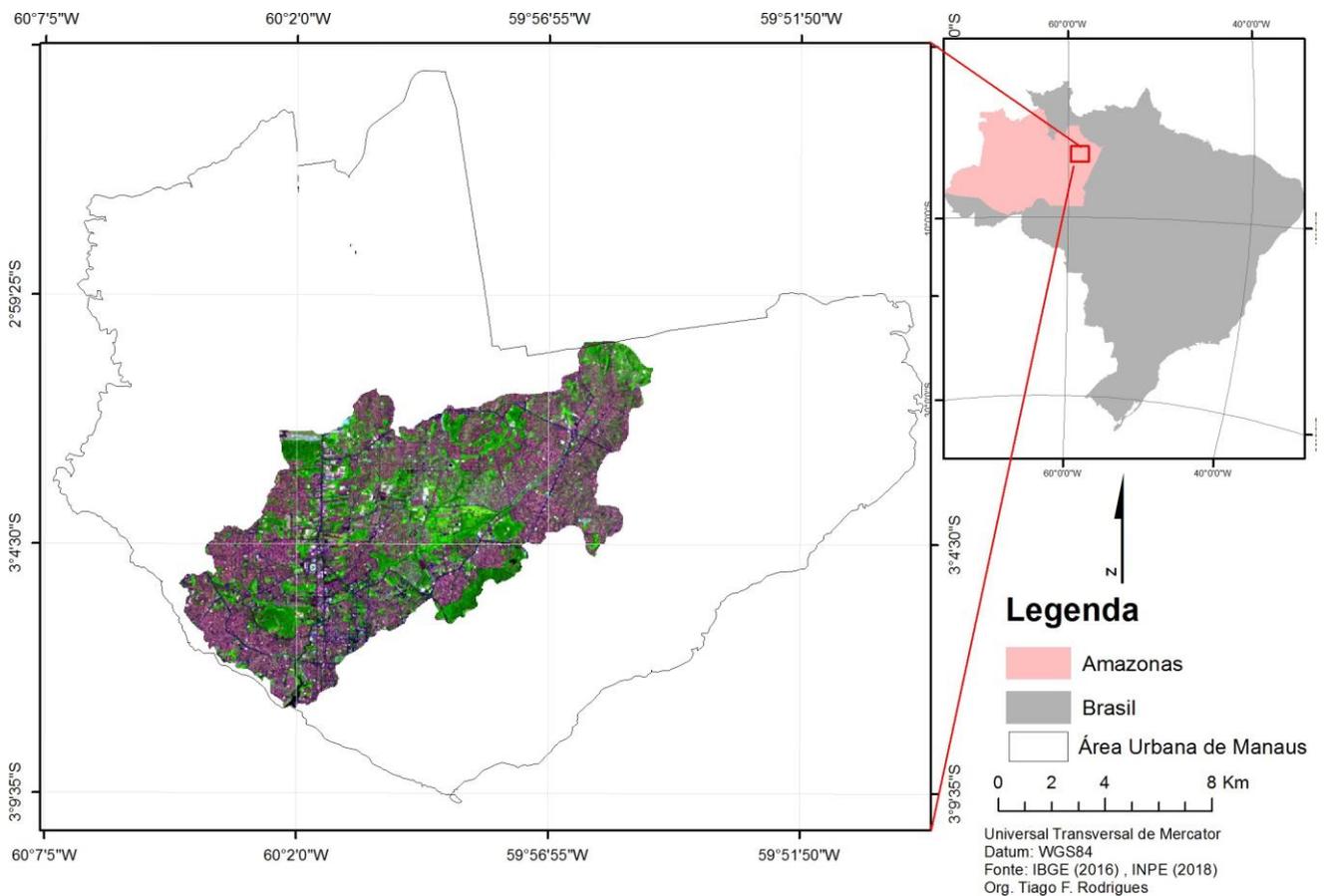
Objetivos específicos

1. Estruturar as categorias norteadoras para a análise da fisionomia da paisagem da hidrografia da Bacia do igarapé de São Raimundo;
2. Caracterizar os aspectos hidrogeomorfológicos da Bacia Hidrográfica do igarapé do São Raimundo e nelas as Áreas de Preservação Permanente e nascentes;
3. Investigar as vulnerabilidades nas Igarapés, Áreas de preservação permanentes e Nascentes na Bacia hidrográfica do igarapé de São Raimundo

ÁREA CONTEXTUAL DE ESTUDO

A Bacia do São Raimundo

A unidade contextual de estudo é o sistema hídrico denominado de Bacia hidrográfica do igarapé de São Raimundo. É uma das bacias hidrográficas que modela a cidade de Manaus no sentido aproximado de nordeste-sul conforme a **Mapa 1**.



MAPA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do igarapé do São Raimundo. Tiago Fonseca Rodrigues

A cidade de Manaus, por sua vez, faz parte da microrregião de Manaus e está incluída na mesorregião do Centro Amazonense (IBGE,2016). A área urbana de Manaus está entre as Coordenadas Geográficas Latitude: -3.10719, Longitude: -60.0261 3° e 6' 26" Sul, 60° 1' 34" Oeste.

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Universo da Pesquisa

Para cada etapa da pesquisa serão adotados procedimentos e análises específicas que resultarão em capítulos da dissertação conforme apresentado na Figura. A partir da complexa realidade dos problemas ambientais urbanos o estudo se desdobrará conforme já apresentado partindo do problema nas áreas dos canais fluviais buscando conhecer a dinâmica da vulnerabilidade na área da Bacia hidrográfica do São Raimundo na área urbana de Manaus.

Método Procedimental

O desenvolvimento da pesquisa teve início a partir dos seguintes dados:

- Base cartográfica vetorial – Bairros, arruamento e hidrografia disponibilizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAS);
- Série histórica de pluviosidade, umidade e direção do vento (Inmet) e regime hidrológico (ANA, CPRM);
- Base cartográfica vetorial – limites municipais, setores censitários, estradas, relevo, geologia e vegetação disponíveis pela plataforma do IBGE;
- Imagem de satélite do sistema Alos Palsar com data de aquisição em 09 de Janeiro de 2018. A imagem foi reprojeta para o sistema UTM datum WGS-1984 e possui quatro (4) bandas cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características espectrais da imagem Alos

Sensor	Banda	Faixa	Resolução	Características
AVNIR-2	Banda 1	0.42-0.50 μm	12,5 m	Radiômetro que opera nas regiões do visível e infravermelho, desenvolvido para mapeamentos temáticos em escalas de até 1:50.000, com ênfase em uso e cobertura das terras.
	Banda 2	0.52-0.60 μm		
	Banda 3	0.61-0.69 μm		
	Banda 4	0.76-0.89 μm		

Fonte: CNPM (2013).

- Dados morfométricos de elevação e declividade foram produtos oriundos da análise a partir do MDE da imagem Alos.
- Imagens de Satélites LANDSAT TM 5, adquiridas no ambiente on-line do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) dos anos 1984, 2001 e 2018;
- Para a geração e processamento dos dados utilizou-se o software ArcGis 10.1TM e QuantunGis.

Etapas e Procedimentos Metodológicos

1) Organização das pesquisas realizadas na BHSR.

Para a realização deste objetivo primeiramente foram levantados estudos posteriores a partir do tema desta pesquisa assim como pesquisas que tiveram como área de análise a Bacia do igarapé do São Raimundo. O levantamento teve por objetivo realizar um estudo da arte sobre o estágio das pesquisas em geografia e na temática ambiental sobre a área de estudo.

2) Leituras sobre Teoria da Complexidade e montagem do quadro teórico e categorias chave da pesquisa.

Nesta fase foi definido o quadro teórico metodológico que direcionou a pesquisa. Esse quadro teórico foi definido a partir da articulação das categorias de análise discutidas à luz dos aportes escritos por: Edgard Morin que tratam do Pensamento Complexo – [...] *a complexidade da relação ordem/desordem/organização se coproduziram, portanto simultânea e reciprocamente* (2016,p.76).

3) Caracterização geomorfológica da BHSR

A caracterização geomorfológica será realizada a partir de quatro parâmetros morfométricos. Primeiramente a partir do recorte dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) adquiridas da imagem Alos para a área da BHSR. Após este processo os dados serão reclassificados utilizando a técnica de reclassificação em ambiente de SIG. Os parâmetros que serão analisados são:

- ❖ Elevação - representa a variação da altitude de um determinado terreno, expresso em metros.
- ❖ Declividade numérica - é o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal, expresso em graus (°).

- ❖ Classe de declividade - é a classificação de uma determinada área em faixas de declividade. As classes de declividades serão geradas e reclassificadas em quatro intervalos distintos conforme metodologia adotada pela Embrapa (VALERIANO,2008) conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de declividade

Declividade (%)	Discriminação
0 - 3	Plano
3 - 8	Ondulado
8 - 20	Suave Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado

Fonte: Valeriano (2008)

- ❖ Forma de terreno - é a combinação entre a curvatura vertical (quando vertente observada em perfil) e a curvatura horizontal (quando observada em projeção horizontal) do terreno. Os dados serão obtidos em quilômetro quadrado (Km²) e em porcentagem (%).

4) Caracterização fluvial da BHSR

A caracterização fluvial da BHSR também será realizada a partir dos MDEs de onde serão extraídos a morfometria da bacia e o padrão de drenagem.

- Padrão de Drenagem e Morfometria

Para a obtenção das características morfométricas da Bacia hidrográfica do igarapé do São Raimundo serão adotados 4 parâmetros para análise. As fórmulas para obtenção dos parâmetros morfométricos foram baseadas em Christofolletti (1980), Teodoro et al (2007) e Tonello (2005).

Área (A) – é toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial incluindo os divisores topográficos, sendo expressa em quilômetro quadrado (Km²) (NOGUEIRA et al,2015);

Perímetro (P) – corresponde ao comprimento da linha imaginária que delimita a bacia (divisor de água), expresso em quilômetros (Km), (TONELO,2005).

Fator de forma (F) - relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da foz ao

ponto mais longínquo da forma da bacia (TEODORO et al 2007). O fator de forma foi obtido pela seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde F = Fator de Forma; A = área de drenagem e L² = comprimento do eixo da bacia.

Coefficiente de compacidade (Kc) - É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual à da bacia. Este coeficiente é um número adimensional e varia com a forma da bacia, quanto maior o Kc, mais irregular é a bacia e menor é a tendência a enchentes (TEODORO et al 2007). O coeficiente de circularidade foi calculado pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde, Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro e A = área de drenagem.

Índice de circularidade (IC) – o índice de circularidade assim como o coeficiente de compacidade varia à medida que a bacia aproxima-se a forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada (TONELO,2005), segundo a fórmula:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

Onde, IC = índice de circularidade; A = área de drenagem; P = perímetro.

Densidade Hidrográfica (Dh) - É a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica (NOGUEIRA et al,2015) onde foi calculada com base na equação:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Onde, h = é densidade hidrográfica; N= número de cursos da água e A = área de drenagem.

Densidade de Drenagem (Dd) - é representada pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água e a área ocupada pela bacia (NOGUEIRA et al,2015):

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Figura 1- Exemplo de codificação em Ottobacias. **Fonte:** ANA (2012).

Para determinar as áreas de contribuição de uma bacia, primeiro identifica-se o curso d'água principal. Essa determinação consiste em partir da foz da bacia e decidir, a cada confluência, qual o trecho de maior área de contribuição (PFAFSTETTER, 1989). Repetindo-se esse processo a cada confluência, vai-se agregando trechos ao curso d'água principal até o trecho mais a montante.

Tomando o curso d'água principal como referência, determinam-se os quatro tributários com as maiores áreas de drenagem. De jusante para montante, acrescentam-se os códigos 2, 4, 6 e 8 para essas quatro maiores bacias (PFAFSTETTER, 1989). As áreas restantes contribuem diretamente para o curso d'água principal e são denominadas interbacias. Os quatro tributários principais dividem o rio em cinco trechos. As áreas de contribuição de cada um desses trechos recebem então os dígitos ímpares 1,3, 5, 7, e 9 (PFAFSTETTER, 1989).

Ao contrário das bacias (propriamente ditas), que possuem certa uniformidade nos seus tamanhos, as interbacias possuem tamanhos amplamente variáveis. Isso ocorre porque, segundo a lógica da codificação de Otto, o tamanho das interbacias é proporcional à distância entre os tributários que a limitam (ANA, 2012).

O processo se repete até que os cursos d'água principais das bacias não possuam tributários, ou, até que as bacias correspondam a apenas um trecho de hidrografia (ANA, 2012). Uma vez dado o código à bacia, ou ottobacia, esse código pode ser utilizado para outras finalidades, dando origem a códigos derivados, tal como ocorre com os trechos de drenagem que recebem o código de sua ottobacia correspondente (ANA,2012).

3) Cruzamento das classes de uso e ocupação do solo com as Ottobacias e aplicação de protocolo de campo da BH do Igarapé de São Raimundo

5) Uso e ocupação do solo

O uso do solo é uma combinação de um tipo de uso ou atividade com um tipo de assentamento, edificação (DEÁK, 2001). O uso do solo é, portanto, o rebatimento da reprodução social no plano do espaço urbano. Esta combinação admite uma variedade tão grande quanto as atividades da própria sociedade. As categorias de

uso do solo são criadas principalmente com a finalidade de classificação das atividades e tipos de assentamento para efeito de sua regulação e controle através de leis de zoneamento, ou leis de uso do solo (DEÁK, 2001). Assim segue um esquema dos procedimento para a geração de dados do uso e ocupação da terra conforme **Figura 2**:

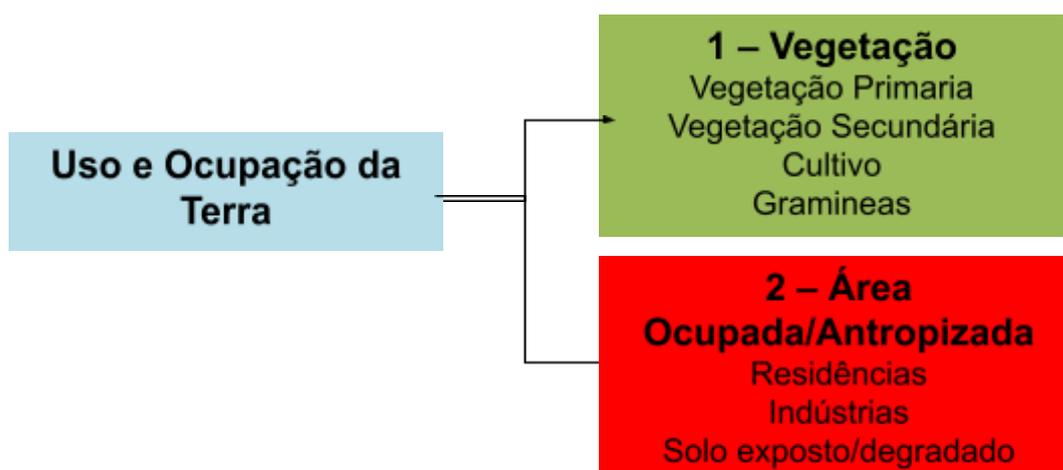


Figura 2 – Classificação de uso da tera na BHSR. **Elaboração:** Tiago Rodrigues

As categorias analisadas na BHSR foram duas: 1 – Vegetação e 2 – Área Ocupada/Antropizada conforme Figura 10. Na classe Vegetação se inserem outros subtipos como: Vegetação Arbórea, Vegetação não Arbórea, Cultivo e gramíneas. Na classe Área Ocupada/Antropizada contém alguns usos como residências, indústrias e solo exposto. Com relação a classe “Cultivo” foi identificada em análises das pesquisas sobre a BHSR a presença de atividades agrícolas ao longo de fundos de vale próximo das nascentes do igarapé do São Raimundo por (CONCEIÇÃO,2010; NASCIMENTO,2014).

6) Protocolo de Campo

O protocolo de avaliação de campo tem a finalidade de fornecer informações sobre a degradação ambiental que fundamentará a análise da vulnerabilidade e dos riscos a que estarão submetidos os sistemas hídricos da BHSR. A elaboração do protocolo teve fundamentação no Protocolo de Avaliação Rápida de Callisto (2002) e Rodrigues *et al* (2005) 15 parâmetros conforme a Tabela do Anexo I.

Com base em Callisto (2002) foram definidos 3 níveis de alteração para cada parâmetro: 10 pontos adequado; 5 pontos parcial; 0 alterado. De modo que a

somatória de cada parâmetro resultará em uma pontuação final que apresentará as condições de preservação e ecológicas de cada trecho do canal avaliado.

Os cursos de água pesquisados foram nos igarapés de primeira ordem de cada ottobacia. O cruzamento entre classe de uso, hierarquia fluvial e ottobacias possibilitou um diagnóstico ambiental mais abrangente.

7) Cartografia de vulnerabilidades na BHSR

Compilação dos dados de campo e análise da vulnerabilidade na BHSR todos os dados coletados em campo foram sistematizados em gabinete preferencialmente em tabelas e gráficos para análise da vulnerabilidade (Tabela 3).

Tabela 3 - Procedimentos para análise da vulnerabilidade na BHSR

Graus de Vulnerabilidade		Parâmetros
Vulnerabilidade	Alto	Mapeamento do uso do solo juntamente com dados do Protocolo de Campo.
	Moderado	
	Baixo	

Elaboração: Tiago F. Rodrigues

Também foi realizada a construção de diagramas e fluxogramas evidenciando as correlações entre os elementos da fisionomia da paisagem existente. Nesta etapa apresentou-se o resultado final dos impactos aos sistemas hídricos bem como o mapa de vulnerabilidade dos canais fluviais, APPS e nascente às pressões do uso e ocupação do solo. Após a interpretação e análise dos resultados.

Método de abordagem

Neste contexto, as abordagens de articulação dos dados coletados e analisados surgiram da lucidez do embasamento teórico, fundamentado nas obras de Edgar Morin, que trata do pensamento complexo.

Segundo o próprio Morin (2016 p. 51-52), *a primeira vista, o pensamento complexo é um fenômeno quantitativo, a extrema quantidade de interações e de interferências entre um número muito grande de unidades*, qualquer sistema que tenha a capacidade de auto-organização, um sistema vivo poderia combinar com uma quantidade muito grande de componentes, quer de moléculas num organismo celular, quer de células no organismo.

Com base nas premissas do pensamento complexo de Morin deve-se entender uma pesquisa como uma perspectiva de compreensão dos sistemas e aceitá-las, que nesse processo acontecem mudanças contínuas da realidade, não

pretendendo negar a multiplicidade, a aleatoriedade e a incerteza, mas sim conviver com elas. Nesse caso, o pensamento complexo nos leva a pensar de maneira dialógica, o que torna um desafio, mas, que ao mesmo tempo possibilita um novo olhar sobre o que se está pesquisando. Não é possível pensar a complexidade sem pensar de maneira dialógica. *É impossível pensar a sociedade reduzindo-a aos indivíduos ou à totalidade social; a dialógica entre indivíduos e sociedade deve ser pensada num mesmo espaço* (MORIN 2016,p. 36-37).

CAPÍTULO I

FISIONOMIA DA PAISAGEM E PENSAMENTO COMPLEXO

1.1 Categorias de Análise da Pesquisa Geográfica

A produção de um prognóstico da fisionomia da paisagem de uma bacia hidrográfica a partir da estrutura teórica do pensamento complexo é uma forma epistemológica facilitadora para os estudos ambientais. Desse modo este capítulo tem por finalidade a compreensão sobre a paisagem e às categorias de análise, que juntas darão uma visão da totalidade do objeto estudado nas quais são: Uso e ocupação do solo, relevo, igarapés, nascentes, áreas de preservação permanente, clima.

1.2 Paisagem uma categoria da Ciência Geográfica

A paisagem é a categoria da geografia que se apresenta mais próxima de cumprir a tarefa de sintetizar e revelar os processos naturais integradamente aos processos socioespaciais. A paisagem é mutável no tempo e possui diversas temporalidades seja da natureza seja da sociedade. Desse modo a Paisagem é antes de qualquer coisa um conjunto de formas herdadas das diferenciações que se estabelecem conforme as particularidades da relação entre sociedade e a natureza ao longo do tempo (AB'SABER, 2003).

Para Ab'Sáber (2003,p.09):

Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades. (...) Num primeiro nível de abordagem, poder-se-ia dizer que as paisagens têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente.

Santos (1996) entende a paisagem como um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais. É formado por frações de ambas, seja quanto ao tamanho, volume, cor, utilidade, ou por qualquer outro critério. A paisagem é sempre heterogênea, a vida em sociedade supõe uma multiplicidade de funções e quanto maior o número destas, maior a diversidade de formas e de atores. Quanto maior a

complexidade da vida social, maior é a diversidade de um mundo natural que nos faz endereçar a um mundo artificial.

Assim, a busca de uma abordagem integrada em geografia a partir do conceito de paisagem é de fundamental importância para a pesquisa. Esta categoria geográfica facilita contemplar as interações e conexões.

Interações e conexões tanto de processos naturais, e estes em relação aos processos sociais e econômicos sobretudo no viés do planejamento e da gestão dos territórios, capacitando para uma identificação e análise da estrutura e funcionamento biofísico do espaço geográfico no decorrer do tempo pelos seus níveis de alteração (SOUZA & PASSOS, 2009).

Ao longo da trajetória da geografia como disciplina acadêmica esta categoria incorporou a dualidade sociedade – natureza que marcou a disciplina até a segunda metade do século XX. Desse modo o surgimento da análise sistêmica e posteriormente do pensamento complexo representa um ponto de ruptura paradigmática nos estudos voltados para a natureza.

É então a partir da década de 1960 que decorreu a virada da Geografia Física, sobretudo para uma integração do conjunto da disciplina (GREGORY, 1992). Dentre vários autores Brunhes e Bertrand conseguiram sintetizar o papel da paisagem enquanto integradora dos processos socioculturais e de processos naturais

1.2.1 A Paisagem da sociedade humana

A ênfase do Homem como principal agente transformador da natureza e produtor de paisagens foi objeto de muitas reflexões na trajetória da geografia. Nesse sentido Carl Sauer (1998) recomenda um afastamento da paisagem natural e cultural.

Sauer (1998) identificou que a sociedade humana é a agente transformadora da natureza. Chegou a conclusão que existiria uma ação de duas naturezas: uma anterior e outra posterior a ação humana.

Para Claval (1999), a paisagem é humanizada não apenas pela ação humana, mas pelo modo de pensar dos seres humanos. Assim, ela passa a ser concebida como uma representação da cultura expressa no espaço produzido ao longo do tempo.

Brunhes (1962) conceituou a paisagem como o resultado do valor cultural da humanidade. Toda população humana que cobre a superfície terrestre, dotado de sinais visíveis e reveladores de sua presença. Estes refletem sua maneira de ser e sua capacidade de ação, interpretam e compreendem seu passado, e até permitem, às vezes, adivinhar seu próximo futuro. Para BRUNHES (1962, p.449):

[...] ao lado dos traços físicos das regiões terrestres, relevo e morfologia dos homens, curso de água e linhas das margens, nada do que é humano é tão importante, fixo e pertencente como o conjunto e a fisionomia das ruas e estradas, bem como das habitações das aldeias e cidades.

Há uma multiplicidade de paisagens advém das interações complexas do homem sobre o ambiente natural. Com emprego de técnicas culturais, transformando sistematicamente o espaço geográfico, as características fisionômicas das paisagens são heranças de um processo histórico-temporal, onde as impressões são marcadas pelas atividades na organização espacial por meio do trabalho humano.

Assim, reconhecer o valor cultural da presença das sociedades na superfície terrestre se torna relevante nos estudos de paisagem. Desse modo se faz cada vez mais necessária uma visão holística com vistas a compreender a inter-relação dada entre homem/cultura/natureza, por meio da relação de complexidade por meio da bacia hidrográfica urbana do São Raimundo.

