UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DANILO MACHADO DA SILVA

IGARAPÉ DA CACHOEIRINHA: HIDRODINÂMICA, PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO E OS IMPACTOS ASSOCIADOS NA CIDADE DE MANAUS – AMAZONAS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DANILO MACHADO DA SILVA

IGARAPÉ DA CACHOEIRINHA: HIDRODINÂMICA, PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO E OS IMPACTOS ASSOCIADOS NA CIDADE DE MANAUS – AMAZONAS

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), como parte das exigências do Programa de Pósgraduação em Geografia (PPGGeo), para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Célia Alves de Souza

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Danilo Machado Da.

S586i Igarapé da Cachoeirinha: Hidrodinâmica, Processo de Uso e Ocupação e os Impactos Associados na Cidade de Manaus— Amazonas / Danilo Machado da Silva — Cáceres, 2023. 126 f.; 30 cm. (ilustrações) II. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Câmpus de Cáceres, Universidade do Estado de MatoGrosso, 2023.

Orientador: Célia Alves de Souza

1. Crescimento Urbano. 2. Canais Fluviais Urbanizados. 3. Variáveis Hidrodinâmicas. 4. Impactos Ambientais. 5. Igarapé da Cachoeirinha. I. Danilo Machado da Silva. II. Igarapé da Cachoeirinha: Hidrodinâmica, Processo de Uso e Ocupação e os Impactos Associados na Cidade de Manaus—Amazonas: .

CDU 502

DANILO MACHADO DA SILVA

IGARAPÉ DA CACHOEIRINHA: HIDRODINÂMICA, PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO E OS IMPACTOS ASSOCIADOS NA CIDADE DE MANAUS – AMAZONAS

Essa Dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia, junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGeo), da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat).

Cáceres, 18 de outubro de 2023.

Banca Examinadora

Dr.ª Célia Alves de Souza
Orientadora
Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Dr.ª Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Avaliadora Externa
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Dr. Gustavo Roberto dos Santos Leandro
Avaliador Interno
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Dr. Juberto Babilônia de Sousa
Avaliador Interno

CÁCERES – MT 2023

Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)



AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por ter me dado forças, sabedoria e alívio para prosseguir diante diversas situações, principalmente quando pensei que não fosse capaz.

À Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, através do Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGGeo, que sempre esteve de portas abertas para me receber, desde a graduação me proporcionando mais que conhecimento, oportunidades e realizações profissionais.

À Secretaria de Estado de Educação do Amazonas – SEDUC/AM, que mesmo negando meu pedido de licença para estudos e aperfeiçoamento profissional cumpriram com a lei após a liminar pelo Tribunal de Justiça, na qual também agradeço a esse órgão por cumprir com a justiça dos homens.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio e concessão de bolsas em projetos nessa área de estudo, na qual surgiu o tema dessa dissertação e me despertou para o mundo da pesquisa, da ciência e a busca por novos conhecimentos.

À Professora Dra. Célia Alves de Souza, pela paciência, pelo estímulo, pelas cobranças e também confiança durante essa trajetória. Acredito que tudo acontece no tempo certo, mesmo que tenha sido um tempo um pouco além do que tínhamos planejado (risos). Exemplo de pessoa e exemplo de profissional, gratidão, professora!

Aos meus amigos Kelly Bentes, Nael Souza, Danilo Santiago e aos alunos Elias, Pedro e Sarah que tanto auxiliaram nas atividades de campo e observação no igarapé. Muitas das vezes correndo "risco de vida" em zonas de perigo, mas sempre cheias de aprendizado e histórias pra contar, esse trabalho é nosso, muito obrigado!

À minha família, que sempre me impulsiona a sonhar e conquistar coisas maiores e melhores, sempre ora por mim e são sempre a minha base em todos os processos da vida. Em nome da minha mãe, Maria José, meu pai, José Maria e meu irmão, Diego Machado, amor incondicional.

A todos, direta ou indiretamente que fizeram parte desse trabalho, o meu MUITO OBRIGADO!

"Poder, como um rio que leva sozinho a uma canoa que se cansa, servir de caminho à esperança. E da lavagem do límpido à mágoa da mancha, como o rio que leva e lava (...). Como um rio, que nasce dos outros, sabendo continuar junto com os outros."