1.2.2 A Paisagem da Natureza

Dentre vários conceitos construídos sobre paisagem em geografia física, o elaborado por Bertrand (2004) compreende melhor o sentido da paisagem como uma totalidade complexa (**Figura 3**). Para o autor a paisagem é:

“uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”.

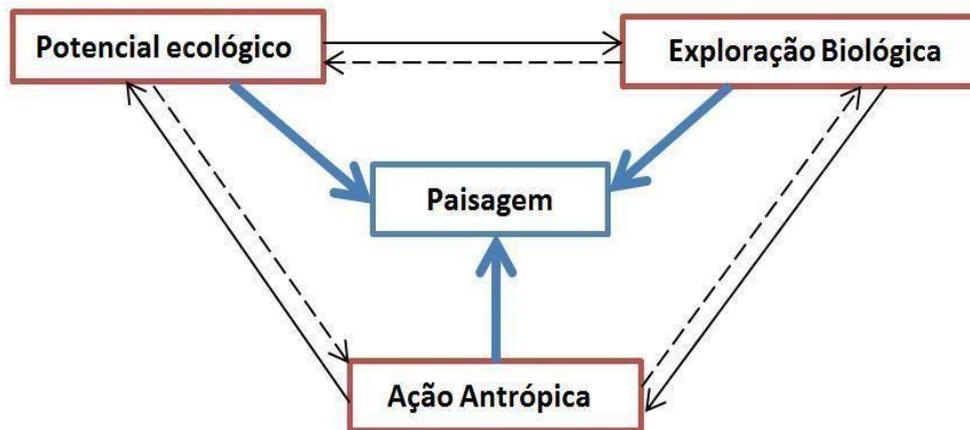


Figura 3 - Dinâmica da Paisagem. **Fonte:** Adaptado de Bertrand (2004).

Para o autor, a evolução da paisagem se daria a partir de um tripé onde se percorria todas as formas de energia complementares e antagônicas em relação dialética. Este tripé se constitui, portanto, do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica em relação dialética em todas as escalas da paisagem.

Assim o potencial ecológico se daria a partir do sistema geomorfológico pelo seu caráter dinâmico e bioclimático. A exploração biológica pela dinâmica biológica ao nível da cobertura vegetal e da camada de solos. Ela é determinada por toda a cadeia de relações ecológicas que se manifestam por meio dos fenômenos de adaptação, de disseminação, de concorrência entre as espécies e as formações vegetais entre outros (BERTRAND, 2004).

Já o sistema de ação antrópica a partir das operações socioeconômicas que têm muitas vezes um papel determinante, seja ativando ou desencadeando erosões, seja somente modificando a vegetação ou solo (BERTRAND, 2004).

Desse modo é preciso compreender toda a dinâmica e inter-relações entre os processos naturais e socioeconômicos na área urbana materializados na paisagem. A vegetação, por exemplo, em áreas urbanas poderia cumprir um papel relevante no controle de inundações, de processos erosivos e também no conforto térmico (SANTOS, 2007)

Conforto térmico em relação aos dias quentes da região contribuindo na redução do aquecimento demasiado da área urbana e a formação de ilhas de calor. Também para a proteção do solo em relação à erosividade das chuvas. A camada de solo sem proteção em grande parte da periferia recebe o impacto direto das

chuvas acelerando o aparecimento de ravinas e voçorocas devido a sua alta erodibilidade (SANTOS, 2007)

No controle de inundações, pois a vegetação retém uma grande quantidade de água na copa das árvores permitindo a lenta percolação da água para o solo até o freático. As áreas urbanas apresentam uma alta impermeabilização do solo a partir de asfaltamento e concreto e muito pouca vegetação. Isto leva ao rápido escoamento da água das chuvas para os fundos de vale onde se encontram o leito dos igarapés provocando as inundações (SANTOS, 2007)

O processo hidrológico de inundação é um fenômeno dinâmico e possui características específicas de energia, volumes de água e impacto destrutivo que podem causar danos às ocupações presentes nas áreas de domínio dos processos hidrológicos (SANTOS, 2007).

Nos igarapés da área urbana de Manaus, fundos de vale e leitos de igarapés foram ocupados com alterações nas suas margens, vegetação ciliar extinguida, assoreamento tudo isto contribui para desequilíbrio do sistema natural (COSTA,2008)

Portanto é a partir das conexões e correlações entre os elementos que se processa a evolução da paisagem, seja urbana ou natural que deve ser compreendida. E um dos conceitos chave para compreender os elementos das paisagens e suas inter-relações é o conceito de geodiversidade.

1.3. A Geodiversidade e paisagem como unidade de estudo

O conceito de geodiversidade constitui uma nova forma de se compreender a paisagem a partir da sua vertente biótica e abiótica. As primeiras formulações sobre este conceito tem origem na Geologia devido a aproximação desta com a temática ambiental (DANTAS et al, 2015).

A conceituação de *geodiversidade* é relativamente nova, tendo sido formulado e discutido a partir da década de 1990 e consolidado apenas nos últimos anos. A partir da elaboração do conceito às Geociências desenvolveram um instrumento de análise do meio físico da paisagem a serviço da preservação do meio natural e do planejamento territorial, podendo assim, avaliar os impactos decorrentes da implantação das distintas atividades econômicas sobre o espaço geográfico (DANTAS et al, 2015).

Na literatura internacional, a Geodiversidade tem sido aplicada com maior ênfase aos estudos de Geoconservação. Neste sentido, destacam-se os estudos destinados à preservação do patrimônio natural, tais como: monumentos geológicos, paisagens naturais, sítios paleontológicos, geossítios e geoparques entre outros.

1.3.1 O conceito de geodiversidade como suporte no estudo da fisionomia da paisagem

Vários autores têm procurado definir o conceito de geodiversidade. Enquanto, para alguns o conceito se limita ao conjunto de rochas, minerais e fósseis, para outros o conceito é mais amplo integrando mesmo as comunidades de seres vivos. Destacar-se-á a geodiversidade como suporte da fisionomia da paisagem nos termos do conceito formulado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com base nas proposições apresentadas anteriormente de acordo com Silva et al. (2008a, p.3):

[...] o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos, águas e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico”.

1.3.2 Pioneiros da consolidação do conceito de geodiversidade

Entre as referências publicadas em trabalhos científicos, Gray (2004) é que publica o livro *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Nessa obra mostra que a origem da *geodiversidade* surgiu por ocasião da Conferência sobre a Conservação Geológica e Paisagística em 1993, no Reino Unido. Para essa autora, a geodiversidade é uma abreviação de *diversidade geológica e geomorfológica*. Para Stanley (2002, p.8) geodiversidade:

[...] é a variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que produzem paisagens, rochas, minerais, solos e outros depósitos superficiais formadores do arcabouço que sustenta a vida na Terra”.

Stefan Koslowski desde a década de 1990 vem discutindo a definição da geodiversidade como a constituição dos aspectos sistemas naturais e a rede com os quais se integram com a sociedade humana. Em uma de suas publicações conjuntas (ALEXANDROWICZ Y KOZLOWSKI ,1999, p.41) foi enfatizado: a geodiversidade se

refere a parte mais externa da Terra, da litosfera, e se preocupa pela sua preservação, como forma de minimizar os impactos gerados pela sociedade humana, os quais poderão produzir degradação.

Geodiversity deals with the external zone of the Earth – the lithosphere, and focuses on the need of its preservation. Preservation consists in counteraction, prevention and eliminating the reasons for Geodiversity deterioration caused by human activity.

Cañadas e Flaño (2012), concordam com essa definição Kozlowski (2004), mas entenderam que os elementos de natureza abiótica da geodiversidade deveriam ser detalhadas. Assim, incluíram os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e topográficos, além de processos físicos na superfície da terra, nos mares e nos oceanos.

Estes últimos autores recordam que o termo *geodiversidade* já havia sido publicado na década de 1940 pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus. Na visão geográfica o objetivo era diferenciar áreas na superfície terrestre, considerando como parâmetro o mosaico das diversidades dos sistemas naturais e culturais.

A geodiversidade que será analisada neste estudo terá como premissa as obras de Kozlowski (2004) e Gray (2004). As referidas embasam o contexto abrangente do pensamento complexo de Edgar Morin e mais completo na visão geográfica: A geodiversidade faz a relação com o uso e ocupação da terra, tendo em vista, *referir-se à epigenosfera (a esfera externa da Terra), que juntamente com a parte inferior da atmosfera - a troposfera, forma um conjunto espacialmente complexo.*

1.3.3 Os elementos da geodiversidade como parâmetros para o estudo da fisionomia da paisagem

Dentre os elementos da geodiversidade, a geomorfologia, a vegetação, solo, clima, sistemas hídricos, fauna e, o uso e ocupação da terra e sistema hídrico serão os elementos analisados no estudo da Bacia Hidrográfica do Igarapé de São Raimundo.

A fisionomia da paisagem é a resultante espacial da interação das diversas variáveis do meio geobiofísico (relevo-rocha-solo-vegetação-fauna-uso da terra) que regula a distribuição das águas pluviais no domínio das encostas e fundos de vale e,

consequentemente, a dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos (intemperismo, erosão e deposição, enchentes pluviais urbanas e cheias fluviais excepcionais) em diferentes escalas espaço-temporais.

Os elementos que compõem a geodiversidade em equilíbrio gera um efeito e sem equilíbrio produz outros, considerando esses, possuidores de valores diversos dependendo de quem detém o *domínio*. A esse respeito, Gray (2004), aponta a geodiversidade com valores diversos, dentre os quais:

- a) **o valor intrínseco** ou **existencial** e/ou **valor utilitário** – complexo de mensura, considerando envolver as dimensões éticas e filosóficas entre os elementos do sistema ambiental (sociedade humana e os sistemas da natureza);
- b) **valor cultural** e/ou **patrimônio natural** – aquele atribuído pela sociedade humana de acordo com a importância social;
- c) **valor estético** de aspectos físicos dado a partir do impacto visual: formas de relevo nos diversos níveis escalares (rios, lagoas, cordilheiras, serras etc.);
- d) **valor econômico** – se refere ao valor mais objetivo, pois se volta exploração de mercado dependendo da natureza do produto (elementos geológicos: fósseis, rochas, minerais, sedimentos, turfas);
- e) **valor funcional** – é aquele onde os elementos da Geologia têm uma função nos sistemas (ambiental, físico e biológico).

A autora (GRAY, 2004), reconhece duas subdivisões de valores funcionais: 1) geodiversidade *in situ* recebe valores utilitários pela sociedade humana; 2) a geodiversidade tem um valor funcional, na medida em que fornece substratos essenciais, habitats, processos abióticos, os quais mantêm os sistemas físicos e ecológicos na superfície da Terra, promovendo a perdurabilidade da biodiversidade.

valor científico e educacional: a geodiversidade é muito rica e abre campos para a pesquisas, assim como servem como material didático em todos os níveis de ensino escolar.

Assim compreender as mudanças de usos decorrentes da substituição de um ambiente natural pelo incremento da pressão urbana é destacar a análise da fisionomia da paisagem como um instrumento de gestão ambiental e planejamento territorial.

1.3.4 Bacia hidrográfica: Sistema Hídrico e geomorfológico

As bacias hidrográficas são células naturais onde ocorrem fluxos de matéria e energia e onde se destacam processos em diferentes escalas. Teodoro et al (2007) relatam a semelhança entre vários autores na consideração deste recorte espacial,

Este recorte se dá a partir da área de concentração de determinada rede de drenagem. Conforme os autores, as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia), apresentam abordagens diferentes partindo do físico ao ecológico.

Botelho (1999) chama a atenção para a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as interações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua escultura.

Sobre microbacias, segundo Botelho (1999) não há um consenso nas dimensões de microbacias. No entanto, para fins de pesquisa e planejamento a microbacia deve abranger uma área suficientemente grande, para que se possam identificar as interrelações existentes entre os diversos elementos do quadro ambiental que a caracteriza e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis, respondendo positivamente à relação custo/benefício.

Na análise interna das bacias, a hierarquização de canais aparece como um parâmetro importante e inicial na caracterização das bacias. Coelho Neto e Avelar (2007) afirmam que a hierarquização dos canais é importante, pois revelam a estrutura ou arranjo interno do sistema de drenagem das bacias.

Conforme os autores também facilita a localização das cabeceiras de drenagem, ou seja, as áreas-fontes dos fluxos de matéria (líquida, sólida e/ou solúvel) que convergem das encostas para os canais de primeira ordem. As bacias de nível hierárquico superior (segunda, terceira, quarta ordem) revelam a articulação espacial do escoamento canalizado da bacia principal.

Com relação aos procedimentos metodológicos no estudo de bacias Albuquerque (2010) divide em duas fases a delimitação de bacias em: análise morfométrica citando como componentes a área de drenagem, comprimento da bacia, forma da bacia, densidade de rios e densidade de drenagem.

É na análise interativa onde se inserem os elementos topográficos como: inclinação do terreno, comprimento de rampa, forma da encosta e orientação de vertentes. Entretanto as atividades humanas, nas últimas décadas, vêm sendo intensificadas nas bacias hidrográficas e como consequência sobre os canais fluviais, o homem tornou-se um agente geomorfológico.

Cunha (2003) salienta que as obras e mudanças efetuadas diretamente nos canais, realizadas com mais frequência nas últimas décadas, têm acentuado as mudanças nos processos fluviais, em especial nas áreas urbanas. Além de existir a mudança natural dos leitos fluviais pela sua própria dinâmica, associado a este processo o crescimento urbano torna-se uma variável significativa para a transformação dos rios, os cursos d' águas urbanos têm sido transformados, perdendo suas características naturais.

Cunha (2003) menciona dois grupos de mudanças fluviais induzidas pela sociedade. O primeiro grupo refere-se a modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões ou para alterar a forma do canal imposta pelas obras de engenharia, visando estabilizar as margens, atenuar os efeitos das enchentes, inundações, erosão ou deposição de material, retificar o canal e extrair cascalhos.

Essas obras alteram de forma significativa a seção transversal, o perfil longitudinal do rio, o padrão de canal, entre outras modificações. O segundo grupo são as modificações indiretas que resultam das atividades humanas, realizadas fora do canal, mas que modificam o comportamento de descarga e da carga sólida do rio.

Estas atividades estendem-se para a bacia hidrográfica e estão relacionadas ao uso do solo. Podem ser citados os seguintes exemplos: a impermeabilização do solo, desmatamento e a urbanização, atividades que influenciam o sistema da rede de drenagem, por isso a importância de se ter projetos de recuperação de igarapés que contemplem a bacia hidrográfica na sua totalidade.

Estas obras de engenharia de intervenção de acordo com Canholi (2014) e Tucci (2011) são medidas estruturais que podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas.

As medidas intensivas são de quatro tipos: de aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas; de retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/retenção), restauração de calhas naturais; de desvio de escoamento:

túneis de derivação e canais de desvio; e que envolvam a introdução de ações individuais e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

As medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

1.4 Serviços ambientais e ecossistêmicos em meio a degradação urbana

1.4.1 Serviços ecossistêmicos

Dentre os vários fatores psicossociais do bem estar humano está a vivência em um meio ambiente saudável e equilibrado. Definitivamente os grandes centros urbanos de países em desenvolvimento possuem um ambiente bastante degradado e poluído havendo a necessidade de novas formas de trazer de volta a harmonia entre natureza e sociedade.

Uma das formas de restaurar a relação entre sociedade e natureza é a partir da valorização dos serviços ecossistêmicos. Os serviços ecossistêmicos se dão pelos benefícios que o homem consegue obter dos ecossistemas de forma direta ou indireta (TÔSTO,2012).

A provisão de serviços ecossistêmicos pela natureza é realizada a partir das funções ecossistêmicas que podem ser definidas como constantes interações entre os elementos estruturais, como: transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática, ciclo de água entre outros (TÔSTO,2012).

De modo geral, uma função ecossistêmica gera um determinado serviço ecossistêmico quando os processos naturais subjacentes desencadeiam uma série de benefícios, direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano (TÔSTO, 2012). Portanto há algumas funções que são aproveitáveis pelo homem e outras não. Há também funções que podem gerar mais de um serviço ecossistêmico. As funções ecossistêmicas também podem ser classificadas em: funções de regulação; funções de habitat; funções de produção e funções de informação (TÔSTO, 2012).

1.4.2 Serviços ambientais

Em relação aos serviços ambientais são realizadas a partir das atividades humanas que contribuem para a manutenção, recuperação ou melhoria dos serviços ecossistêmicos (TÔSTO, 2012). As sociedades são responsáveis por realizar serviços ambientais por meio do manejo dos sistemas naturais, mas não podemos realizar serviços ecossistêmicos - estes só podem ser feitos pela natureza. Dentre os

diversos exemplos, podem ser destacados: recuperação e manutenção da mata ciliar; construção de terraços; e recuperação de áreas degradadas.

1.4.3 Risco, Vulnerabilidade e gestão urbana

Partimos da ideia de que não há *riscos* nem *vulnerabilidades* em qualquer que seja as escalas, em ambiente rural ou urbano que não sejam socialmente construídas (WILCHES-CHAUX, 1993). O que há somente são processos da natureza - processos hidrológicos, atmosféricos, geomorfológicos que tiveram sua ecodinâmica alterada em sítios ocupados de forma multivariada por grupos socioeconomicamente desiguais (COSTA, 2012).

Tradicional campo de estudos entre os geógrafos físicos, o estudo dos *natural hazards* ganha força justamente no "despertar" para os impactos da ação humana sobre o ambiente (GREGORY, 1992). Conforme Marandola Jr & Hogan (2004) esse campo evoluiu justamente para uma ênfase nos aspectos territoriais (uso e ocupação do solo, urbanização, movimentos migratórios, densidade populacional, padrões de distribuição populacional no espaço entre outros) e em uma postura multidimensional e transescalar.

Desse modo, sendo o ambiente urbano plural as formas de análise da vulnerabilidade também devem ser, ou seja, a cidade entendida como expressão de *múltiplas vulnerabilidades* ou de uma *vulnerabilidade global* (WILCHES-CHAUX, 1993), conforme destacado no Quadro 1.

Quadro 1 - Aspectos da Vulnerabilidade Global

Física ou locacional	Refere-se à ocupação e ao adensamento populacional de áreas perigosas.
Econômica	Existe uma relação inversa entre renda per capita e o impacto dos fenômenos extremos, isto é, a vulnerabilidade aumenta com a pobreza.
Social	Baixa capacidade de uma comunidade de prevenir, mitigar ou responder a situações de acidentes.
Política	Refere-se à falta de autonomia de decisão em níveis regionais, locais e comunitários, além da falta de participação, impedindo uma maior adequação das ações aos problemas diagnosticados.

Técnica	Ligada às técnicas construtivas inadequadas de edificações e de infraestruturas básicas utilizadas em áreas de risco, sem as medidas devidas de preservação e estabilização.
Ideológica	Relacionada a concepções de mundo e do meio ambiente, em que passividade, fatalismo e prevalência de mitos podem limitar a capacidade de agir adequadamente frente aos riscos.
Cultural	Expressa pela identidade das comunidades sem cultura de autodefesa, sofrendo influência dos meios de comunicação, que freqüentemente levam à formação de imagens estereotipadas, transmitindo-lhes informações deturpadas.
Educacional	Está associada à ausência completa de programas de educação, desde a formal básica até os formadores de cidadania e de cultura de autodefesa.
Ecológica	Relaciona-se a modelos característicos de desenvolvimento e de ocupação do solo, que se fundamentam na dominação por destruição do meio ambiente.
Institucional	Aparece na obsolescência e rigidez das instituições, especialmente as jurídicas, onde prevalecem a burocracia e os critérios personalistas ou eleitoreiros.

Fonte: Wilches-Chaux (1993).

A definição da terminologia pretendida para a pesquisa se faz necessária por ainda haver bastante debate sobre os conceitos e definições. Nesta pesquisa foram adotados os termos de *Vulnerabilidade* (objeto da pesquisa), *Risco* e *Ameaça*. *Vulnerabilidade* e *Ameaça* são aqui entendidas como componentes do *Risco* (CARDONA, 2001). Desse modo, não é no Risco diretamente que se interfere, mas sim na Vulnerabilidade e/ou na Ameaça.

No entanto, como em muitos casos não se pode intervir na Ameaça (como no caso dos terremotos, furacões, erupções entre outros) para reduzir o risco, não resta alternativa a não ser modificar as condições de vulnerabilidade dos elementos expostos. Desse modo adotou-se as definições para os termos Vulnerabilidade, Risco e Ameaça com base em Cardona (2001) apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Definição de Vulnerabilidade, Risco e Ameaça

Vulnerabilidade	Fator de risco interno de um indivíduo, grupo social ou sistema, exposto a uma <i>ameaça</i> , correspondente a sua predisposição intrínseca a ser afetado ou de ser suscetível a sofrer danos.
Risco	Uma probabilidade de perigos, desastres, danos e catástrofes em diferentes escalas e impactos, afetando algum indivíduo ou grupo social, já que é imprescindível o elemento humano na caracterização do risco, caso contrário seria apenas um evento da natureza.
Ameaça	Fator de risco externo (de um indivíduo, grupo social ou sistema), representado pelo <i>perigo latente</i> de que um fenômeno geofísico ou social se manifeste em um lugar específico e durante um tempo de exposição determinado produzindo efeitos adversos às pessoas ou bens.

Fonte: adaptado de Cardona (2001)

A década Internacional de Redução de Desastres Naturais (IDNDR, 1990-2000), trouxe o debate sobre a problemática da vulnerabilidade e dos riscos para a agenda da gestão pública e urbana incorporando elementos para uma noção integradora das componentes sociais e dos processos naturais conforme alguns trechos destacados das *Diretrizes para Prevenção, Preparação e Mitigação de Desastres Naturais* (UNISDR, 1994), da Conferência Mundial sobre Redução de Desastres Naturais em Yokohama, Japão:

- A avaliação do risco é um passo indispensável para a adoção de medidas apropriadas para a redução de acidentes.
- A prevenção e a preparação para atuação em casos de acidentes são fundamentais para reduzir a necessidade de socorro a posteriori.
- A prevenção e a preparação para ação frente a ocorrência de acidentes devem ser partes integrantes das políticas de desenvolvimentos urbano, econômico e social
- As medidas preventivas são mais eficazes quando contam com a participação do conjunto dos atores sociais envolvidos.

- Os grupos sociais de menor renda, assentados em áreas com deficiência de infraestrutura e serviços públicos, são os que mais sofrem as consequências dos acidentes naturais.
- A vulnerabilidade pode ser reduzida com a aplicação de legislação e planejamento urbano específicos e modelos de desenvolvimento voltados à população em situação de risco.
- A vulnerabilidade pode ser reduzida por meio da educação para a prevenção.
- As grandes concentrações urbanas são particularmente frágeis frente aos acidentes naturais.
- Os Poderes Públicos têm a responsabilidade primordial de proteger sua população, infraestrutura e outros bens dos efeitos de acidentes naturais.

Entretanto, o que ainda se constata é uma fragilidade, uma vulnerabilidade política e institucional frente ao desastre em que se tornaram as cidades do ponto de vista ambiental (LAVELL, 2001). O poder público ainda segue dominado por projetos centralistas e tecnocráticos.

Na maior parte das vezes as soluções para resolver os problemas urbanos seguem caminhos ilusórios como na ideia de que obras de engenharia resolvem os problemas de processos erosivos, deslizamentos e inundações ou na transferência de moradores para outras áreas. Este modo unilateral e pragmático do tratamento em relação aos riscos urbanos, por exemplo, já comprovadamente ilusório, é muitas vezes indicado por “especialistas”.

A falta de uma adequada prática de participação política da população constitui uma das vulnerabilidades mais agudas que existem no que se refere aos problemas ambientais urbanos (LAVELL, 2001). Uma gestão urbana efetiva e necessária dos problemas ambientais também não deve se reduzir de um lado a incorporação de padrões genéricos de sustentabilidade urbana e de qualidade de vida, medidos por índices internacionais e nacionais, associados a uma certa "eficiência ecológica" das cidades (ACSELRAD, 2001).

De outro modo, uma gestão urbana não deve se situar ao planejamento estratégico e ao marketing das cidades, caracterizado pelo "pensamento único" um ambiente único: o dos negócios (MARICATO, 2000). Alternativamente deve-se enfatizar a necessidade do resgate do acúmulo de experiências e conhecimentos construídos pelos movimentos sociais em direção a parâmetros de diversidade

política e cultural e de justiça social para uma efetiva e democrática gestão urbana (MARICATO,2000).

1.5 O paradigma da Complexidade - a natureza da natureza - proposto pelo filósofo-epistemólogo francês Edgar Morin:

Segundo MORIN (2016), o pensamento complexo não é, de forma alguma, uma reflexão que expulsa a certeza com a incerteza, a separação com a inseparabilidade, a lógica para autorizar-se todas as transgressões. A démarche consiste, ao contrário, num ir-e-vir constante entre certezas e incertezas, entre o elementar e o global, entre o separável e o inseparável. Ela utiliza a lógica clássica e os princípios de identidade, de não-contradição, de dedução, de indução, mas conhece-lhes os limites e sabe que, em certos casos, deve-se transgredi-los.

Não se trata, portanto, de abandonar os princípios de ordem, separabilidade e lógica - mas de integrá-los numa concepção mais rica. O Paradigma da Complexidade pode ser enunciado em sete princípios fundamentais:

1. Princípio sistêmico ou organizacional - liga o conhecimento das partes ao conhecimento do todo. A ideia sistêmica, oposta à reducionista, entende que "o todo é mais do que a soma das partes". A organização do todo produz qualidades ou propriedades novas em relação às partes consideradas isoladamente: as emergências;
2. Princípio hologramático - (inspirado no holograma, no qual cada ponto contém a quase totalidade da informação do objeto representado): evidencia o aparente paradoxo dos sistemas complexos, onde não somente a parte está no todo, mas o todo se inscreve na parte;
3. Princípio do anel retroativo - rompe com o princípio de causalidade linear - a causa age sobre o efeito e este sobre a causa. Esse mecanismo de regulação permite a autonomia do sistema. O anel de retroação (ou feedback) possibilita, na sua forma negativa, reduzir o desvio e, assim, estabilizar um sistema. Na sua forma mais positiva, o feedback é um mecanismo amplificador;
4. Princípio do anel recursivo - supera a ideia de regulação com a de autoprodução e auto-organização. É um anel gerador, no qual os produtos e os efeitos são produtores e causadores do que os produz, implicando o fenômeno da "constância com mudança";

5. Princípio de auto-eco-organização (autonomia/dependência) - os sistemas são auto-organizadores quando se autoproduzem incessantemente e, através disso, despendem energia para salvaguardar a própria autonomia. Como têm necessidade de extrair energia, informação e organização no próprio meio ambiente, a autonomia deles é inseparável dessa dependência, e torna-se imperativo concebê-los como auto-eco-organizadores;
6. Princípio dialógico - deve-se conceber uma dialógica ordem/desordem/organização desde o nascimento do universo: a partir de uma agitação calorífica (desordem), na qual, em certas condições (encontros ao acaso), princípios de ordem permitirão a constituição de núcleos, átomos, galáxias e estrelas. Sob as formas mais diversas, a dialógica entre a ordem, a desordem e a organização, mediante inumeráveis inter-retroações, está constantemente em ação nos mundos físico, biológico e humano. A dialógica permite assumir racionalmente a associação de noções contraditórias para conceber um mesmo fenômeno complexo; e
7. Princípio da reintrodução daquele que conhece (sujeito) em todo conhecimento - opera a restauração do sujeito e ilumina a problemática cognitiva central - da percepção à teoria científica, todo conhecimento é uma reconstrução/tradução por um espírito/cérebro numa certa cultura e num determinado tempo.

1.6 O paradigma Holográfico de DAVID BOHM e KARL PRIBAM:

- O Paradigma Holográfico trabalha com o “Domínio Implicado”, também chamado de “Domínio de Campo” ou “Domínio das Freqüências Holísticas”, as quais transcendem fronteiras espaciais e temporais do domínio quadridimensional convencional da Física;
- o Domínio das Freqüências Holísticas implica uma autoconsciência global transcendental à nossa realidade espaço temporal objetiva;
- O termo “Holográfico” vem de Holografia, que é um método de fotografia sem lentes no qual o campo ondulatório da luz espalhado por um objeto é registrado numa chapa sob a forma de um padrão de interferência. E o holograma é esse registro fotográfico resultante. É o padrão de interferência registrado na chapa;

- quando o holograma é exposto a um feixe de luz coerente, como um laser, o padrão ondulatório original é regenerado e uma imagem tridimensional aparece;
- Como não há focalizador, isto é, lentes focalizadoras, a chapa tem a aparência de um padrão de espirais destituído de qualquer significado. Qualquer pedaço do holograma pode reconstruir a imagem inteira;
- “A parte está no todo e o todo está em cada parte – um tipo de unidade-na-diversidade e de diversidade-na-unidade” (WILBER,2003 p.8). Este é o ponto-chave do paradigma: a parte tem acesso ao todo;
- Outra questão-chave é a ideia de que “nossos cérebros constroem matematicamente a realidade ‘concreta’ interpretando frequências provenientes de outra dimensão, um domínio de realidade primária, significativa e padronizada, que transcende tempo e espaço convencionais da física. O cérebro é um holograma interpretando um universo holográfico.”(WILBER,2003, p.26);
- “no domínio explicado ou manifesto do espaço e do tempo, as coisas e os eventos são de fato separadas e discretas. Mas debaixo da superfície, por assim dizer, no domínio implicado, ou domínio das frequências, todas as coisas e eventos são, independentemente do espaço e do tempo, e intrinsecamente, unos e indivisos” (WILBER,2003, p.8);
- O Domínio Explicado - domínio de nossa “realidade” representativa, de nosso campo visual construído no viver. É o domínio da ordem explicada ou das aparências (domínio secundário/derivante);
- O Domínio Implicado - domínio subjacente fundamental e não captado pelo nosso campo visual. É o domínio da ordem implicada ou da matriz invisível e indivisível das essências (domínio primário/original);

- Ordem Implicada é diferente de Ordem Implícita. O verbo “implicar” deriva de *plicar*, que vem do latim e significa 'dobrar', que é um conceito-chave para DAVID BOHM. A Ordem Implicada carrega a idéia da existência de uma ordem interna, ou seja, uma ordem que se dobra para dentro; e a Ordem Explicada é o desdobramento para fora;
- A concepção de “dobrar”, de “dobramento”, é diferente da idéia de “envolver”, de “envolvimento”, pois, quando se diz “um sistema envolve outro”, significa “se aninha dentro do outro”, não ficando explícita a noção de padrão ou ordem interna, mas sim apenas de um “estado do sistema”, de caixas dentro de caixas; e
- Quando, entretanto, se diz “um sistema se dobra dentro do outro” significa ordem interna, ou seja, a existência de padrão em movimento ou holomovimento (campos ou domínios de frequências inseridos e interconectados).

1.7 O Pensamento Sistêmico Contemporâneo principais revisões conceituais

O Pensamento Sistêmico proposto pela Teoria Geral dos Sistemas – TGS (BERTALANFFY, 1975), apesar de ter revolucionado o método científico, participando da própria vanguarda da “nova ciência”, sofreu ao longo desses anos várias críticas e revisões conceituais, principalmente pela sua inserção no paradigma da complexidade proposto por MORIN.

O conceito de sistema, muito usado nas mais diversas áreas do conhecimento, é o de “um conjunto de elementos ou atributos e das suas relações, organizados para executar uma função particular” (CHRISTOFOLETTI, 1979). Tal concepção parte do princípio da funcionalidade do sistema e, por isso, tem como caracterização organizativa a relação entre estrutura, processo e função, podendo ser decomposta em elementos, relações, atributos, entrada e saída.

Dessa forma, a organização é muito mais um produto das relações do que a formadora/mantenedora destas. Prevalece a idéia de retroação (feedback, circuito de causa e efeito) em detrimento do princípio dialógico contido na idéia de recursão.

Segundo MORIN (2016), o princípio tem que ser organizativo e não funcional. Função é uma categoria imanente fundamental do mecanicismo, onde a tríade

“estrutura, forma e função” caracteriza o modo mecânico de pensar o mundo. A organização não é passiva e sim ativa, produzindo a dinâmica que a produz, indo além da retroação: a dinâmica sistêmica deve ser recursiva e dialógica, o que implicará a concepção de uma dinâmica não-linear recursiva (complexa), interativa e auto-organizadora dos sistemas naturais.

Tanto a visão fragmentária do mecanicismo como a visão holística da TGS ocultam não só a ideia de organização como, principalmente, seu caráter ativo, encobrendo o seguinte círculo recursivo conforme (MORIN, 2016,p.156; p.164).

“Os objetos dão lugar ao sistema. Em vez de essências e de substâncias, a organização; em vez das unidades simples e elementares, as unidades complexas; em vez dos agregados formando corpos, os sistemas de sistemas de sistemas.” (MORIN, 2016, p.156).

[...] A organização é um conceito crucial, o nó que liga a idéia de inter-relação à idéia de sistema. Saltar diretamente das inter-relações ao sistema, retroceder do sistema às inter-relações, como fazem os sistemistas que ignoram a idéia de organização ativa, é mutilar e desvertebrar o próprio conceito de sistema ... A organização liga, transforma, produz, mantém. Ela liga, transforma os elementos em um sistema, produz e mantém este sistema.”.

Já é bem conhecido por todos os pesquisadores o princípio da Teoria Sistêmica em que “o todo é mais que a soma das partes”, princípio este que se constituiu na contraposição mais significativa diante da fragmentação mecanicista: as propriedades essenciais, ou “sistêmicas”, são propriedades de um todo, que nenhuma das partes possui isoladamente.

As propriedades surgem (emergem) das “relações de organização” das partes, de uma configuração de relações ordenadas, isto é, em última análise, aquilo que convencionalmente denominamos de “parte” é apenas um padrão dentro da teia inseparável de relações.

Para o pensamento sistêmico, as relações são fundamentais e as fronteiras dos padrões discerníveis (“objetos”) são secundárias, porém, o exagero holista dissolveu a diversidade na/da unidade sistêmica.

A teoria sistêmica promoveu um novo tipo de reducionismo: a redução de tudo ao todo. E suscitou, por isso, várias críticas por parte dos estudiosos não sistêmicos, como HENRIQUE LEFF (2002, p.170;171), que diz:

“A redução do sentido e a especificidade dos conceitos que integra uma teoria, privilegiando suas homologias estruturais, como propõe a Teoria Geral dos Sistemas ... Essa racionalidade científico-tecnológica constitui um projeto oposto à produtividade do heterogêneo, ao potencial do diferencial, à integridade do específico e à articulação do diverso, que é fundamental à racionalidade ambiental.”

[...]“Dessa forma, inverte-se o processo neguentrópico fundado na complexidade, produtividade e criatividade das estruturas materiais constitutivas da matéria inerte, da substância viva e da ordem simbólica.[...]

[...]O pretendido ‘holismo’ se precipita em seu vazio ontológico antes de conseguir constituir-se num paradigma oníabragente, de alcançar seu ente totalizador, de se ver refletido em seu ser totalitário [...].”

Assim como, suscitou autocrítica no próprio seio dos pensadores sistêmicos como MORIN (2016), que nas suas reflexões propõe que os princípios da teoria dos sistemas superem qualquer tipo de reducionismo, seja pela supremacia das partes ou do todo, onde segundo MORIN, (2016, p.157):

“Além do ‘holismo’ e do reducionismo A Teoria dos Sistemas reagiu ao reducionismo, no e pelo ‘holismo’ ou a idéia do ‘todo’ ... acreditando ultrapassar o reducionismo, o ‘holismo’ operou de fato uma redução ao todo: de onde vem não apenas a sua cegueira sobre as partes enquanto partes, mas sua miopia sobre organização enquanto organização, sua ignorância da complexidade no interior da unidade global ... o todo não é tudo.”

Emerge, então, um princípio inusitado e revelador das transformações conceituais do pensamento sistêmico: “o todo, também, é menos do que a soma das partes”. Partindo de uma premissa não funcional e sim organizativo, a complexidade sistêmica ocorre na/pela convivência simultânea entre a “liberdade” das partes e a integridade do todo.

As partes, ao se inserir no todo, ganham qualidades que só emergem no circuito horizontal da síntese, mas também perdem outras apenas reveladas no processo vertical da análise. Qualidades novas emergem em todos os níveis do sistema. Na análise da molécula de água, por exemplo, observamos propriedades que são subtraídas quando se somam na unidade celular. O mesmo acontece quando um tipo climático local é inserido num contexto regional de observação. Daí o trocadilho, o todo é, ao mesmo tempo, mais e menos que a soma das partes.

CAPRA (2000, p.134,135) também revisa as proposições sistêmicas usuais e estabelece as seguintes características principais para o novo pensamento sistêmico:

- é processual contextual/ambiental - constrói explicações considerando o contexto ou o meio ambiente onde o evento/fenômeno se realiza, por isso diz-se que “todo pensamento sistêmico é pensamento ambientalista”;
- a inserção ativa do sujeito/observador no processo de conhecimento;

- a capacidade de deslocar a própria atenção de um lado para outro entre níveis sistêmicos - diferentes níveis sistêmicos representam níveis diferentes de complexidade. As propriedades sistêmicas de um determinado nível são denominadas “emergentes”, uma vez que emergem nesse nível em particular;
- Concebe o mundo como uma rede de relações que se estabelece considerando os seguintes critérios fundamentais de um sistema, abaixo delineados.

- Padrão: a incorporação/configuração de relações que determinam as características essenciais do sistema, ou seja, determinam a organização sistêmica;
- Estrutura: a incorporação física de organização do sistema (componentes + relações); e
- Processo: a dinâmica envolvida na incorporação contínua do padrão de organização do sistema.

Também refutando a categoria “função” como uma busca essencial ao entendimento sistêmico, CAPRA dá ênfase ao “padrão de organização” como aspecto principal do conhecimento da natureza. O padrão de organização como foco sistêmico não só está em consonância com a nova percepção científica, como também possibilita maior revelação da complexidade sistêmica inerente a toda dinâmica natural onde CAPRA,(op.cit, 76,77):

“Para compreender o fenômeno da auto-organização precisamos, em primeiro lugar, compreender a importância do padrão [...] O estudo do padrão tem importância fundamental para a compreensão dos sistemas porque as propriedades sistêmicas [...] surgem de uma configuração de padrões ordenados. Propriedades sistêmicas são propriedades de um padrão. [por exemplo] O que é destruído quando um sistema vivo é dissecado é seu padrão. Os componentes ainda estão lá, mas a configuração de relações entre eles – o padrão – é destruído, e desse modo o organismo morre.”

De fato, o que existe é uma relação de pertencimento mútuo entre as partes e entre elas e o todo, visto que as partes e o todo existem um por meio do outro. As partes são padrões emergentes/observáveis, gerados pela integralidade dinâmica recursiva envolvente (o todo). Assim como o todo é um padrão de organização dinâmico e integral, que só existe por meio do inter-relacionamento recursivo das partes envolvidas: os padrões se envolvem uns nos outros, consistem uns nos outros, mas mantendo suas identidades como partes e como todo.

Como vemos, a Teoria dos Sistemas, que serviu como fundamento na constituição metodológica da ciência contemporânea, hoje se transforma e se recria nos e pelos paradigmas que ajudou a criar, adquirindo uma racionalidade mais complexa e dialógica, um suporte teórico com maior capacidade crítica, analítica/sintética e operacional.

Essa auto-renovação do pensamento sistêmico projeta-o, mais uma vez, como o melhor instrumento teórico-metodológico para a compreensão científica da natureza macroscópica, principalmente dos sistemas naturais de ordem geográfica e ecológica/ambiental, tais como os sistemas hídricos

CAPITULO II

A PAISAGEM DA GEODIVERSIDADE DA BACIA

HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO

A BH do igarapé de São Raimundo apresenta configurações espaciais, territoriais e paisagísticas, diferenciadas em sua área de ocorrência, verificadas nas áreas do alto, médio e baixo curso. Estas diferentes configurações geográficas da BH estão ligadas ao processo histórico do modo de ocupação que ocorreu na cidade de Manaus.

Situada na área urbana da cidade de Manaus a referida bacia hidrográfica (Igarapé de São Raimundo) modela 28,76 % desse sítio urbano. Nela, o uso e ocupação da terra é distribuído em 34 bairros limitados de montante a jusante. Ressalte-se, 23 estão na totalidade dentro do território desse sistema hídrico e 11 bairros, ocupam de forma parcial, possuindo uma área de 66,02 km² (CASSIANO,2013)

2.1 Aspectos geológicos

O sítio urbano de Manaus está inserido no contexto geológico da bacia sedimentar amazônica (**Figura 4**) composta por uma subdivisão de bacias que delimitam-se por arcos estruturais. Esta área é subdividida em bacia do Acre, bacia do Solimões, bacia do Amazonas e bacia do Marajó (SILVA, 2005).



Figura 4 - Bacia Geológica do Amazonas. **Fonte:** Silva (2005).

Desse modo a bacia Paleozóica do Amazonas na qual está inserida o sítio urbano da cidade é uma bacia intracratônica formada em uma depressão dentro da

plataforma continental, com cerca de 500.000 km², na porção norte do Brasil (SILVA, 2005). Portanto a bacia do Amazonas tem como limites os arcos de Purus (direção N-S) e Gurupá (direção NNW-SSE), respectivamente a oeste e leste, que a individualiza das bacias do Solimões e Marajó. Nela estão inseridas sequências sedimentares continentais, marinhas, marinhas rasas e fluviais, e rochas intrusivas, cujo ciclo de sedimentação encerrou-se no Cenozóico (SILVA, 2005).

A superfície da Bacia é composta em grande parte por duas unidades morfoestruturais que se destacam: a Formação Alter do Chão (**Figura 5**), de idade Cretácea/Terciária, representada por uma grande variedade de arenitos e argilitos, incluindo caulins; e os depósitos fluviais holocênicos do Quaternário, situados sobre essa formação. Os arenitos da Formação Alter do Chão apresentam granulação fina a grossa, coloração branca, rósea, vermelha e cinza-claro, grãos subarredondados e arredondados, às vezes conglomeráticos e concreções lateríticas e no caso em particular de Manaus, predomina o Arenito Manaus (RADAMBRASIL.1978).



Figura 5 - Arenito Manaus. **Fonte:** Silva (2009)

O Arenito Manaus é descrito como horizontalmente acamado, duros, maciços, coloração esbranquiçada a avermelhada, quartzosos e com granulação fina a grossa que afloram na cidade de Manaus e em pontos à margem do Rio Negro. Esse arenito é bastante utilizado como brita e blocos de pavimentação na construção civil (RADAMBRASIL,1978).

O sítio urbano da cidade compõem um sistema de falhas e fraturas por onde se desenvolveram os principais cursos fluviais organizando as bacias hidrográficas da área urbana e estruturando a paisagem local.

O conjunto de falhas descritas abrangem principalmente as direções NE-SO que estruturam respectivamente a orla da área urbana de Manaus com margem para o rio Amazonas, o igarapé do Quarenta e o igarapé do Mindú; NO-SE que estrutura a orla da área urbana com margem para o rio Negro; E-O que estruturam os principais afluentes da margem esquerda do Rio Taruma-Açu como o igarapé da Bolívia e a direção S-N com os rios Puraquequara e Taruma-Açu.

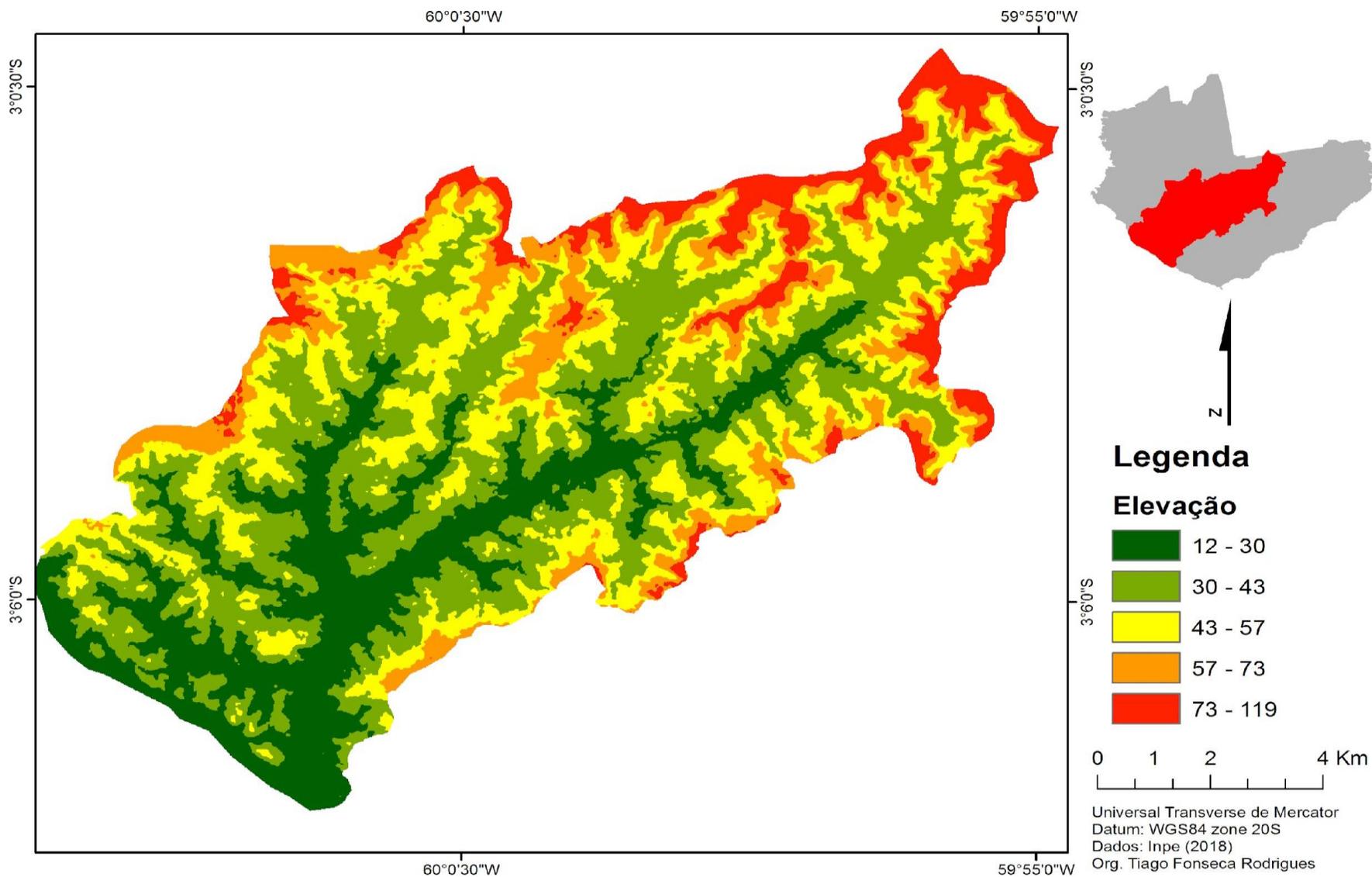
Em estudo realizado acerca dos processos erosivos na área urbana de Manaus, Vieira (2008) concluiu que mesmo com a equivalência entre a direção de algumas incisões erosivas com os principais lineamentos estruturais de Manaus não necessariamente as incisões da cidade apresentam controle estrutural, ainda que a análise das falhas seja um importante fator no estudo dos processos erosivos.