(Thiago de Mello)

RESUMO

Os canais fluviais correspondem a importantes elementos da paisagem no contexto das cidades. Devido à industrialização e consequentemente a aceleração da expansão urbana, os mesmos passaram por intensas alterações ambientais em seus cursos naturais. Esse mesmo processo ocorreu nos canais fluviais urbanos da cidade de Manaus, Amazonas. Diante disso, a presente dissertação tem como objeto de estudo a sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha. O estudo objetivou analisar o processo de uso e ocupação, hidrodinâmica e os impactos no canal fluvial no igarapé da Cachoeirinha, na cidade de Manaus. Para o desenvolvimento do estudo, recorreu-se a organização em etapas, que foram o levantamento bibliográfico, levantamento cartográfico, análise de dados secundários, monitoramento das variáveis hidrodinâmicas, aplicação de protocolos nas dez seções transversais e posteriormente a sistematização dos dados. A rede de drenagem, na área de estudo, foi submetida a diversas alterações (alargamento, canalização, retificação) no leito fluvial, principalmente no médio e baixo curso. Através das mudanças nos processos fluviais, associados a densa urbanização no entorno, foram identificadas oito seções transversais em condições ruins, uma em condição regular e uma em condição boa. A única seção que apresenta condição boa está localizada na área de nascente, no alto curso do canal. Contudo, é possível afirmar que a sub-bacia, a partir da seção 3, encontra-se alterada e impactada em diversos níveis. Ainda, através das análises de dados batimétricos, o período com menores vazões é na vazante, mas o canal apresentou vazão zero na seção 1, período de vazante bem como na seção 10, no período de cheia, haja vista que esse trecho também recebe influência da cheia do rio Negro. A largura aumenta de montante para jusante apresentando variações entre os dois períodos estudados. Por fim, se faz necessário medidas para mitigar os diversos impactos sobre o igarapé da Cachoeirinha, pensando na sustentabilidade e diversidade ambiental que o canal exerce no contexto geral.

Palavras-chave: Crescimento urbano. Canais fluviais urbanizados. Variáveis hidrodinâmicas. Impactos ambientais. Igarapé da Cachoeirinha.

ABSTRACT

The river channels correspond to important landscape elements in the context of cities. Due to industrialization and consequently the acceleration of urban expansion, they have undergone intense environmental changes in their natural courses. This same process occurred in the urban river channels of the city of Manaus, Amazonas. In view of this, the present dissertation has as its object of study the hydrographic sub-basin of the Cachoeirinha stream. The study aimed to analyze the process of use and occupation, hydrodynamics and the impacts on the river channel in the Cachoeirinha stream, in the city of Manaus. For the development of the study, the organization in stages was used, which were the bibliographic survey, cartographic survey, analysis of secondary data, monitoring of hydrodynamic variables, application of protocols in the ten cross sections and later the systematization of the data. The drainage network, in the study area, underwent several alterations (widening, canalization, rectification) in the river bed, mainly in the medium and lower courses. Through changes in river processes, associated with dense urbanization in the surroundings, eight cross sections were identified in poor condition, one in fair condition and one in good condition. The only section that is in good condition is located in the source area, in the upper course of the channel. However, it is possible to state that the sub-basin, from section 3 onwards, is altered and impacted at different levels. Still, through the analysis of bathymetric data, the period with the lowest flows is in the ebb, but the channel had zero flow in section 1, ebb period, as well as in section 10, in the flood period, considering that this section also receives influence the flood of the Negro river. The width increases from upstream to downstream showing variations between the two studied periods. Finally, measures are needed to mitigate the various impacts on the Cachoeirinha stream, thinking about the sustainability and environmental diversity that the channel exerts in the general context.

Keywords: Urban growth. Urbanized river channels. Hydrodynamic variables. Environmental impacts. Cachoeirinha Stream.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de perfil longitudinal de canais fluviais	34
Figura 2: Localização da área de estudo	37
Figura 3: Procedimentos de coleta de dados nos trabalhos de campo	40
Figura 4: A) Marcação do trecho no canal. B) Medição da profundidade	42
Figura 5: Aplicação de protocolos nas seções transversais	43
Figura 6: Perfil transversal segmentado conforme o PAR	44
Figura 7: Planta dos igarapés da Cachoeirinha e Ponte de Ferro	49
Figura 8: Histórico de ocupação na cidade de Manaus, Amazonas	50
Figura 9: Evolução da população de Manaus (1900 – 2022)	51
Figura 10: Vista do igarapé da Cachoeirinha (1901 – 1902)	52
Figura 11: Vista do igarapé da Cachoeirinha e palafitas (1901 – 1902)	53
Figura 12: Bairros limítrofes na sub-bacia do igarapé da Cachoeirinha	55
Figura 13: Visão da rua Codajás, a partir da divisa com o bairro Petrópolis, que	tem
como marco o igarapé da Cachoeirinha	56
Figura 14: Cidade flutuante no rio Negro	59
Figura 15: Uso e cobertura da terra na sub-bacia do igarapé da Cachoeirinha	61
Figura 16: Percentual de ocorrência de classes relacionadas à área (1985 a 202	21)
	62
Figura 17: Densa urbanização A) alto curso B) médio curso	63
Figura 18: Fragmentos florestais na SBHIC	65
Figura 19: Supressão da vegetação natural e elementos urbanos	66
Figura 20: Comércio de peixes sobre o igarapé da Cachoeirinha	68
Figura 21: Atividades comerciais nas margens do igarapé da Cachoeirinha	69
Figura 22: Notícia midiática sobre a mudança de cor na SBHIC	70
Figura 23: Acúmulo de resíduos superficiais no baixo curso do canal	71
Figura 24: Estreitamento do canal e pontos de estrangulamento no alto curso	75
Figura 24: Estreitamento do canal e pontos de estrangulamento no alto curso Figura 25: Construções e muros nas margens do canal	
	75
Figura 25: Construções e muros nas margens do canal	75 76
Figura 25: Construções e muros nas margens do canal	75 76 77
Figura 25: Construções e muros nas margens do canal	75 76 77