2.2 A Caracterização geomorfométrica

Na análise do relevo na BHSR a elevação constitui elemento importante na caracterização ambiental da bacia. No **Mapa 2** é possível observar a distribuição da elevação com uma elevação mínima de 25 metros junto a orla do Rio Negro.

A partir deste ponto a cota altimétrica vai aumentando até chegar na elevação máxima por volta dos 100 metros nos terrenos entorno a Reserva Adolpho Ducke. É notável o retalhamento do relevo em virtude da grande densidade de canais de drenagem. A dissecação é bastante vigorosa em todo o sítio urbano da cidade porem na BHSR é mais elevada na porção ao norte.

Desse modo foram identificadas quatro classes de desnível altimétrico que contribui para a interpretação do significado geomorfológico da BHSR. O compartimento com altimetria entre 25 e 35 metros abrange os terraços fluviais, terraços erosivos e planícies de inundação, fundos de vale.



MAPA 2 - Distribuição da Elevação na Bacia do Igarapé do São Raimundo. Tiago Fonseca Rodrigues.

O segundo desnível com compartimento altimétrico entre 35 e 75 metros reúne as áreas constituídas por interflúvios tabulares dissecados com topos convexos e de baixa declividade. A área ao norte da bacia corresponde ao compartimento da área de estudo com desnivelamento altimétrico acima de 80 metros e é composto essencialmente por interflúvios tabulares e com alta declividade.

Assim a elevação por não se apresentar de modo igual em todas as áreas indica quais setores que podem ser potencialmente mais fragilizados por intervenções urbanas. É interessante notar também que boa parte das principais vias da cidade se estrutura nas áreas mais “planas” do sítio urbano, que são os topos de tabuleiro ou fundos de vale indicando a valorização dessa compartimentação do relevo local.

As variáveis de elevação e declividade e forma de vertentes constituíram a análise do relevo da área de estudo. Para elevação constatou-se uma altitude máxima de 119 metros e mínima de 12 metros. As maiores declividades estão localizadas em áreas próximas às nascentes e tributários do igarapé principal. Analisando a bacia na escala em estudo, percebem-se diferenças existentes com relação às classes de declividade. Na tabela a seguir são identificadas a distribuição das declividades (%) em 5 classes para a Bacia Hidrográfica do São Raimundo.

Tabela 4 - Graus de Declividade na BHSR

Graus de Declividade	Classes de declividade (º)	Área (%)
Muito Fraca	< 2,5	36,52
Fraca	2,5 - 6	41,34
Média	6 - 15	21,34
Forte	15 - 25	0,78
Muito Forte	> 25	0,02

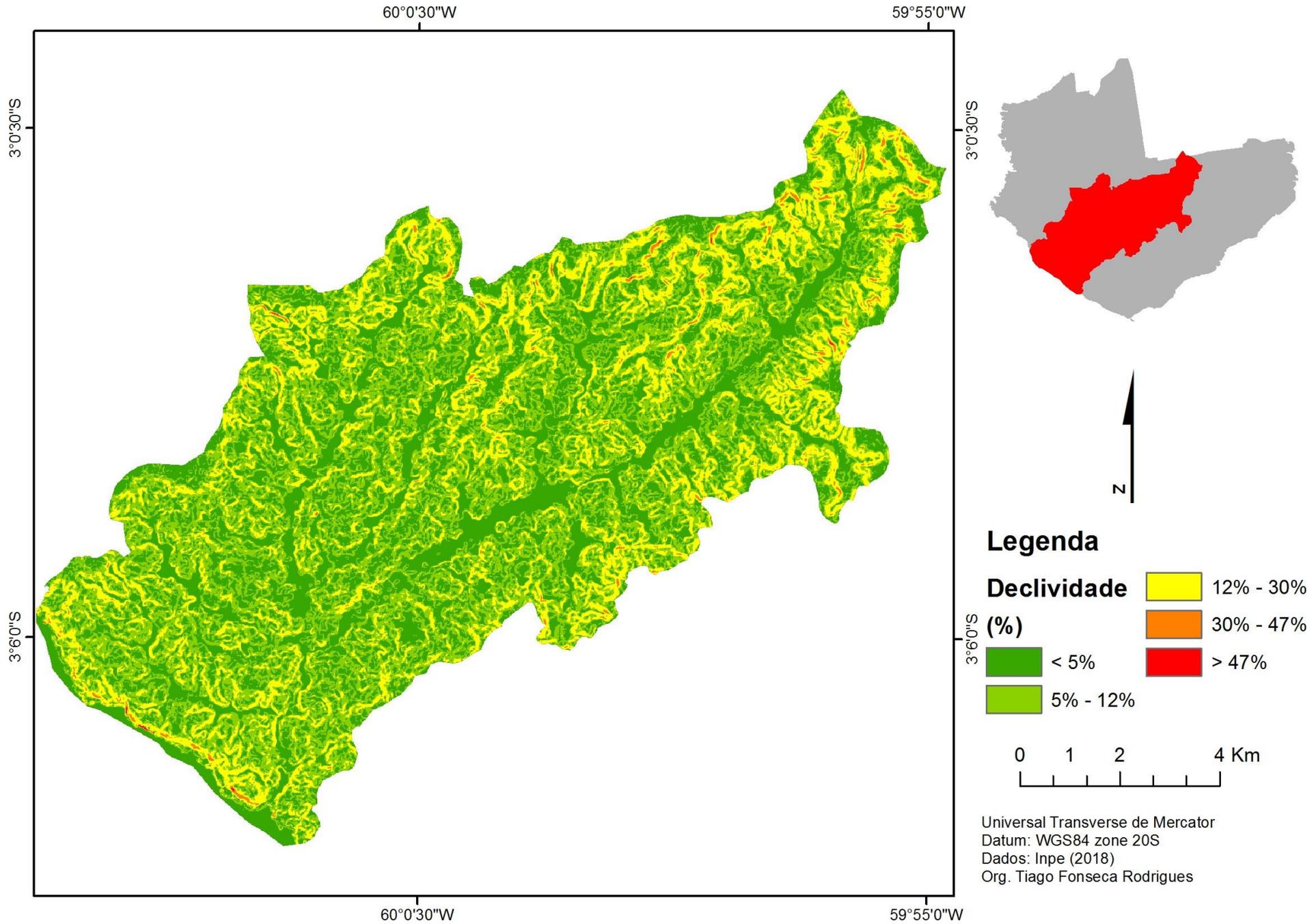
Elaboração: Tiago Fonseca Rodrigues

Os dados revelam um panorama da declividade na bacia. É possível notar que a classe de 2,5 a 6º de declividade é a mais representativa na área da bacia com cerca de 41% da área total, indicando que uma significativa porção de área está sobre o grau de declividade fraca.

No entanto, esta classe e a classe que representa a declividade com < 5º contém às áreas planas como os fundos de vale, áreas inundáveis de igarapés e

topos de colinas (**Mapa 3**). Esta constatação pode indicar que grande parte da bacia tem risco natural de inundações e alagações mostrando a importância da conservação e manutenção dos sistemas hídricos da bacia.

Assim, diante da caracterização o uso de dados geomorfométricos podem contribuir para a gestão de áreas críticas como as áreas vulneráveis. As informações derivadas dos parâmetros morfométricos ou associadas a estes são de grande valia à gestão ambiental. Esses parâmetros na medida em que fornecem referenciais básicos para o conhecimento dos sistemas ambientais em questão dão subsídio para um melhor direcionamento das ações de planejamento.



MAPA 3 - Distribuição da declividade na Bacia do São Raimundo. Tiago Fonseca Rodrigues.

Foram analisadas também as formas de terreno e curvaturas vertical e horizontal na Bacia Hidrográfica do São Raimundo. Essas análises foram realizadas a partir dos resultados de Marinho & Silva (2016) que analisaram as formas de terreno e outros parâmetros das sub-bacias do igarapé do Mindú e dos Franceses para estudos das ocorrências de deslizamentos e inundações.

Assim as classes de relevo que ocupam maior área na bacia tanto no Mindú quanto nos franceses são do tipo a Suave Ondulado (Tabela 5). As classes que representam as menores áreas nas duas sub-bacias são do tipo Plano, ambas com 2% das respectivas áreas das sub-bacias.

Tabela 5 - Declividade em classes e Forma de terreno na BHSR

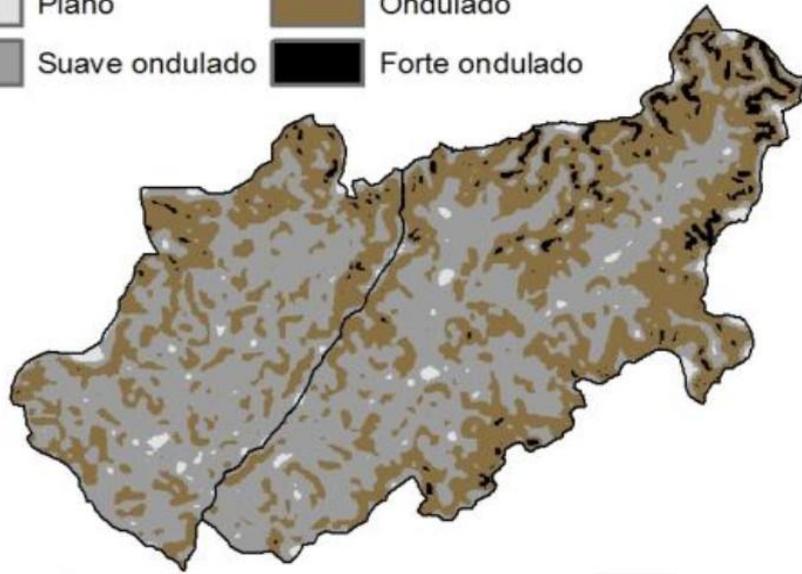
Variável	Classe	Area da Bacia (%)	
		Bacia Mindú	Bacia dos Franceses
Declividade (classes)	Plano	02	02
	Suave Ondulado	50	61
	Ondulado	44	36
	Forte Ondulado	04	01
Curvatura Vertical	Muito côncavo	37	33
	côncavo	14	15
	retilineo	09	10
	convexo	11	14
	Muito convexo	29	28
Curvatura horizontal	Muito convergente	23	24
	convergente	19	20
	Planar	17	17
	Divergente	19	17
	Muito Divergente	22	22

Fonte: Marinho & Silva (2016)

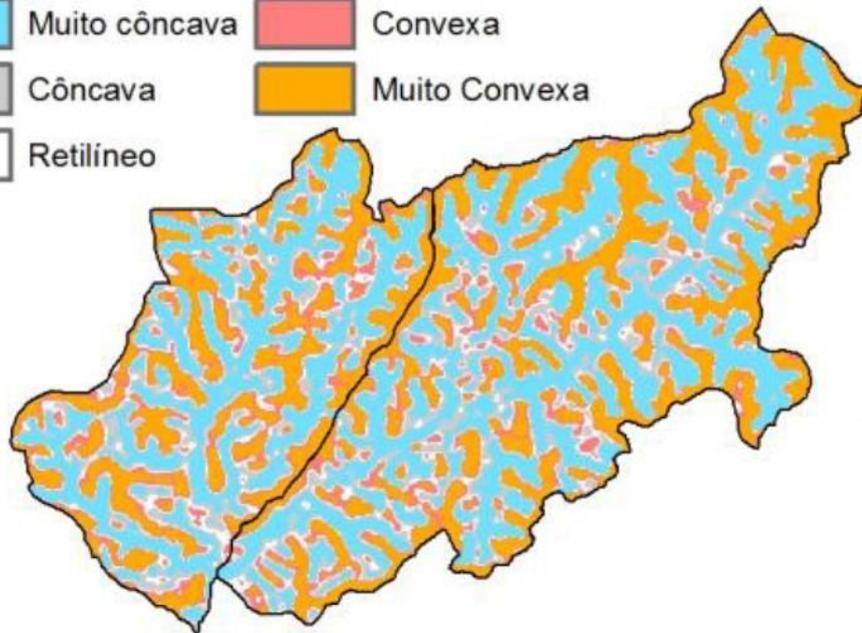
Foi possível notar que apesar de pouco representativas na bacia, as maiores declividades (20 – 45 %) representam cabeceiras de drenagem de pequenos tributários do igarapé do Mindú e Franceses.

Os dados relativos à forma de terrenos apresentam também os parâmetros de curvatura vertical e horizontal do relevo. Na bacia os dados mostram maiores valores para a curvatura horizontal na classe muito convergente e na curvatura vertical a classe muito côncava. Os mapas da **Figura 6** apresenta a distribuição espacial destes parâmetros nas sub-bacias.

Declividade classes



Curvatura vertical classes



Curvarura horizontal classes

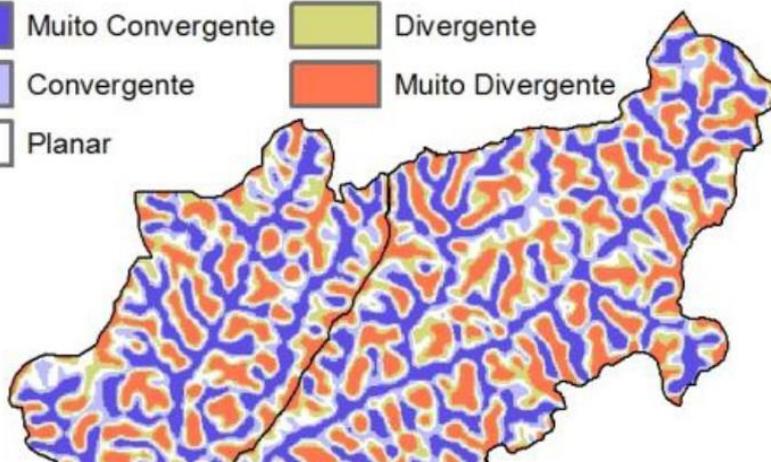


Figura 6 distribuição espacial de curvaturas e declividade do relevo. **Fonte:** Marinho & Silva (2016)

2.3 Características do Clima

A partir de sua localização na porção central da Amazônia, o clima de Manaus caracteriza-se como equatorial quente e úmido. A região encontra-se nos limites do domínio equatorial úmido, sendo controlado pelas oscilações da zona de convergência intertropical, a ação dos alísios e as áreas de baixas pressões (FISCH;MARENGO;NOBRE, 2010). Os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, revelam que a cidade possui uma precipitação média superior a 2.000 mm/ano conforme **Figura 7**.

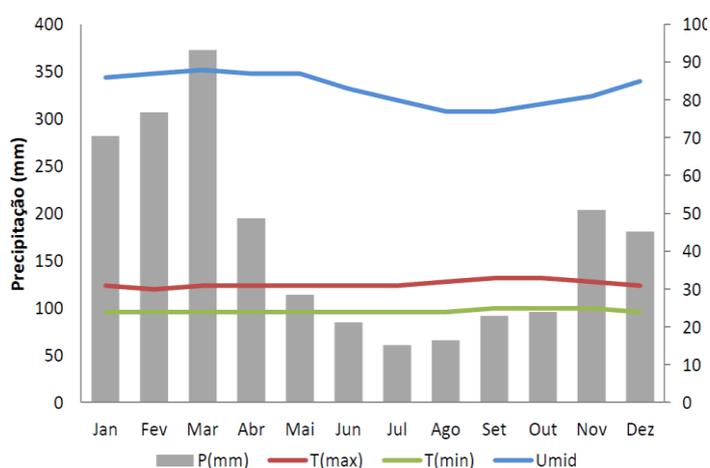


Figura 7 - Climograma de Manaus. **Fonte:** Inmet.

Na série histórica entre 1980 e 2017, nota-se que o período chuvoso inicia-se em novembro e intensifica-se de janeiro a abril, tendo o máximo observado em março, quando se registra médias superiores a 350 mm/mês, enquanto que o período com baixos índices inicia-se em maio e alcança a mínima durante o mês de julho/agosto, quando se registram valores em torno de 60 mm/mês.

Desse modo o período de alta pluviosidade inicia nos meses de Novembro atingindo seu pico no trimestre de Janeiro-Fevereiro-Março (JFM) apresentando valores de precipitação superiores a 900 mm na parte oeste e central da Amazônia. Esta elevada atividade convectiva está associada com a posição geográfica da Alta da Bolívia que atua como uma “tampa de panela” sobre estas regiões da Amazônia nestes meses.

A convergência de nuvens carregadas de umidade sobre a influência da Alta da Bolívia dá forma à Massa Equatorial Continental – mEc. Essa massa de ar carregada de umidade e possuindo alta temperatura é responsável pela incidência de fortes chuvas nos meses de março e abril sobre a região da Amazônia Central, deixando em alerta os moradores de áreas de risco em Manaus quando não são surpreendidos por deslizamentos ou alagamentos repentinos. Entretanto, no trimestre Julho-Agosto-Setembro (JJA) desenvolve-se a baixa atividade convectiva, devido o centro de máxima precipitação deslocar-se para o norte sobre a América Central.

Nesse período, a região Amazônica, principalmente na parte central, está sobre o domínio do ramo descendente da Célula de Hadley, induzindo um período de seca característico. Assim a precipitação na região é composta 50% por água evaporada localmente e 50% pela umidade vinda do oceano atlântico pelo fluxo atmosférico ventos alísios da Zona de Convergência Intertropical a ZCIT (FISCH et al, 2010).

A temperatura média compensada anual da área urbana de Manaus fica em 26,7°C, com média das máximas em 31,5°C e médias das mínimas em 24,2°C. As temperaturas médias compensadas mais altas do ano para a área urbana de Manaus ocorrem nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, enquanto as temperaturas médias compensadas mais baixas são registradas nos meses de fevereiro e março, ambos com 24°C.

A temperatura apresenta uma pequena variação nas médias anuais que fica entre 25,6° C e 27,6° C demonstrando ser bastante elevada. A temperatura máxima absoluta fica em torno de 38° C, a mínima perto dos 17° C e a umidade relativa fica em torno de 84% (média anual). As maiores umidades relativas foram observadas nos meses de Fevereiro a maio (média de 87%) e as menores nos meses de agosto e setembro com 77%.

2.4 As características fisiográficas fluviais da BHSR

A área urbana de Manaus é composta por um emaranhado e labiríntico de igarapés que integram a paisagem urbana de Manaus. Ab'Sáber (2004), analisando o sítio urbano da cidade identificou que os igarapés de Manaus possuem de 7 a 12 metros de barranca lateral.

Segundo o autor os igarapés estão encaixados em vales que variam entre 30 a 100 metros e separam vários blocos urbanos constituindo-se como divisor natural de inúmeros bairros que se formaram na periodicidade da consolidação da cidade.

O referido autor identificando algumas características fisiológicas descreve os igarapés na cidade como um baixo vale afogado pela sucessão habitual das cheias do Rio Negro na foz, tratando-se de rias de água doce¹ (**Figura 8**).



Figura 8 - Aspecto da ria fluvial do igarapé do São Raimundo na cheia. **Fonte:** Aldemir Bispo (Julho/2011).

Os canais fluviais possuem uma ecodinâmica própria e que ao custo da constituição dos usos urbanos foi alterada (SANTOS, 2007). Sendo assim, alterada pela urbanização os igarapés recebem muito mais água devido a impermeabilização do solo, bem como todo o lixo que recebem se tornando obstáculos e contribuindo para inundações e do assoreamento provocado por construções nas margens e desmatamentos (**Figura 9**). Essa dinâmica atual dos igarapés urbanos contrasta totalmente de sua característica natural pela qual foi designado o nome *igarapé* pelos indígenas, conforme Andrade (1956, p. 3):

O nome de igarapé deu-o ele a água que não corre, contida embora em calha definida, ou corre apenas frouxamente, de modo a ser tão fácil ao remador 'subir' como 'descer'. Não seria de presumir, por parte do selvagem, a utilização do termo igarapé a guisa de metáfora, quando

¹ Assim como o termo falésia fluvial, o termo ria fluvial foi denominado por Pierre Gourou (1949), o primeiro, para indicar feições de margem de rio escarpadas e o segundo para referir-se à desembocaduras de rios em forma de "lago

havia razão prática e específica para chama-lo assim. Um conceito pois de caminho correspondido a quase imobilidade da água na secção inferior afogada desses vales.

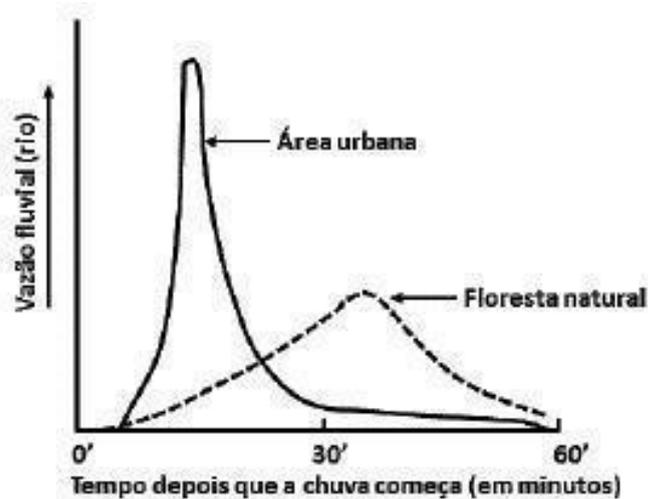


Figura 9 - Comportamento da vazão de um rio urbano e não urbano. **Fonte:** Drew (2005).

Uma das consequências provenientes da cobertura do solo pela urbanização é identificada no comportamento das vazões dos rios. Nas áreas urbanas é preciso pouco tempo de chuva para que os rios atinjam vazões máximas, ocorrendo como consequências formas mais rápidas e destrutivas de inundação ou de “enxurradas urbanas” (SANTOS, 2007).

A área urbana de Manaus apresenta um número bastante significativo de bacias ou microbacias. Essas bacias podem ser divididas em três grupos, de acordo com a localização de suas respectivas desembocaduras: bacias que tem sua foz no rio Tarumã, bacias com foz no Rio Negro e bacias com foz no Rio Amazonas.

Vieira (2008) identificou uma área total de 512,13 km² das bacias sendo maior que a área urbana (484,4 km²) já que vários tributários estão localizados na Reserva Adolpho Ducke que está fora dos limites urbanos. Dentre as principais bacias estão: as bacias do Igarapé do São Raimundo, igarapé do Quarenta, Igarapé da Bolívia, Colônia Antônio Aleixo e Mauzinho.

O ciclo hidrológico de seca e cheia dos rios Negro e Solimões-Amazonas atingem os igarapés urbanos de Manaus bem como os moradores das áreas alagáveis nas margens desses igarapés.

O rio Solimões-Amazonas que também controla as cheias e secas na foz do rio Negro e por conseguinte as cotas deste na orla de Manaus (**Figura 10**) tem sua

variabilidade inter-anual na vazão relacionada às flutuações no volume das chuvas (BITTENCOURT; AMADIO, 2007).

A diminuição da pluviosidade está parcialmente associada ao fenômeno popularmente conhecido por “El Niño” e vincula-se à seca ou vazante acentuada e o fenômeno “La Niña” está associada a cheia intensa. (BITTENCOURT; AMADIO, 2007).

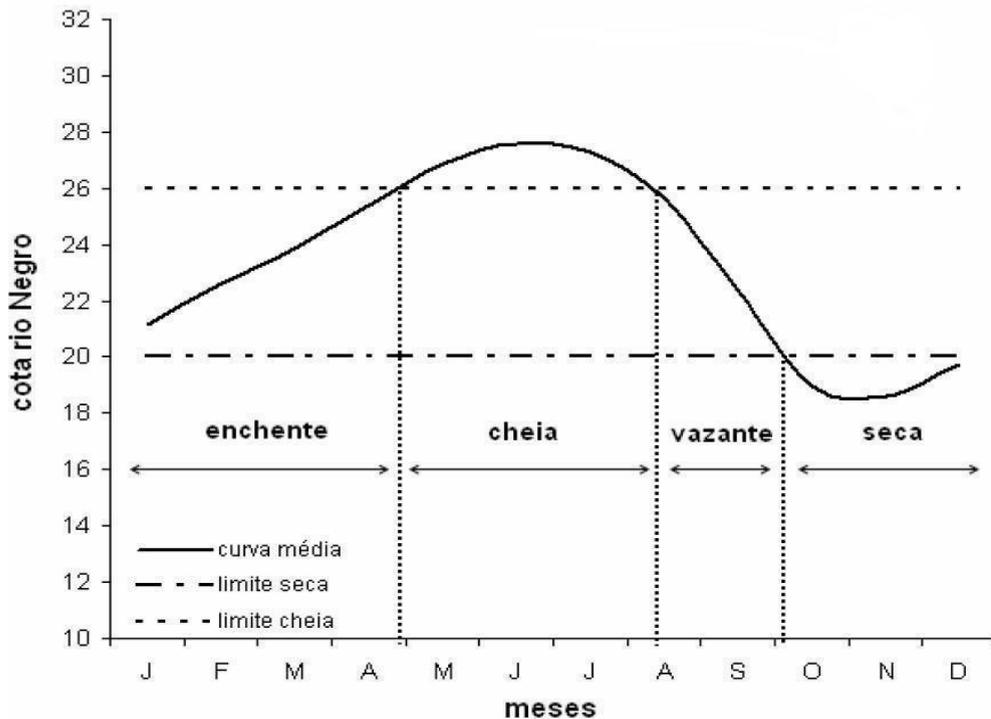


Figura 10 - Ciclo hidrológico do Rio Negro em Manaus. **Fonte:** Bittencourt e Amadio (2007).

Desse modo as áreas ocupadas nos bairros que margeiam a orla de Manaus são periodicamente inundadas causando dificuldades para os moradores. O refluxo das águas dos igarapés, pois barrados pelo grande volume da água das cheias acabam ressurgindo em bueiros e galerias. As dificuldades dos moradores das áreas marginais vão desde a locomoção para sair e entrar nas suas residências, dentro das casas no levantamento dos assoalhos (chão da casa) para não deixar móveis e eletrodomésticos em contato com a água até o risco de contato com animais e das doenças devido a poluição da água.

2.4.1 Padrão de Drenagem

A bacia do igarapé do São Raimundo apresenta uma área de drenagem de 116,9 km² e perímetro de 67,5 Km. A forma da bacia é alongada, uma vez que seu coeficiente de compacidade (Kc) apresentou valor afastado de 1, obtendo valor igual

a 1,74, assim como valores baixos para fator de forma de 0,35 e Índice de Circularidade (IC) de 0,32.

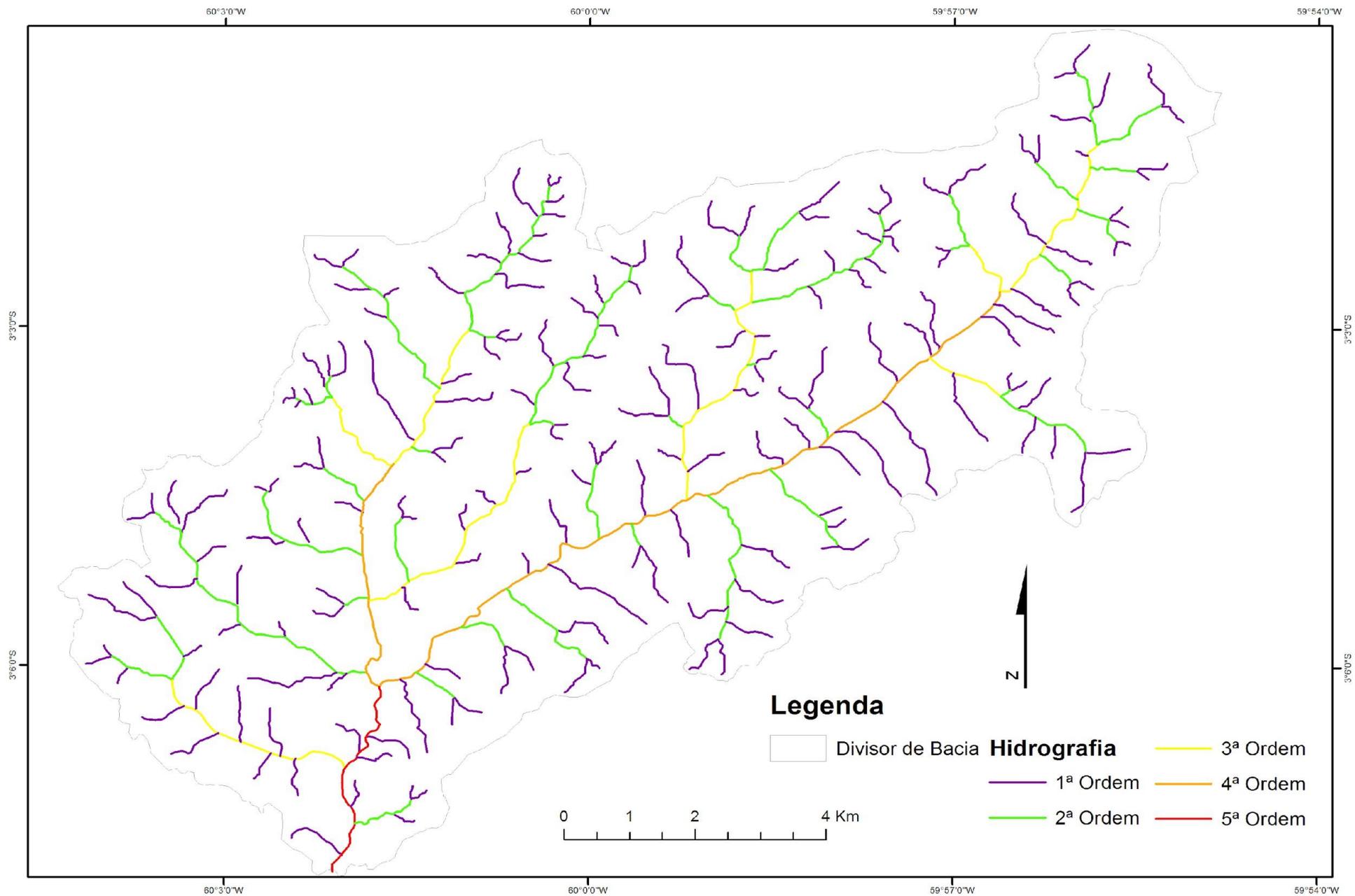
Tais índices indicam que a bacia é pouco circular, o que leva a menor concentração do deflúvio, apresentando menor capacidade de infiltração da água. A densidade de drenagem observada foi de 17,7 km.km⁻², indicando que a bacia é altamente drenada. A Tabela 6 resume os valores geométricos obtidos da bacia.

Tabela 6 - Características geométricas da Bacia do São Raimundo

Características	Valores
Área (A)	116.9 Km ²
Perímetro (P)	67,5 Km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,74
Fator de Forma (F)	0,35
Índice de Circularidade (Ic)	0,32
Densidade de Hidrográfica (Dh)	1,61 canais/Km ²
Densidade de Drenagem (Dd)	17,7 km.km ²

Elaboração: Tiago Fonseca Rodrigues

O padrão de drenagem da bacia revelou-se dendrítica com sistema de ordenamento dos canais de quinta ordem conforme **Mapa 4**. Foram obtidos 138 canais de primeira ordem, 40 canais de segunda ordem, 8 canais de terceira ordem, 2 de quarta e o canal principal de quinta ordem

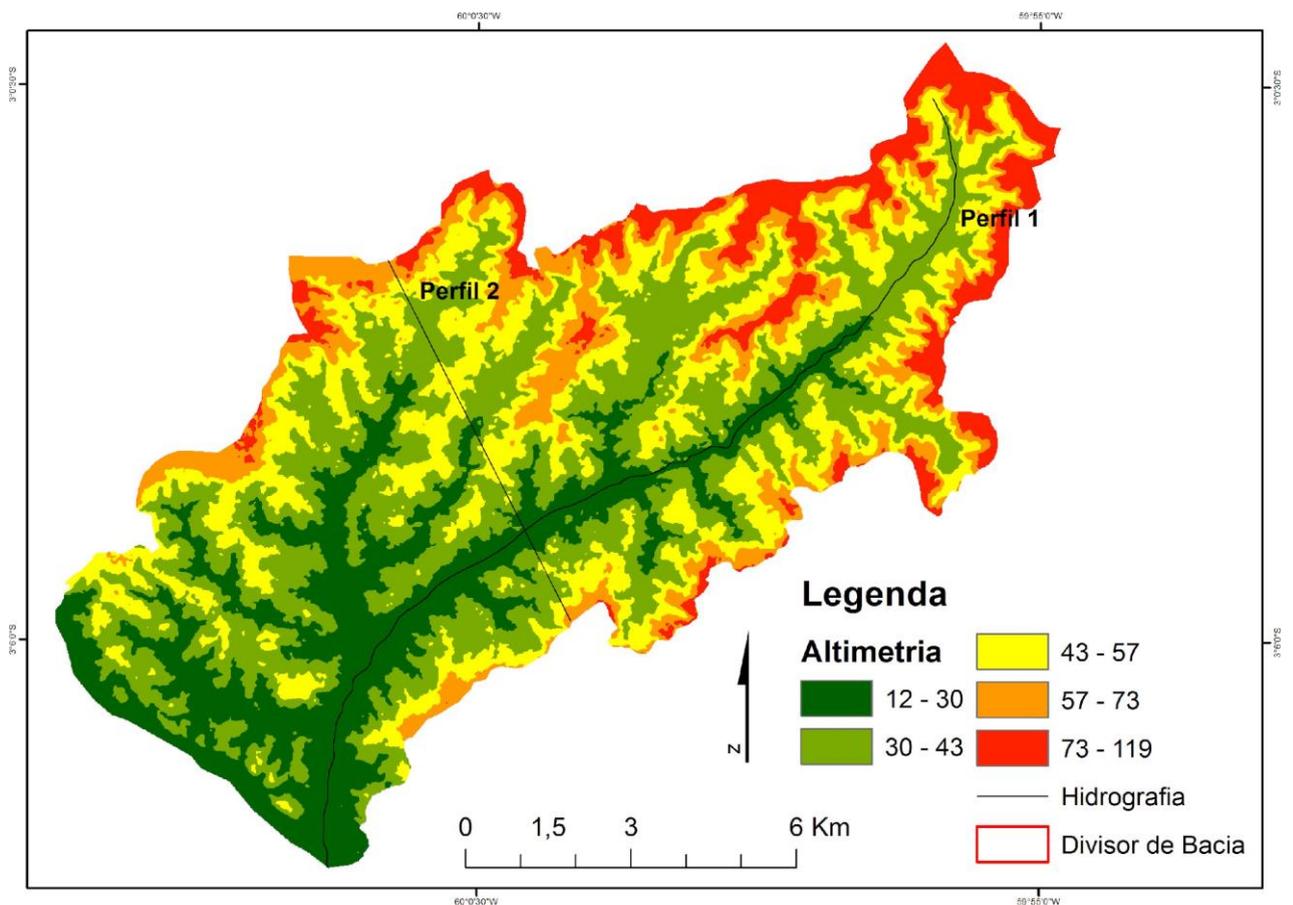


Mapa 4 - Hierarquia de canais na BHSR. Tiago Fonseca Rodrigues.

2.4.2 Perfil Longitudinal Transversal da Bacia

Os perfis transversais e do canal principal são importantes por demonstrar visualmente as características do relevo da bacia hidrográfica do igarapé do Mindú (**Mapa 5**).

O perfil 1 foi realizado ao longo do canal principal do igarapé do Mindú, o perfil longitudinal. O perfil 2 foi realizado transversalmente ao canal principal na área intermediária da bacia.



Mapa 5 – Perfil transversal e longitudinal da BHSR. Tiago Fonseca Rodrigues.

O perfil longitudinal mostra que o canal principal na bacia, o igarapé do Mindú percorre altitudes que vão de 100 metros próximos as nascentes a 30 metros no baixo curso, próximo a foz do Rio Negro.

O canal principal apresenta uma forte variação de altimétrica de cerca de 50 metros até a extensão de 3 quilômetros. Entre 3 até 6 quilômetros de extensão do canal a variação se observa mais suave com variação aproximadamente de 3 (**Figura 11**).

O perfil transversal da **Figura 12** revela declividades mais suaves na parte intermediária da bacia do igarapé do São Raimundo. De forma geral é possível

perceber que ao longo do canal há variação na curvatura das encostas entre retilínea, côncavas e convexas, sem um padrão específico.

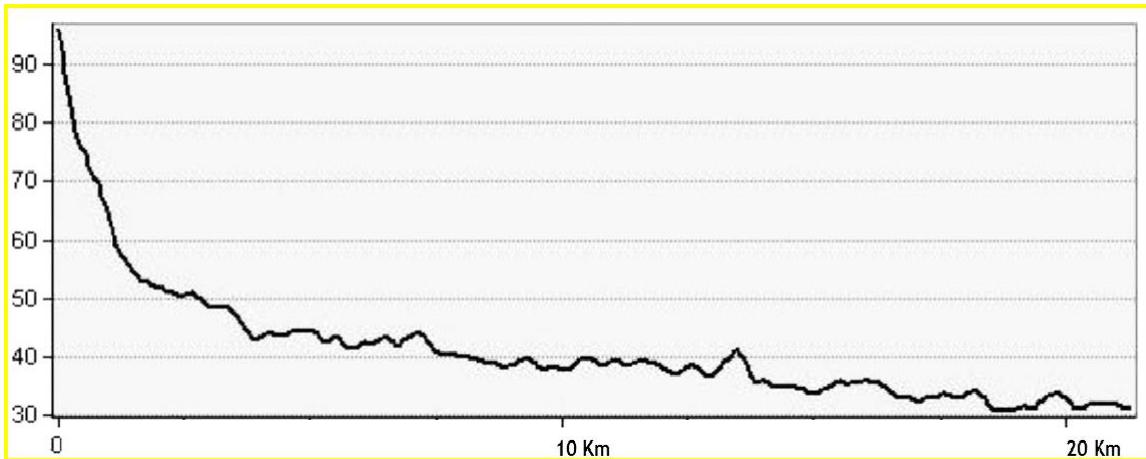


Figura 11- Perfil do Canal principal. **Elaboração:** Tiago Fonseca Rodrigues

O perfil também revela a disposição assimétrica dos vales, do canal principal e de seus tributários e o nível de entalhamento alto dos igarapés. O perfil revela declividades mais contundentes nas bordas da bacia. Quanto aos tipos de encostas também há variação entre retilíneas, côncavas e convexas. Quanto aos vales estes apresentam maior simetria próximo ao canal principal.

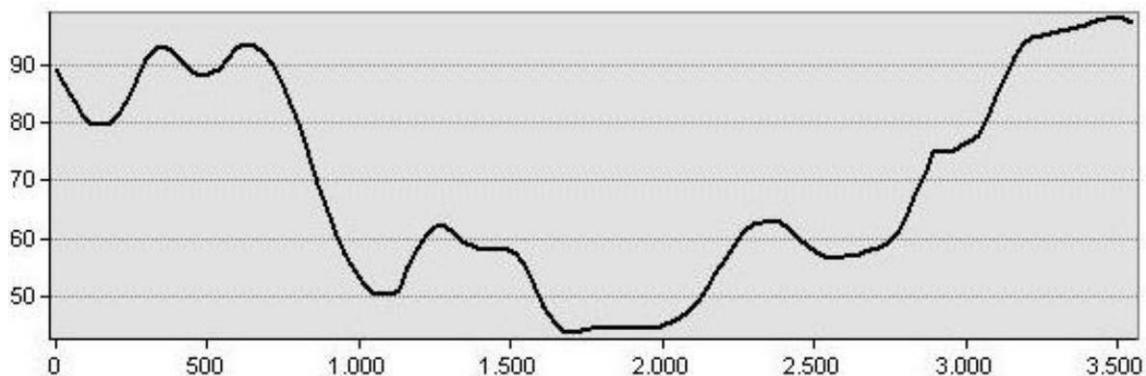


Figura 12- Perfil Transversal da BHSR. **Elaboração:** Tiago Fonseca Rodrigues.

2.4.3 Nascentes a Áreas de Preservação Permanente

Nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, que dão origem a cursos d'água. Toda nascente representa um ponto por onde parte da água do lençol alcança a superfície do solo. Partindo-se, portanto, do fato de que cada curso d'água tem a sua nascente, chega-se à conclusão de que o número de cursos d'água de uma dada bacia é igual ao seu número de nascentes. Na BHSR foram identificadas 190 nascentes conforme. Os fluxos de base que sustentam as nascentes, provenientes dos lençóis subterrâneos, têm grande importância temporal

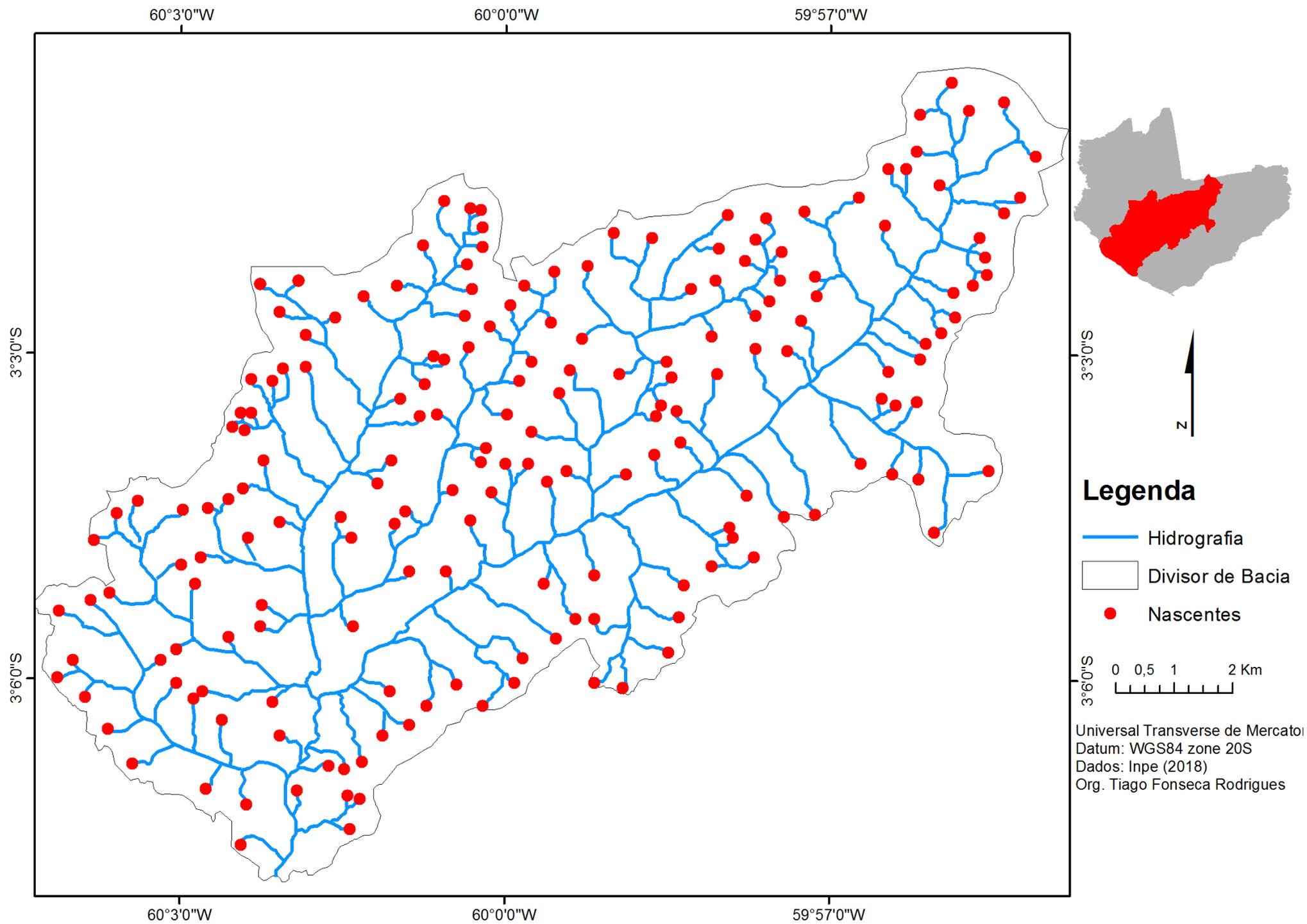
e espacial, pois são capazes de possibilitar que todos os usuários de água da bacia, inclusive os das cabeceiras, tenham água durante as estiagens.

Na origem da maior parte dos nossos córregos estão as nascentes de contato ou as nascentes de depressão (**Figura 13**), proveniente de lençóis freáticos. Assim tanto por lençóis freáticos quanto artesianos, podendo surgir por contatos das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis em depressões de terreno, por falhas geológicas ou por canais cársticos.



Figura 13 - Nascente do Igarapé do Mindú, igarapé principal da BHS. **Foto:** Tiago Fonseca Rodrigues

As nascentes dos igarapés da BHSR são classificadas como nascentes de depressão devido às características geológico-geomorfológicas da região. As nascentes de depressão podem se manifestar em pontos de borbulhamento bem definidos, chamados olhos d'água ou, então, por pequenos vazamentos superficiais. Estes são espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e vai acumulando água em poças até dar início a fluxos contínuos, sendo conhecidas como nascentes difusas. O **Mapa 6** mostra a distribuição das nascentes na BHSR.



MAPA 6 - Identificação das nascentes na bacia do São Raimundo. Tiago Fonseca Rodrigues.

Áreas de preservação permanente (APP), assim como as Unidades de Conservação, visam atender ao direito fundamental de todo brasileiro a um “meio ambiente ecologicamente equilibrado”, conforme assegurado no art. 225 da Constituição. As APPs são áreas naturais intocáveis, com rígidos limites de exploração, ou seja, não é permitida a exploração econômica direta.

A especulação imobiliária, ocupações e favelizações são alguns fatores que causam pressões em áreas e preservação permanente nas cidades brasileiras e em Manaus não é diferente. A BHSR possui cerca de 14 km² de Áreas de preservação Permanente que estão expostos aos diversos tipos pressões da cidade (**Figura 14**).

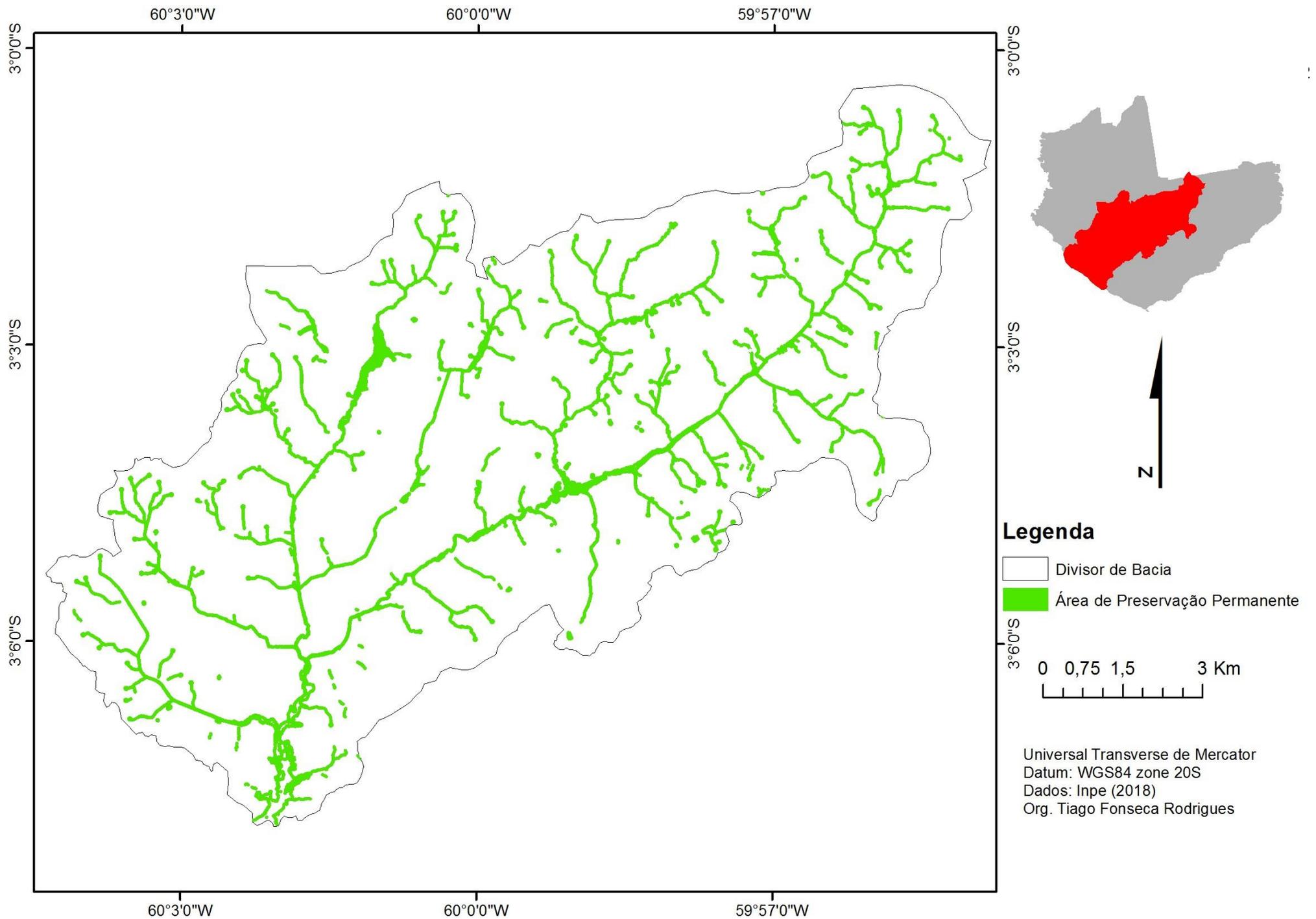


Figura 14- Sinalização em App . **Foto:** Tiago Fonseca Rodrigues.

Desta forma para proteger estas áreas e os recursos existentes nelas, o ordenamento jurídico definiu as APPs como sendo uma área especialmente protegida, onde é proibido construir, plantar ou explorar atividade econômica, ainda que seja para assentar famílias assistidas por programas de colonização e reforma agrária.

Somente órgãos ambientais podem abrir exceção à restrição e autorizar o uso e até o desmatamento de área de preservação permanente rural ou urbana, mas, para fazê-lo, devem comprovar as hipóteses de utilidade pública, interesse social do empreendimento ou baixo impacto ambiental (art. 8º da Lei 12.651/12). As APPs se destinam a proteger solos e, principalmente, as matas ciliares. Este tipo de vegetação cumpre a função de proteger os rios e reservatórios de assoreamentos, evitar transformações negativas nos leitos, garantir o abastecimento dos lençóis

freáticos e a preservação da vida aquática. O **Mapa 7** mostra a espacialização das apps na BHSR.



Mapa 7- Áreas de Preservação Permanente na BHSR. Elaboração – Tiago Fonseca Rodrigues.

2.5 Uso e ocupação da terra urbana e processos modificadores da paisagem na BHSR

2.5.1 Vegetação *versus* Ocupação na BHSR

A tabela mostra o avanço da urbanização na BHSR no período de 1984 a 2018. Em menos de 35 anos a supressão da vegetação chega a mais de 90 Km². Esse avanço veloz na bacia teve seus impactos imediatos nas nascentes, margens e leito dos igarapés (**Mapa 8**).

É possível, no entanto, foi possível notar que a ocupação teve seu ponto mais elevado em 2001 e que no período que vai deste ano até 2018 a ocupação houve um pequeno arrefecimento das áreas ocupadas. As áreas vegetadas representavam 76,57 km² em 1984, correspondendo cerca 65% do total da área da BHSR. No mesmo ano a área urbanizada era de 40,6 km², cerca 34% do total da área.

Tabela 7 - Avanço da urbanização na BHSR

Classes	Área (Km ²)		
	1984	2001	2018
Ocupação	40,260	93,090	92,910
Vegetação	76,570	23,390	23,910
Hidrografia	0,01	0,340	0,005
Total	117.000 Km ²		

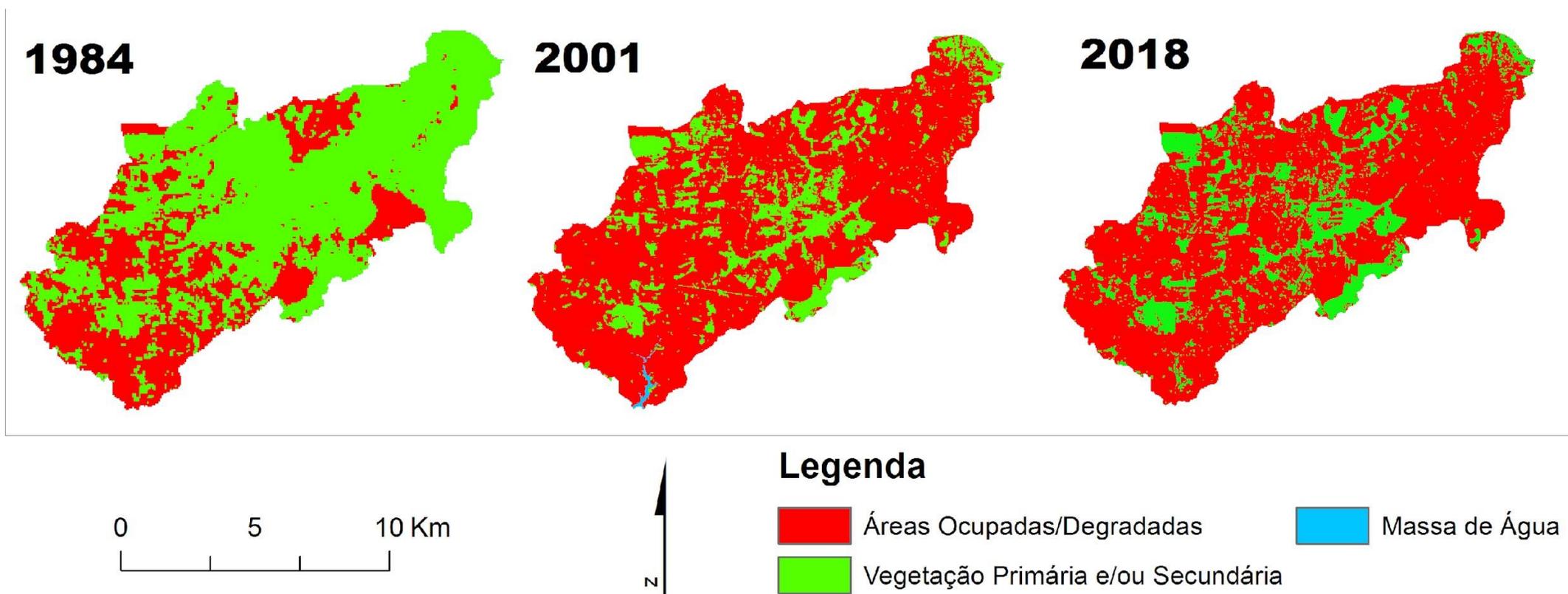
Elaboração: Tiago Fonseca Rodrigues

Trinta e cinco anos depois, em 2018 a área de vegetação ocupa somente 23,000 km² enquanto a urbanização avançou para 92,000 km² da área da BHSR, respectivamente 20,5% e 79,5% da área total.

Atualmente as principais áreas onde está preservada a vegetação são as áreas públicas como parques e áreas militares na bacia, vale destacar algumas destas áreas. Em 1993, o Parque Municipal do Mindú foi criado por decreto municipal, na primeira gestão de Arthur Virgílio Neto, sendo hoje o maior parque urbano da cidade.

Já nas nascentes do igarapé do Mindú, a Prefeitura de Manaus criou, por meio do decreto 8.351, de 17 de março de 2006, o Parque Municipal Nascentes do Mindu, no bairro Cidade de Deus, numa área total de 16 hectares. A área, que também é considerada Área de Preservação Permanente (APP), protege as três nascentes do parque.

O parque está sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semmas). O corredor ecológico do Mindú é uma área de preservação que visa proteger as margens do igarapé principal da BHSR que é o igarapé do Mindú e também servir como refúgio à vida silvestre local.



Mapa 8 - Avanço da urbanização na bacia do São Raimundo. Tiago Fonseca Rodrigues.

2.5.2 A urbanização e os desajustes na Paisagem

O processo histórico de ocupação ocorrido na cidade de Manaus (**Figura 15**) instaura ao mesmo tempo problemas ambientais em suas bacias hidrográficas, como na bacia do São Raimundo.

A intercessão dos processos naturais principalmente hidrogeomorfológicos da bacia com a dinâmica socioespacial, resultou nas diferentes configurações geográficas e no surgimento de diversos problemas urbanos como de escorregamentos de terra, processos erosivos, alagações e inundações, poluição hídrica entre outros. Porém isso ocorreu de modo diferenciado em cada área da cidade e no interior das bacias hidrográficas.

Apesar de não ser o foco principal do estudo, porém não há como deixar de destacar alguns aspectos deste processo social e geográfico que é a urbanização. Este é o processo que desencadeia as alterações fundamentais na paisagem e a falta de planejamento adequado para mitigar as consequências adversas desse processo é o ponto central da questão.

Entre os elementos da urbanização que incidem diretamente sobre a problemática ambiental nos sistemas hidrográficos está a falta ou a precária infraestrutura urbana, valor da terra e a desigualdade de renda dos grupos sociais.

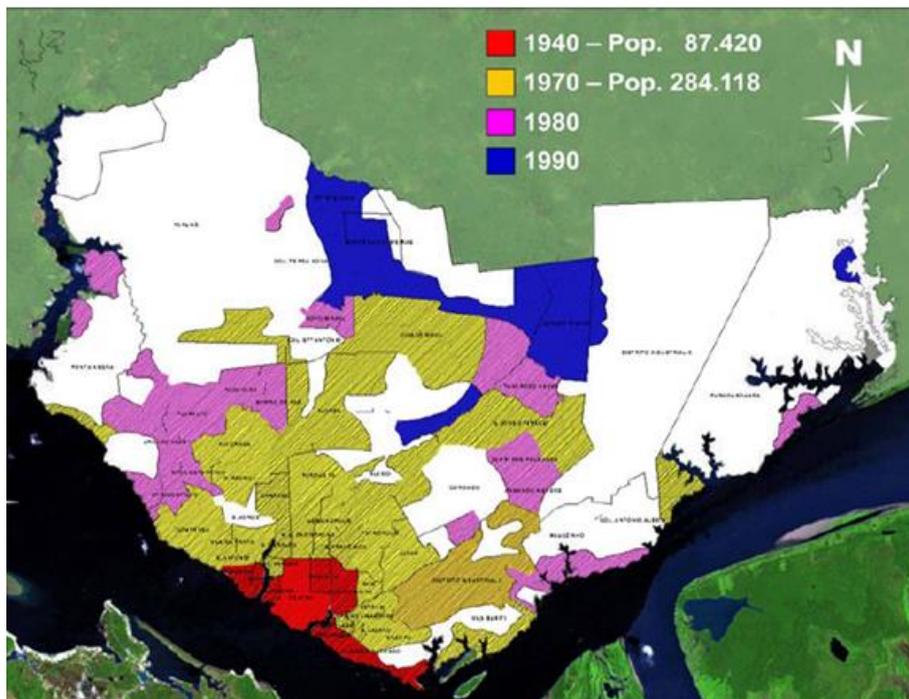


Figura 15 - Histórico de Ocupação em Manaus. **Fonte:** Vieira (2008)

As formações sociais historicamente têm uma característica de moradia, conforme suas classes sociais e instituições. Morar é um elemento básico do espaço, do território e das paisagens. Conforme as relações sociais, as características das moradias são diferenciadas espacialmente; essa diferença pode inclusive ser uma segregação espacial, pois em alguns espaços há infraestrutura e serviços e em outros não (**Figura 16**).

Para se ter uma moradia é preciso pagar, quem não tem condições de pagá-la (um valor alto ou baixo), procura estratégias para conseguir sua moradia e basicamente o preço da mercadoria (terreno/casa) varia conforme a infraestrutura, os serviços coletivos existentes na área, a localização, entre outros. O valor da terra urbana adquiriu uma dinâmica de gerar lucro (alto ou baixo), conforme o sujeito social que explora o solo, que apesar de ser um espaço herdado da natureza foi apropriado por alguma classe social e transformado em mercadoria.



Figura 16 – Palafitas em leito de igarapé degradado na comunidade N.S de Fátima. **Foto:** Tiago F. Rodrigues.

Dado o exposto vale ressaltar que os problemas ambientais e alterações nas paisagens dos sistemas naturais são consequências das relações de ordem social, política e econômica.

A pressão urbana por acesso a moradia por grupos de baixa renda conjugado com a especulação fundiária urbana e a fragilidade do poder público na fiscalização, controle, na falta de políticas públicas, aliado a escassez de planejamento são os elementos sociais que está no interior da problemática ambiental e nas alterações das paisagens tanto na BHSR como na cidade de Manaus.

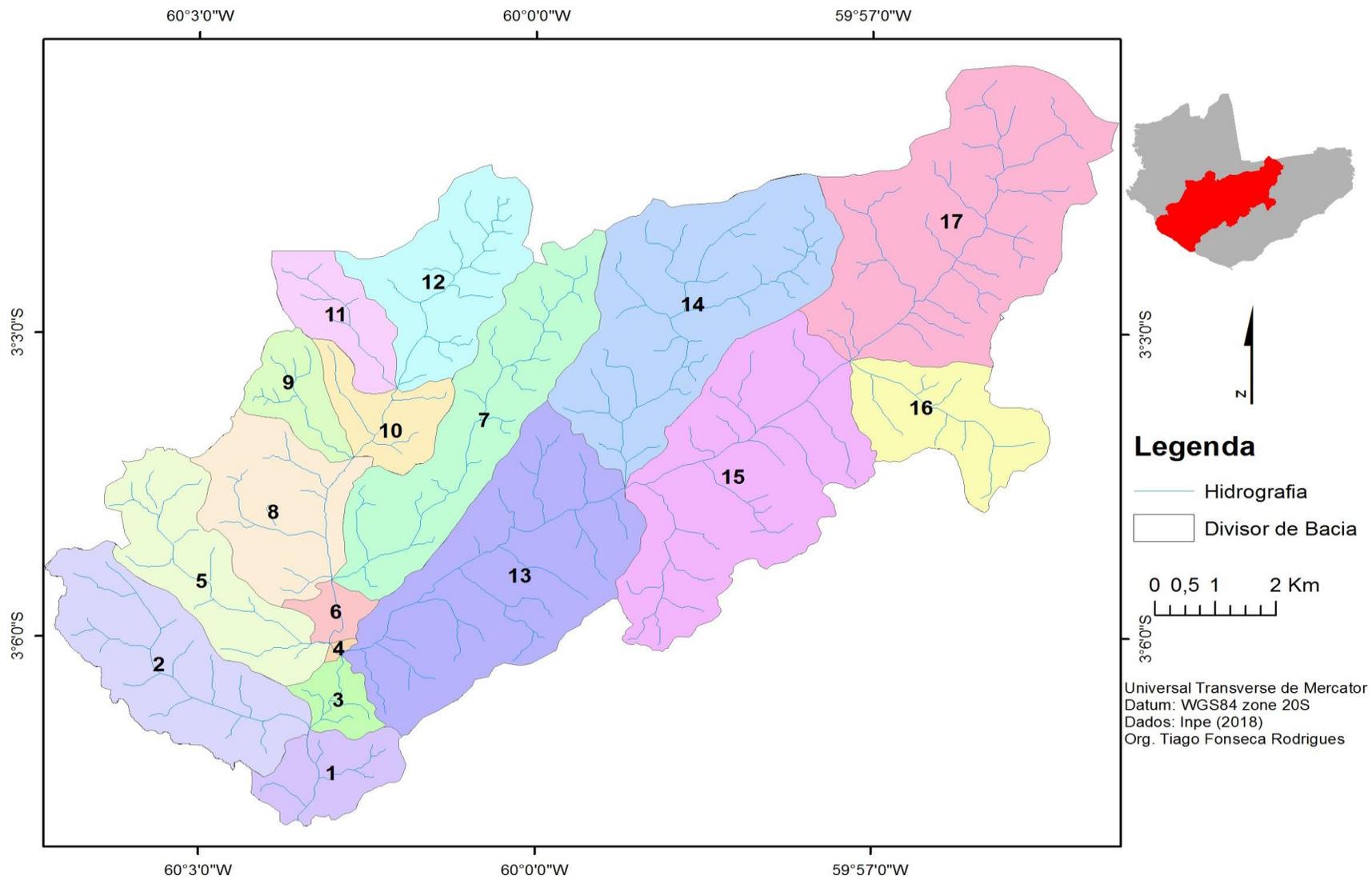
CAPÍTULO III

VULNERABILIDADE E RISCO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO SÃO RAIMUNDO

3.1 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – Igarapés

Com base na caracterização do uso e ocupação da terra na BHSR foi realizada a classificação da vulnerabilidade para cada uma das 17 (dezesete) ottobacias (áreas de contribuição) juntamente com a caracterização de campo, conforme **Mapa 9**.

A opção por analisar a vulnerabilidade dos igarapés a partir das ottobacias respondeu uma necessidade operacional de escala do trabalho pela impossibilidade de ir localmente a cada um dos igarapés e também pela opção metodológica de analisar a integralidade dos sistemas hídricos (holons no sistema de Morin). Assim os pontos visitados em campo corresponderam a cada uma das ottobacias.



Mapa 9 - Identificação das Ottobacias para análise da vulnerabilidade. Tiago Fonseca Rodrigues.

A partir da caracterização do uso e ocupação da terra determinou-se a taxa de vegetação das ottobacias. De acordo com a percentagem de vegetação em cada unidade construiu-se uma classificação da vulnerabilidade com três classes de vulnerabilidade. Desse modo os resultados mostraram que das 17 ottobacias, 5 possuem menos de 10% de vegetação em cada uma, com cerca de 36 igarapés e totalizando uma área de 20 km² (**Mapa 10**)

Tabela 8 - Caracterização da vulnerabilidade dos igarapés na BHSR

Classe		Qtd de Ottobacias	Área total	Qtd. de Canais
Altamente Vulnerável	Menor que 10 %	4	20.3 Km ²	36
Moderadamente Vulnerável	Entre 10% e 25%	5	54.8 Km ²	89
Pouco Vulnerável	Maior que 25%	7	41.7 Km ²	65

Elaboração Tiago Fonseca Rodrigues

Do total de ottobacias 5 foram classificadas como “Moderadamente Vulnerável”. A área total abrangida é de 54 km² e totalizando 89 canais fluviais e na classe “pouco vulnerável 7 ottobacias apresentaram taxas de vegetação maiores que 25% totalizando uma área de 41 km² e abarcando 64 igarapés.

De acordo com o mapa da figura 29 as ottobacias mais vulneráveis estão concentradas próximas à foz da BHSR. As áreas mais vulneráveis, portanto, estão localizadas ao longo dos bairros Compensa, São Raimundo, Glória. A Ottobacia de número 11 é a que possui a maior taxa de vegetação de 48 % da sua área total. A Ottobacia 16 por outro lado é a que possui a menor taxa de vegetação com cerca de 3,14% da sua área total.

3.2 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – Nascentes

Também a partir da caracterização do uso e ocupação da terra analisou-se a vulnerabilidade das nascentes. De acordo com a localização em áreas ocupadas e não ocupadas foi determinada a situação da vulnerabilidade das nascentes na BHSR (**Mapa 11**). Desse modo, os resultados mostram a evolução da vulnerabilidade das nascentes a partir do avanço da urbanização entre 1984 até 2018 na BHSR (**Figura 17**).

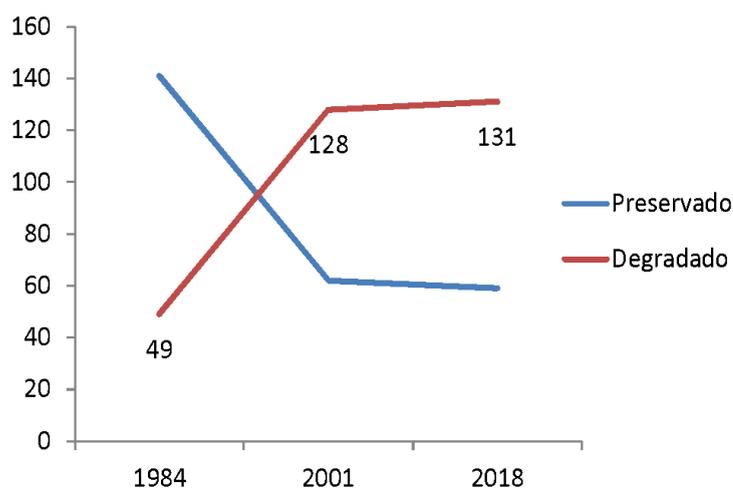


Figura 17 - Situação das Nascentes na BHSR de 1984 a 2018. Tiago Fonseca Rodrigues

De acordo com o gráfico que mostra o perfil das nascentes no período de 1984 a 2001 o número de nascentes preservadas é superado pelo de nascentes degradadas em meados da década de 1990. Os canais fluviais altamente vulneráveis representavam 25% do total de igarapés em 1984 e atualmente representam 68% do total de igarapés da bacia.

É possível notar também a partir do gráfico que a forte degradação ocorreu entre 1984 e 2001 e que após esse período a degradação foi praticamente estabilizada até 2018.

Assim, do total de nascentes em 1984, 49 estão em áreas ocupadas e 141 estão em áreas de vegetação, portanto não vulneráveis.

Em 2001, esse número sobe para 128 igarapés em áreas ocupadas e 62 estão em áreas de vegetação; e, em 2018, 131 estão em áreas ocupadas e 59 estão em áreas de vegetação. De acordo com o mapa da figura 30 as nascentes mais vulneráveis estão concentrados próximos a foz e também próximo as nascentes do igarapé principal.

As áreas mais vulneráveis, portanto, estão localizadas ao longo dos bairros Compensa, São Raimundo, Glória, Jorge Teixeira e São José. O conjunto de nascentes mais preservadas estão ao longo dos bairros Cidade Nova, Novo Aleixo, Parque 10 e Flores.

3.3 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos – APP's

Da mesma forma, a partir da caracterização do uso e ocupação da terra, analisou-se a vulnerabilidade das áreas de preservação permanente (**Mapa 12**). De

acordo com a localização em áreas ocupadas e áreas verdes foi determinada a situação da vulnerabilidade das APPs na BHSR .

Desse modo os resultados mostraram que dos 14 Km² total de Apps, 4,95 km² estão em áreas de vegetação e 8,18 Km² estão ocupadas. Grande parte das apps na bacia ainda são ocupações irregulares tanto por grupos de baixa renda como por classes alta renda, conjuntos e condomínios particulares.

Em 2005 o governo do estado em parceria com o Banco Interamericano de Desenvolvimento iniciaram as intervenções de recuperação ambiental em áreas críticas dos igarapés do Educandos, Quarenta, Mestre Chico, Cachoeirinha.

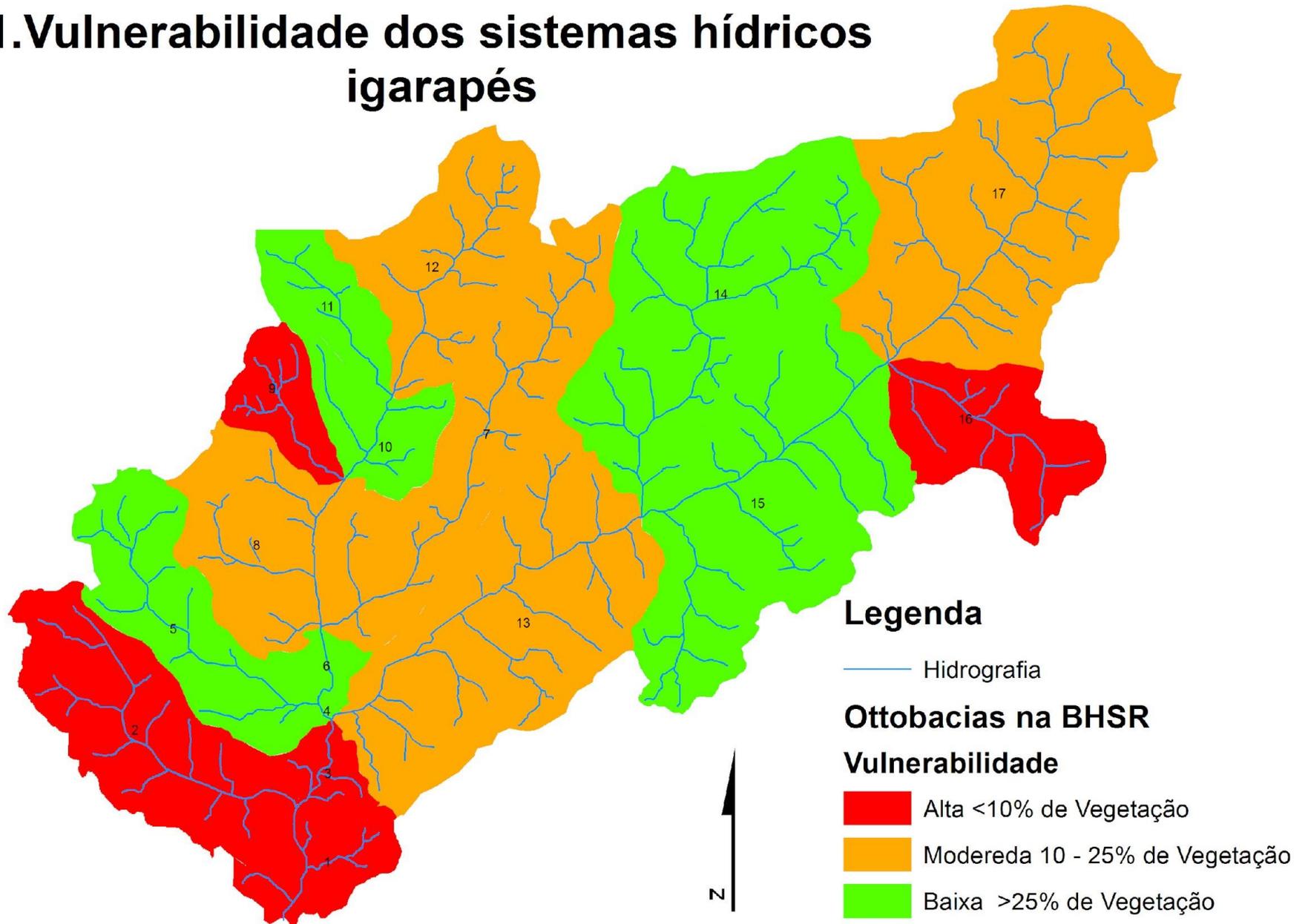
O PROSAMIM como ficou conhecido o programa teve por objetivo a requalificação urbanística, de saneamento, e construção de moradias populares nas margens dos igarapés ocupados irregularmente por palafitas (RIMA, 2012). Na Bacia do São Raimundo a primeira área com intervenção do PROSAMIM foi o igarapé da Sapolândia em 2008 e por volta de 2012 às intervenções na foz da bacia do São Raimundo tiveram início (**Figura 18**).

No mapa 12 é possível observar que as Apps mais degradadas são as próximas às nascentes do igarapé do Mindú bem como também na área de sua foz. A área intermediária da bacia (entre as nascentes e a foz) está mais preservada.

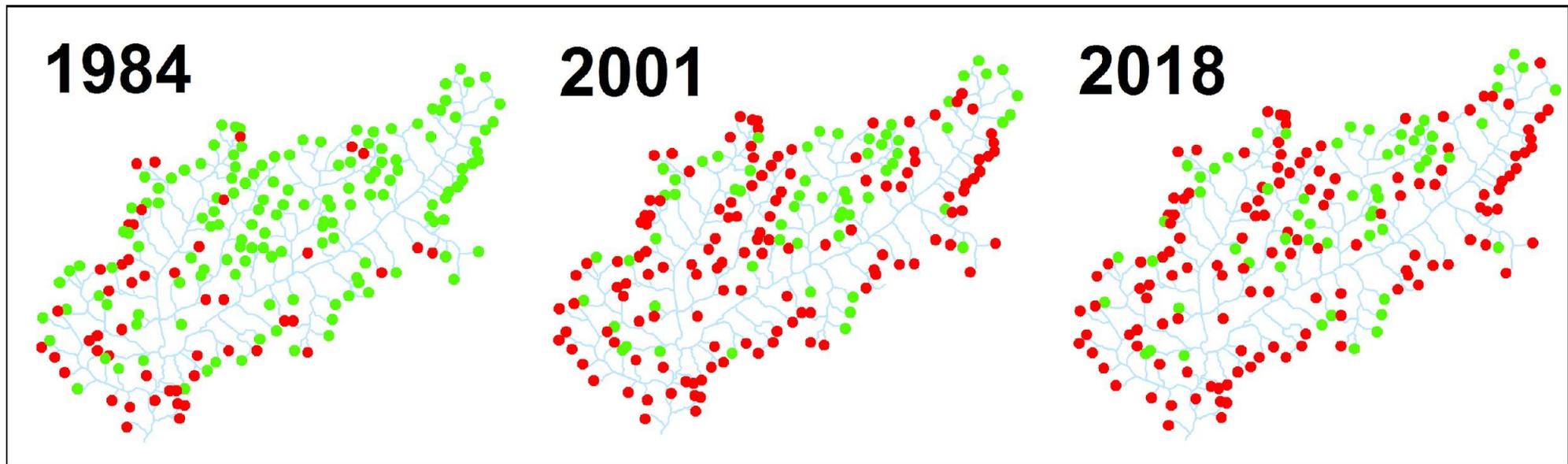


Figura 18- Orla no igarapé do São Raimundo, bairro Glória. **Fonte:** UGPI – Governo do Amazonas

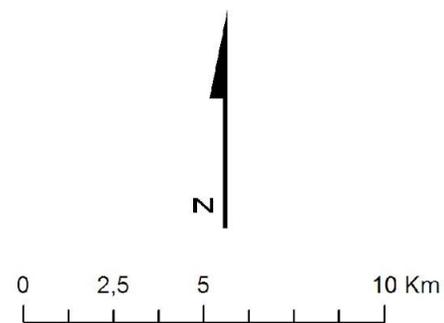
1. Vulnerabilidade dos sistemas hídricos igarapés



Mapa 10 - Vulnerabilidade dos Igarapés (ottobacias) na BHSR. Tiago F. Rodrigues.



2. Vulnerabilidade dos sistemas hídricos Nascentes



Legenda

Vulnerabilidade na BHSR

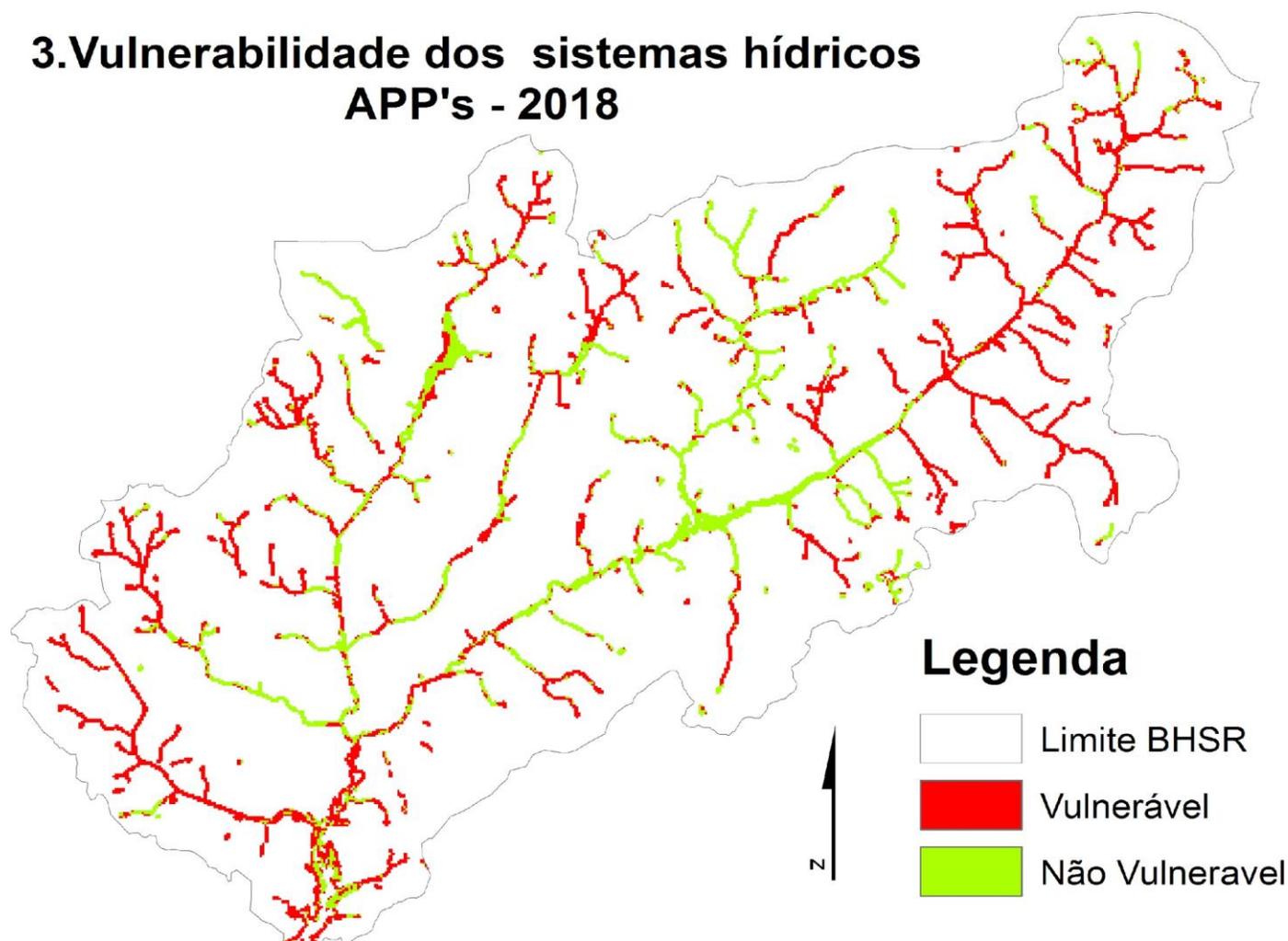
Nascentes

● Vulnerável

● Não Vulnerável

— Hidrografia

3. Vulnerabilidade dos sistemas hídricos APP's - 2018



MAPA 12 - Vulnerabilidade das Áreas de Preservação Permanentes na Bacia do Igarapé do Mindú. Tiago Fonseca Rodrigues.

3.4 Pensamento Complexo: Estrutura, Processos e Impactos nos Sistemas hídricos da BHSR

A caracterização da vulnerabilidade dos sistemas hídricos na BHSR é acima de tudo um levantamento da organização ou do padrão de organização no qual os conceitos de padrão, estrutura e processo estão inter-relacionados.

Diferentemente do mecanicismo, no pensamento sistêmico, a estrutura não é algo fixo, ela é uma manifestação dos processos. No caso da fisionomia da paisagem dos sistemas hídricos da BHSR a urbanização é o processo que resulta na estrutura atual da Bacia tanto para a degradação quanto para a sua conservação/preservação.

De igual forma a estrutura que é resultada também gera outros processos. Processos e estrutura são aspectos indissociáveis de uma mesma dinâmica de organização (MORIN,2016).CAPRA, (2000, p.77) pontua:

“Devo argumentar que a chave para uma teoria abrangente dos sistemas [...] está na síntese dessas duas abordagens muito diferentes: o estudo da substância (ou estrutura) e o estudo da forma (ou padrão). No estudo da estrutura, medimos ou pensamos coisas. Os padrões, no entanto, não podem ser medidos nem pesados, eles devem ser mapeados. Para entender um padrão, temos que mapear uma configuração de relações. Em outras palavras, as estruturas envolvem quantidades, ao passo que o padrão envolve qualidades.
[...] O estudo do padrão tem importância fundamental para a compreensão dos sistemas ... porque as propriedades sistêmicas
[...] surgem de uma configuração de padrões ordenados. Propriedades sistêmicas são propriedades de um padrão.”

Os processos resultam da interação dinâmica das forças e mecanismos produzidos segundo as possibilidades estruturais do sistema. Parques, praças, políticas de conservação entre outros são mecanismos resultantes da atuação de um processo em curso. A degradação dos sistemas hídricos e áreas verdes na BHSR foi e é um processo variante da urbanização que é ao mesmo tempo processo e estrutura.

Conforme o diagrama da **Figura 19** a urbanização enquanto estrutura socioespacial dentro do modo de produção capitalista tem papel central possibilitando a produção de variados processos tanto socioespaciais quanto físico-naturais. Conforme Morin (2016) a estrutura produz as possibilidades processuais e é por elas produzida em um ininterrupto dinamismo de retroatividade, implicando uma dinâmica recursiva (não-linear) e auto-organizativa

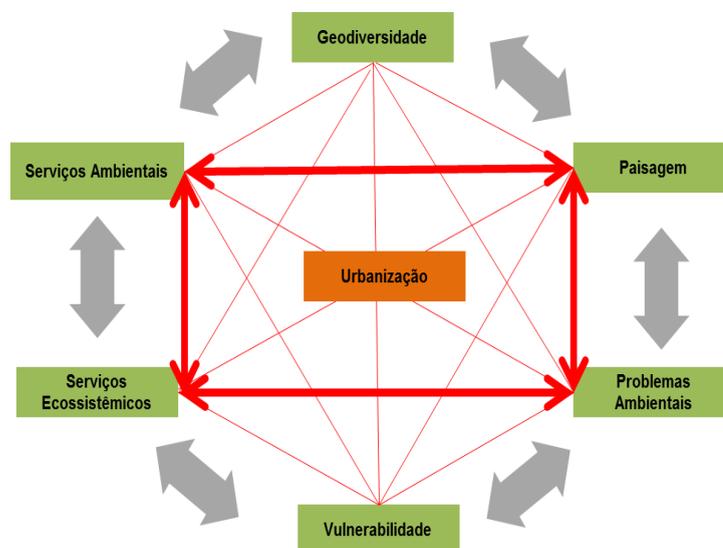


Figura 19- Dinâmica dos processos nos sistemas hídricos da BHSR. Tiago Fonseca Rodrigues.

A questão sobre se a ausência da urbanização ou sobre se a urbanização planejada fosse a realidade os processos deixariam de existir é falsa, pois já é consenso que a ausência de vulnerabilidade bem como o risco zero para grupos sociais não existe (VEYRET, 2007). Haveria uma atenuação dos problemas mais evidenciados hoje na BHSR principalmente na vulnerabilidade de nascentes, apps e igarapés.

A organização sistêmica conforme verificado na análise da fisionomia da paisagem do sistema hídrico da BHSR é a relação entre os componentes, ou seja, ela é constituída pelas relações que determinam as características essenciais do sistema.

E os critérios fundamentais de um sistema são o padrão, a estrutura e os processos. Nessa sequência, o padrão de organização é a configuração dessas relações determinantes; a estrutura, composta pelos componentes e suas relações, é a incorporação física de organização do sistema; e os processos são a dinâmica envolvida na incorporação contínua do padrão de organização do sistema.

Em um sistema hídrico como o da BHSR os componentes não mudam continuamente se olharmos para sua macro estrutura física como canais fluviais, geomorfologia, águas subsuperficiais, pois obedecem ao tempo geológico. No entanto, há um incessante fluxo de matéria e energia, constituindo uma dinâmica de desenvolvimento e mudança do sistema. Assim a ação da urbanização no sistema

potencializa alguns processos altera ou acelera outros gerando vários impactos. A seguir listamos alguns desses impactos provocados pela urbanização sem controle nos sistemas hídricos da BHSR.

- Processos erosivos: Processo natural resultado do jogo entre matéria e energia nos sistemas geoambientais. É o principal processo morfogenético dos relevos. Os processos erosivos são desencadeados pela ação das águas, tanto pluviais como fluviais, sendo a água o principal agente erosivo. Nos sistemas hídricos amazônicos faz parte da dinâmica fluvial de rios de água barrenta (CARVALHO,2006). Portanto os processos erosivos em rios de água preta e em igarapés como os da BHSR não são naturais porém são bastante recorrentes.

Isso ocorre devido principalmente à supressão da mata ciliar expondo as margens a ação da água das chuvas e do ciclo de elevação e descida água dos canais fluviais. A canalização de canais também tem um papel importante na ação dos processos erosivos, pois aumenta a velocidade de escoamento dos canais favorecendo a ação destrutiva das águas. Os impactos desse processo em áreas urbanas são devastadores principalmente sobre as infraestruturas obrigando a mudança de moradores para outras áreas.

- Inundações: São importantes processos que ocorrem em canais fluviais. A inundação se caracteriza pelo processo de extravasamento das águas do canal principal para o canal secundário (planície de inundação) quando a enchente atinge cotas acima do nível máximo do canal principal. Na atualidade, as inundações têm provocado importantes impactos sociais negativos. Hoje as inundações estão entre os principais desastres naturais que afligem constantemente diversas comunidades em diferentes partes do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas.

Na BHSR há dois tipos de processos de inundação verificados. Há a inundações que ocorrem devido ao regime de subida e descida das águas do rio solimões/Amazonas que é capturada pelo Rio Negro e todos afluentes que desaguam neste rio na cidade de Manaus incluindo a bacia do São Raimundo.

Até recentemente as ocupações em palafitas nos bairros da Glória, São Raimundo, São Jorge, Presidente Vargas que margeia a foz do São Raimundo eram periodicamente inundadas causando dificuldades para os moradores.

Com o início e a conclusão de parte do Projeto Prosamim III grande parte dessas ocupações foram retiradas e transformadas em parques, passeios públicos, avenidas e também foram revitalizadas e transformadas em moradias populares.

Atualmente somente o trecho do igarapé da cachoeira grande próximo a ponte do bairro São Jorge não houve a atuação do programa previsto para aquela área, permanecendo neste trecho ocupações em palafitas (**Figura 20**).



Figura 20- Casa parcialmente submersa na cheia de 2012, bairro Glória. **Foto:** Tiago Fonseca Rodrigues

Outro tipo de inundação são os que ocorrem após episódios de chuvas de grande intensidade. Essas inundações são potencializadas por vários tipos de intervenções nas margens próximas aos leitos fluviais.

Infraestrutura subdimensionadas como ruas, avenidas e pontes, e a presença de condomínios e estacionamentos nas margens dos igarapés atuam como obstáculos a passagem de grandes volumes de água em dias de chuva provocando inundações nos cursos fluviais.

- Assoreamento: A sedimentação é um processo natural, decorrente da erosão. No entanto sua aceleração, devido às intervenções urbanas, resulta em uma série de impactos. As extremas mudanças no uso do solo na bacia impactaram diretamente a dinâmica fluvial, fornecendo volume de vazão e/ou carga excessiva de sedimentos para os igarapés (**Figura 21**).



Figura 21- Processo de assoreamento no leito fluvial do igarapé do Bindá na BHSR. **Foto:** Tiago Fonseca Rodrigues.

As consequências decorrentes do processo de assoreamento são: a intensificação das enchentes, elevação do talvegue provocando inundações e desequilíbrios ambientais que afetam a fauna e a flora. Tucci (2003) afirma que existem dois tipos de sólidos encontrados no ambiente fluvial: o primeiro é referente aos sedimentos gerados pela erosão e o segundo são os resíduos sólidos depositados ao longo dos canais fluviais.

Quanto aos resíduos sólidos estes são responsáveis diretos pelas inundações na BHSR devido a grande quantidade depositada nos leitos fluviais principalmente nos igarapés de primeira e segunda ordem.

- Aterramentos canais e Nascentes: O aterramento constitui uma das formas de aplainar a superfície dos terrenos para criação de base para fundações de edificações.

Na BHSR são inúmeras as áreas de condomínios a loteamentos que para serem construídos aterraram trechos de canais e de nascentes. Alguns canais de primeira ordem na bacia em bairros pobres foram tubulados para a construção de vias sobre o leito dos canais. O aterramento e a tubulação de canais e nascentes também são responsáveis pelas inundações urbanas, pois facilitam o acúmulo e o represamento da água pelos resíduos sólidos.

- Retilinização de canais fluviais: A retinização de canais é uma medida estrutural de engenharia. Este procedimento tem por objetivo a aceleração do escoamento das águas nos leitos fluviais no intuito de resolver o problema das inundações em áreas densamente urbanizadas.

A retinização de canais utiliza o concreto (um material não natural) como base para retinização tanto no leito como nas margens dos canais. No entanto, a retinização de canais e a contenção de margens como os “rip-raps” muito comum na BHSR potencializa o impacto destrutivo das águas.

É preciso discutir o papel das medidas estruturais de engenharia e perguntar se ainda são eficientes e necessárias. O fato é que alguns estudos já demonstraram que obras de engenharia não são eficazes na contenção de problemas ambientais urbanos como as inundações. Em um clássico trabalho de Gilbert White em 1974, já apontava que enquanto os gastos com controle de inundações se haviam multiplicado, o nível dos prejuízos ocasionados pelas cheias havia aumentado (GREGORY,1992).

Desse modo, o pesquisador mostrou que o objetivo, natural, de se reduzir os danos por inundação, mediante a elaboração de projetos de controle de inundações, não havia sido atingido. Em consequência destas revelações este pesquisador já considerava que as pesquisas sobre desastres naturais poderiam ensejar alterações construtivas nas políticas públicas ao mesmo tempo estimular novas pesquisas e aperfeiçoamento das metodologias.

O que vemos ainda hoje muitas vezes é que essas medidas estruturais são indicadas nos planejamentos urbanos por especialistas com intuito de beneficiar contratos ou por pura e simples desatualização de novas abordagens metodológicas.

- Poluição das águas: As águas doces e oceânicas são receptáculos de uma enorme gama de poluentes químicos, radioativos, microbiológicos, sonoros, orgânicos entre outros. De acordo com De Miranda (1995) os principais responsáveis pela poluição das águas doces são os sais solúveis (nitratos, cloretos, etc), os detergentes, os adubos e metais pesados, o fenol, os pesticidas e a poluição biológica, todos produzidos pelas atividades industriais, urbanas e agrícolas.

Um dos tipos de poluição mais perigosos para as populações em meio urbano é a poluição biológica. Este tipo de poluição ocorre em praticamente todos os setores da BHSR. A poluição biológica das águas se caracteriza sempre por uma forte contaminação bacteriológica gerando problemas de saúde pública

permanentes, agudos e crônicos.

Hepatites, cólera, leptospirose são doenças que se encontram hoje nos recursos hídricos poluídos. A matéria orgânica lançada nos cursos d'água, de origem industrial ou doméstica, também são putrescíveis. A fermentação desses resíduos leva a uma diminuição no oxigênio dissolvido, medido pelo DBO (demanda biológica do oxigênio) que é fundamental à existência e à dinâmica dos povoamentos animais e vegetais nos sistemas hídricos (DE MIRANDA,1995).

- Supressão de mata ciliar: Mata ciliar é a formação vegetal localizada nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. A mata ciliar também é conhecida como mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária.



Figura 22 – Supressão de mata ciliar em pequeno igarapé no bairro Redenção. **Foto:** Tiago Fonseca Rodrigues.

A supressão da mata ciliar leva a um aumento da pressão sobre os canais fluviais, leva a diminuição da rugosidade da paisagem, leva a uma fragilidade das margens, aumenta a temperatura diurna ao nível do solo e diminui a temperatura noturna.

A Prefeitura de Manaus por meio da Secretaria de Meio Ambiente (SEMMA) põe em prática o um plano de proteção às margens dos cursos d'água tem identificando a situação das áreas de preservação permanente dos igarapés na área urbana para promover a recuperação das mesmas, onde possível (MANAUS,2011).

A secretaria atua com duas estratégias, a primeira está relacionada à implantação de Corredores Ecológicos que promovem a conexão de diferentes áreas protegidas e a segunda é a implantação de corredores de proteção e parques lineares ao longo dos igarapés da cidade.

- Riscos Ambientais: Resultado de um perigo natural cujo impacto é ampliado pelas atividades humanas e pela ocupação do território: erosão, desertificação, incêndios poluição, inundações (ALMEIDA, 2012). Na BHSR os riscos ambientais estão associados às inundações. Comunidades e bairros que integram a BHSR e que margeiam canais de drenagem ainda convivem com os riscos principalmente no período chuvoso.

- Desvalorização de imóveis: Foi constatado que imóveis em condomínios de classe média e média alta na BHSR perdem valor devido ao mau cheiro advindo da poluição dos igarapés da bacia. Esse impacto ocorre principalmente em condomínios da zona centro-sul de Manaus ao longo dos igarapés dos Franceses e do Mindú.

O mau cheiro ocorre principalmente na época menos chuvosa do ano entre Maio e Outubro que associado a fermentação dos resíduos biológicos com o intenso calor acaba liberando gases indesejáveis.

- Perda de serviços ambientais e ecossistêmicos: A regulação do clima, a filtragem da poluição, o provimento de momentos de lazer são alguns dos serviços ambientais e ecológicos que deixam de ser oferecidos de forma integral na BHSR. Em algumas áreas da BHSR são oferecidos de forma satisfatória como nos Parques públicos (**Figura 23**) e em áreas de lazer privadas. No entanto, as áreas mais populosas e de baixa renda ainda carecem dos serviços ambientais oferecidos pelos sistemas hídricos.



Figura 23 - Parque Municipal dos Bilhares às margens do igarapé do Mindú na BHSR.
Foto:Tiago F. Rodrigues

Nesse contexto procurou-se compreender sistemicamente a dinâmica socioambiental na BHSR. Buscou-se identificar os padrões que configuram a organização do sistema hídrico. Desse modo procedeu-se às análises dos componentes do sistema hídrico da paisagem da BHSR.

Os processos de intervenção nos sistemas hídricos da BHSR bem como em qualquer outro sistema natural já são bastante conhecidos na ciência. A importância desses processos para a revitalização da BHSR e a devolução dos seus processos naturais é de valor inestimável.

Nesse sentido, o sistema hídrico da BHSR em diferentes áreas necessita de processos de Conservação, Proteção, Preservação, Recuperação e Restauração. Apesar de não existir um rigor de definição vejamos seus significados principais com base em De Miranda (1995):

- **Conservação**: Implica a interferência do homem para que os ecossistemas ou as espécies sobrevivam. A conservação é mais do que a criação de parques ou reservas que contém também algum manejo da área distinguindo da Preservação e Proteção.
- **Proteção**: Implica a regulamentação das atividades do homem, para que os ecossistemas e espécies não sofram grandes impactos.
- **Recuperação**: Implica ações que ajudem um ecossistema ou uma espécie a restabelecer seu equilíbrio. Uma mata pode se recuperar sozinha, se passa a ser

protegida contra novas agressões e se o grau de destruição não compromete a capacidade de regeneração.

- Restauração: Nesse caso, a intervenção humana é ainda maior. Trata-se de reconstituir, às vezes a partir de quase nada, os ecossistemas existentes. Isso implica altos investimentos na reintrodução de espécies e germoplasmas, reconstituição de *habitats* entre outros.

Para cada necessidade e vontade preservacionista foram criadas figuras jurídicas, como os parques nacionais e estaduais, as estações ecológicas, as reservas biológicas, as áreas de preservação permanente, as áreas de proteção ambiental, as reservas extrativistas, entre outros.

Os desafios preservacionistas ainda são muitos tais como manter para o futuro parcelas representativas dos ecossistemas primitivos, cada vez mais raros e ameaçados de desaparecimento; preservar in situ a diversidade de espécies bem como podemos ver na BHSR a proteção dos sistemas e recursos hídricos; manter algumas características fundamentais das paisagens a partir de uma regulamentação do uso das terras é essencial em face da expansão dos sistemas industriais, urbanos e agrícolas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como toda a questão ambiental em qualquer escala, a análise de um sistema hídrico urbano como a BHSR deve ser entendida não como resultado da relação entre homem e natureza, mas sim da relação entre os homens. Desse modo os problemas ambientais são uma faceta das relações econômicas, políticas e culturais.

Deve-se enfatizar nos estudos, os processos políticos e econômicos onde estão os principais “nós” para se compreender com profundidade a questão ambiental.

No entanto, o principal objetivo na presente pesquisa foi de analisar a fisionomia da paisagem atual da Bacia Hidrográfica do igarapé de São Raimundo, a partir dos parâmetros de vulnerabilidade ambiental dos serviços ecossistêmicos do referido sistema hídrico.

Desse modo estruturou-se primeiramente as categorias norteadoras para a análise da fisionomia da paisagem da Bacia do igarapé de São Raimundo. As categorias analisadas foram de vulnerabilidade, Bacia hidrográfica, Paisagem, geossistemas, urbanização, serviços ecossistêmicos. Essas categorias sustentaram o objeto principal do estudo que é a vulnerabilidade ambiental.

Após isso realizou-se o diagnóstico de alguns aspectos da vulnerabilidade dos sistemas hídricos da Bacia especificamente aspectos hidrológicos, geomorfológicos e o levantamento da vegetação e urbanização. O diagnóstico teve por objetivo caracterizar os igarapés da Bacia do São Raimundo e nelas as Áreas de Preservação Permanente e nascentes.

Assim, o material e dados da caracterização do meio físico e na identificação das vulnerabilidades pode servir de contribuição ao planejamento e a gestão do uso do meio ambiente pelo poder público.

A Abordagem utilizada na pesquisa a partir da caracterização do uso do solo, e especificamente a vegetação, com o cruzamento deste com as ottobacias foram de grande valia na identificação das áreas mais vulneráveis que impactam diretamente os sistemas hídricos da bacia.

Dessa maneira constatou-se uma redução dos serviços ecossistêmicos na Bacia Hidrográfica do igarapé São Raimundo. Na medida em que houveram retificações em seus canais, a expansão irregular de áreas para os diversos usos urbanos. Bem como a supressão de APP entre outros desmandos ocorrem em

grande parte da bacia. Esses processos acabam provocando a perda de serviços ecossistêmicos na bacia.

Além dessa situação há outros impactantes para o sistema fluvial: esgotos com despejos para os leitos fluviais da rede hidrográfica; pontos de erosão pluvial; descartes sólidos domésticos e outros desmandos.

Desse modo o entendimento a respeito da vulnerabilidade dos sistemas hídricos da bacia revela uma estreita combinação entre uma urbanização precária sobre fácies do ambiente natural.

Planícies de inundação, encostas de morros e colinas íngremes, antigos lixões, são ambientes que precisam de atenção especial para serem ocupados pois possuem fragilidades naturais próprias. Essas áreas devem ser protegidas a partir de políticas específicas para que o impacto das ocupações seja minimizado.

No entanto, conforme observado na pesquisa é a vegetação a partir das áreas públicas protegidas principalmente nos parques estaduais e municipais e algumas áreas federais do exército dentro da BHSR que sustentaram a conservação dos sistemas hídricos em boa parte da bacia. Dentre os principais serviços ambientais da vegetação em conjunto com os sistemas hídricos está a limpeza atmosférica das cidades, equilíbrio solo-clima e poluição sonora. Dessa forma, a vegetação age purificando o ar por fixação de poeiras e materiais residuais e pela reciclagem de gases através da fotossíntese; regula a umidade e, temperatura do ar; mantém a permeabilidade, fertilidade e umidade do solo e protege-o contra a erosão, e; reduz os níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho das cidades.

A dinâmica dos processos socioambientais atinge de modo desigual as diferentes áreas da bacia. Os locais da bacia onde há uma precariedade de condições de infraestrutura combinada a fragilidade da atuação do poder público é onde os sistemas hídricos são mais sensíveis. Estes aspectos dizem respeito principalmente ao prognóstico futuro em que se desdobraram as consequências desses impactos. Destaca-se também a facilidade da utilização da cartografia como instrumento de análise e objeto de suma importância ao planejamento.

A posição teórica metodológica no caso do estudo dos sistemas hídricos e da fisionomia da paisagem da BHSR foi importante para o entendimento dos elementos de forma integrada da vulnerabilidade. Desse modo a abordagem sistêmica na caracterização dos ambientes, a valorização da multidisciplinaridade e do paradigma

da complexidade de Edgar Morin bem como na abordagem dos sistemas de informação foram bases fundamentais para o entendimento do todo geográfico.

Contudo a análise da vulnerabilidade dos sistemas hídricos da BHSR deve ser buscada a compreensão pela totalidade. Especificamente é entender os processos e as funcionalidades das paisagens sobretudo em áreas urbanas como por exemplo: o suporte físico, infraestruturas, usos da terra, valor do solo e dinâmica climática. Estes são alguns aspectos fundamentais para se tentar compreender a dinâmica da vulnerabilidade dos sistemas hídricos não só na BHSR, mas em Manaus.

Contudo espera-se com a conclusão desse trabalho que medidas de intervenção possam ser planejadas e executadas de modo adequado, sejam por obras, políticas ambientais ou outros. Espera-se também que o trabalho contribua para a fundamentação em demais trabalhos posteriores para uma melhor análise a respeito do tema que foi desenvolvido no presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. A Cidade de Manaus. IN: AB'SÁBER, Aziz Nacib. A Amazônia: Do Discurso à Praxis. São Paulo: Edusp, 2004. 2 Ed, p201- 222.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.163p

ACSELRAD, Henri. A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. 237 p.

ALBUQUERQUE, Adorea Rebello. A Erosão no Contexto das Bacias Hidrográficas. In: ALBUQUERQUE, Adorea Rebello (Org). Contribuições teórico-metodológica da Geografia Física. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas,2010, p9-41.

ALEXANDROWICZ, Z.; KOZLOWSKI, S. From selected geosites to geodiversity conservation-Polish example of modern framework. In: Barenttino D., Vallejo M., Gallego E. (Eds.) Towards the balanced management and conservation of the geological heritage in the new milenium, Sociedad Geológica de España, Madrid, p. 52-54, 1999.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações. Coleção PROPG Digital (UNESP), 2012.

ALVES, N.S. CARVALHO, B.L. RODRIGUES, R.C.C. SANTOS, W.R. Fatores Condicionantes do Risco de Inundações na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Mindu, Manaus-AM. XI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Maringá, Paraná, 2016. Disponível em <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/8/8-46-1418.html>. Acesso 10 nov. 2018.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Codificação de Bacias Hidrográficas pelo Método de Otto Pfafstetter. Brasília, 2012.

ANDRADE. Gilberto Osório de. Furos, Paranás e Igarapés. Análise genética de alguns elementos do sistema potamográfico amazônico. Congresso Internacional de Geografia, 18. Rio de Janeiro. Anais da União Geográfica Internacional,1956. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/40996475>. Acesso em: 26 Março de 2017

BERTALANFFY, Von Ludwig – Teoria Geral dos Sistemas – Trad. de Francisco M. Guimarães, Brasília: Ed. Petrópolis/Vozes, 1975.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Revista Ra'Ega, nº 8, Curitiba,p141-152, 2004.

BITTENCOURT, Maria Mercedes; AMADIO, Sidnéia Aparecida. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. Acta Amazônica. Vol. 37(2) 2007.Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-5967200700020019. Acesso em: 20 Abril de 2019.

BRUNHES, Jean. Geografia Humana. Rio de Janeiro: E. Fundo de Cultura, 1962.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. IN: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 269-300, 1999.

CALLISTO, Marco *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnologica Brasiliensia, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: [http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo%2010_14\(1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo%2010_14(1).pdf). Acesso em: 20 Março de 2017.

CAPRA, Fridjof. A Teia da Vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos – Trad. de Newton R. Eicheberg; 9ª ed., São Paulo: Cultrix, 2000.

CARDONA, Omar Darío. La necesidad de se repensar de maneira holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Conferência sobre Teoria e Prática sobre Vulnerabilidade em Desastres. Universidade de Wageningen, Holanda, 2001. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>. Acesso em 10 mar. 2018.

CASSIANO, Karla Regina Mendes. Análise geográfica de áreas de risco na bacia hidrográfica no Igarapé do Mindu-Manaus (AM). Orientador: Maria Lúcia de Paula Herrmann. 2013. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CARPI JUNIOR, S. Técnicas cartográficas aplicadas á dinâmica da bacia do Ribeirão Araquá – SP. 1996. 188f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

CARVALHO, José Alberto Lima de. Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera – Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara – Am, Brasil. Orientador: Hailton Luiz Siqueira da Igreja. 2006. 141f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) – Instituto de Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

CANHOLI, Aloísio Pardo. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de textos, 2014. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=BPAtCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP25&dq=CANHOLI+Planejamento+de+sistemas+de+Drenagem+urbana&ots=9WqrlnP874&sig=Yx_kKZVJn5LW941XwEIW0BIAXxE#v=onepage&q=CANHOLI%20Planejamento%20de%20sistemas%20de%20Drenagem%20urbana&f=false. Acesso em Jul 2018.

CÑADAS, Enrique. Serrano.; FLAÑO, Purificacion Ruiz. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial – El caso de Tiemes Caracena (Soria). Boletín de La A.G.E., n. 45, p. 79-98, 2007. Disponível em: <http://www.boletinage.com/45/04-geodiversidad.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2012.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. O Atlas da Água. Publifolha, tradução Anna Maria Quirino. São Paulo, 2005.

CLAVAL, Paul. A Geografia Cultural. Florianópolis. Editora da UFSC, 1999.

COELHO NETO, Ana Luiza; AVELAR, André de Souza. O uso da Terra e a Dinâmica Hidrológica: comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem. In: SANTOS, Rozely.(Org.). Vulnerabilidade Ambiental Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>. Acesso em: 12 Jan 2017.

CONCEIÇÃO, S.G. Atividades agrícolas na cidade: a influência da urbanização na produção de hortaliças em Manaus/AM. Orientador: Sandra do Nascimento Noda. 2010. 130f Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia). Centro de Ciências do Ambiente – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2010.

CORRÊA, Roberto Lobato. Trajetórias Geográficas. Rio de Janeiro: Afiliada, 1997.

COSTA, Reinaldo Corrêa. Áreas de Risco no Sítio Urbano de Manaus: Geossistema e Formação Social como Fundamentos de Análise. In: II Encontro Latinoamericano de Geomorfologia, Belo Horizonte MG. Dinâmica e Diversidade de Paisagens. Belo Horizonte: UFMG, 2008

RADAMBRASIL, Projeto. Folha SA. 20 Manaus: geologia; geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. 1978.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. - Análise de Sistemas em Geografia – São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

CUNHA, Sandra. Batista. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, Antonio Jose Texeira e CUNHA, Sandra Batista. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 5 ed. Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 2003.

DANTAS, Marcelo Eduardo *et al.* Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. Terræ Didática, v. 11, n. 1, p. 4-13, 2015. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/> .Acesso em junho de 2018.

DEÁK,Csaba . Verbetes de economia política e urbanismo. 2001. Disponível em:http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/4verb/index.html>. Acesso em 19 Abr 2018.

DREW, David. Processos interativos homem–meio ambiente. 2ª edição. São Paulo, 2005.

FISCH, Gilberto.; MARENGO, José; NOBRE, Carlos. Clima da Amazônia. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.HTML>> Acesso em 14 nov 2017.

GOUROU, Pierre. Observações geográficas na Amazônia. Revista Brasileira de Geografia, v. 11, n. 3, p. 355-408, 1949.

GRAY, Murray. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons, 2004.

GREGORY, Ken J. A natureza da geografia física. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 1, n. 992, p. 367, 1992.

GROBE, Cristiana Maria Petersen. Manaus e seus Igarapés: A construção da cidade e suas representações (1880-1915). Orientadora: Maria Luiza Ugarte Pinheiro. 2014. 160f. Dissertação (Mestrado em História). Instituto de Ciências Humanas e Letras - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Divisão Territorial Brasileira 2016. Consultado em 10 de Agosto de 2018

LAVELL, Allan. Gestión de riesgos ambientales urbanos. Lima: FLACSO/La Red, 2001. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>. Acesso em 10 mar. 2018.

LEFF, Enrique. – Epistemologia Ambiental – Trad. S. Valenzuela, São Paulo: Cortez, 2002.

LOPES, Maria José do Nascimento *et al.* Avaliação preliminar da qualidade da água de bacias hidrográficas de Manaus utilizando o método BMWP adaptado. SaBios, v. 3, p. 1-9, 2008.

MACENA, Lila Sigríd Lemos. Áreas de risco nas Bacias hidrográficas urbanizadas de Manaus. Orientador: Reinaldo Corrêa Costa 2016, 264f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e Letras - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

MACHADO, Ana Lucia Soares. Educação ambiental para Gestão Sustentável da água.: estudo de caso do igarapé do Mindú – Manaus, AM. Orientador: Izabel Cristina Bruno Barcellar Zaneti. 2012. 246f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MANAUS. Decreto Lei N° 605 de 24 de julho de 2001. Dispõe o código ambiental do município de Manaus. Disponível em: www.leismunicipais.com.br. Acesso: 03 jun 2011.

MARICATO, Erminia. As idéias fora de lugar e o lugar fora das idéias. Planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, Otilia Beatriz Fiori; VAINER, Carlos; MARICATO,

Ermínia. A cidade do pensamento único: desmanchando consensos. Editora Vozes, 2002.

MARINHO, Rogério Ribeiro, SILVA, Elaine Cristina Maia da. Análise morfométrica de áreas afetadas por inundação urbana em Manaus (AM). Caminhos de Geografia Uberlândia v. 17, n. 59, p. 162–176, 2016.

MARONDOLA JUNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Josep. Riscos e Perigos: O estudo geográfico dos natural hazards. Ambiente e Sociedade, v7, n2,p1-12, 2004.

DE MIRANDA, Evaristo Eduardo. A ecologia. São Paulo: Edições Loyola, 1995.

MORIN, Edgar. O método 1: a natureza da natureza. (tradução. Ilana Heineberg). Porto Alegre: Sulina, 2016.

NASCIMENTO, Marta Benfica do. Produção agrícola familiar em área urbana: Comunidade Nova Esperança - Bairro Jorge Teixeira - Manaus-AM. Orientador: Manuel de Jesus Masulo da Cruz. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e Letras - Universidade Federal do Amazonas, 2014.

PFAFSTETTER, Otto. Classificação das Bacias hidrográficas. Metodologia de classificação. Agencia Nacional de Águas, 1989.

REIS, Raquel Serique. Avaliação da gestão da conservação dos espaços protegidos urbanos no município de Manaus, AM. Orientador: Julio César Rodríguez Tello, 2012, 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

RIMA. Relatório de Impacto Ambiental. PROSAMIM III – Igarapé do São Raimundo. Governo do Estado do Amazonas, 2012. Disponível em: <http://prosamim.am.gov.br/wp-content/uploads/2012/05/rima-prosamim3.pdf>. Acesso 13 jan 2018.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. VENTURI, Luciano Antonio Bittar. Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

SANTOS, Milton. A natureza do espaço—Técnica e tempo. Razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?. Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>. Acesso em: 12 Jan 2017

SAUER, Carl Ortwin. A morfologia da paisagem. In: Paisagem, Tempo e Cultura. CORRÊA, Roberto Lobato.; ROSENDAHL, Zeny. (orgs.). Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

SILVA, Clauzionor Lima da; ROSSETTI, Dilce de Fátima. História geológica dos rios da Amazônia. *Ciência e Cultura*, v61, n3, p. 24-26, 2009.

SILVA, Clauzionor Lima da. Análise tectônica Cenozóica da região de Manaus e adjacências. Orientador: Norberto Morales. 2005. 285 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

SILVA, Cassio Roberto., Ramos *et al.* Começo de Tudo. In: Silva Cassio Roberto da. (Org). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro*. CPRM–Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, p. 11-20, 2008.

SOUZA, Reginaldo José de; PASSOS, Messias Modesto dos. Algumas reflexões sobre o território enquanto condição para a existência da paisagem. *Revista Geoinfórmica*, v1, n1, p. 1-12, 2009.

STANLEY, Michael. Geodiversity - Linking people, landscapes and their culture. IN: *Natural and Cultural landscapes. The Geological Foundation, M.A Parks (ed). Royal Irish Academy, Dublin, Ireland, 47 – 52. 2002.*

STRAHLER, Arthur Newell. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, v.38, p.913-920, 1957. Disponível em: <http://www.uvm.edu/~pdodds/files/papers/others/1957/strahler1957a.pdf>. Acesso em 10 mai 2018.

TEODORO, Valter Luis lost; *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara, Araraquara*, v11. n20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, Kelly Cristina. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. 2005, 85f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal). Faculdade de Ciências Florestais - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TÔSTO, Sergio Gomes; *et al.* Serviços ecossistêmicos e Serviços ambientais: Conceitos e importância. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2012/12/13/servicos-ecossistemicos-e-servicos-ambientais-conceitos-e-importancia-artigo-de-sergio-gomes-tosto-lauro-charlet-pereira-e-joao-alfredo-de-c-mangabeira/>. Acesso em 20 jul 2018.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas Urbanas. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. *Inundações na América do Sul. Associação brasileira de recursos hídricos. Porto Alegre, 2003.* Disponível em: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf> Acesso em: 12 maio de 2018.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTERREDUCTION (UNISDR). Guidelines for natural disaster prevention, preparedness and mitigation. In: *World Conference on Natural DisasterReduction, 1994, Yokohama, Japão.*

Disponível em: <http://www.reliefweb.int/dhaol/Programs/idndr/yokohama/index.html>. Acesso em 12 mar 2018.

VALERIANO, Márcio de Morisson. Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE, 72p,2008.

VEYRET, Yvette. Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. Contexto, São Paulo, 319p, 2007.

VIANA, Milton Costa. Estudo de contaminantes em águas, sólidos totais suspensos e sedimentos de igarapés da zona urbana de Manaus – Amazonas. Orientadora: Tereza Cristina Souza de Oliveira. 2018, 108f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

VIEIRA, Antonio Fábio Guimarães. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. Orientador: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira 2008.223f. Tese(Doutorado em Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

WILBER, Ken. (org.). O Paradigma Holográfico e Outros Paradoxos: Explorando o Flanco Dianteiro da Ciência. Tradução Maria de L. E. e Newton R. E., 4ª Ed., Cultrix. São Paulo, 2003.

WILCHES-CHAUX, Gustavo. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, Andrew. (Org). Los desastres no son naturales. LA RED, 1993, p11-41. Disponível em: [http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastres No Son Naturales-1.0.0.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastres%20No%20SonNaturales-1.0.0.pdf). Acesso em 10 mar. 2018.