Figura 31: Tipologia de ponte sobre galerias	81
Figura 32: Tipologia de ponte sobre manilhas	82
Figura 33: Desníveis de engenharia hidráulica	83
Figura 34: Trecho com predominância de processo erosivo	84
Figura 35: Seção 1 - nascente do igarapé da Cachoeirinha	85
Figura 36: Seção 2, bairro Petrópolis no alto curso do canal fluvial	87
Figura 37: Seção 3, início das obras de engenharia no alto curso	89
Figura 38: Seção 4, bairro São Francisco no médio curso	91
Figura 39: Lançamento de efluente na margem esquerda da seção 5	93
Figura 40: Comportamento da água na seção 6 após chuva	94
Figura 41: Processo erosivo na margem esquerda da seção 7	96
Figura 42: Seção 8, bairro Cachoeirinha no baixo curso	97
Figura 43: Comportamento da água na seção 9 no período de cheia	99
Figura 44: Seção 10, na foz do canal – Períodos A) cheia B) vazante	101
Figura 45: Lançamento de efluentes no igarapé	105
Figura 46: Deposição de sedimentos no canal fluvial	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Protocolo de Avaliação Rápida para rios urbanos	44
Quadro 2: Nível 1 – Características morfológicas do canal	45
Quadro 3: Nível 2 – Uso do solo nas margens	46
Quadro 4: Nível 3 – Uso do solo nos interflúvios	46
Quadro 5: Resultado da aplicação do PAR	102
Quadro 6: Resultado da aplicação da tipologia de canais urbanos	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fase do desenvolvimento das águas urbanas	33
Tabela 2: Variáveis hidrodinâmicas da seção 1	86
Tabela 3: Variáveis hidrodinâmicas da seção 2	88
Tabela 4: Variáveis hidrodinâmicas da seção 3	90
Tabela 5: Variáveis hidrodinâmicas da seção 4	92
Tabela 6: Variáveis hidrodinâmicas da seção 5	94
Tabela 7: Variáveis hidrodinâmicas da seção 6	95
Tabela 8: Variáveis hidrodinâmicas da seção 7	97
Tabela 9: Variáveis hidrodinâmicas da seção 8	98
Tabela 10: Variáveis hidrodinâmicas da seção 9	100
Tabela 11: Variáveis hidrodinâmicas da seção 10	102

LISTA DE SIGLAS

ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANM Agência Nacional de Mineração

AOPBMAM Associação dos Oficiais da Polícia Militar e Bombeiro Militar do

Amazonas

APA Área de Proteção Ambiental

APP Área de Preservação Permanente

ASSECMA Associação dos Empregados da CPRM de Manaus

CMPM Colégio Militar da Polícia Militar

CPI/PMAM Comando de Policiamento do Interior da Polícia Militar do Amazonas

CPRM Serviço Geológico do Brasil

DAT Diretoria de Atividades Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do

Amazonas

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMPLURB Instituto Municipal de Planejamento Urbano

INCRA Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPA Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

INSS Instituto Nacional do Seguro Social

PAR Protocolo de Avaliação Rápida

PROSAMIM Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus

SBHIC Sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha

SEMINF Secretaria Municipal de Infraestrutura

ZFM Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	. 16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	. 19
2.1 E	Espaço e paisagem no contexto da Geografia	. 19
2.1.1	Espaço geográfico	.19
2.1.2	2 Paisagem	.22
2.2 (Canais urbanos	. 25
2.2.1	Termologias regionais a rede de drenagem	. 28
2.2.2	Intervenção nos canais fluviais urbanos	. 31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	. 37
3.1 <i>Ā</i>	Årea de estudo	. 37
3.2 F	Procedimentos metodológicos	. 38
3.2.1	Atividade de Gabinete	.38
3.2.2	2Trabalho de campo	.39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	. 48
4.1 F	Processo de ocupação e uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica do igarapé	
da C	achoeirinha	. 48
4.1.1	Processo de ocupação	.48
4.1.2	Características dos bairros limítrofes da sub-bacia hidrográfica do igarapé da	l
Cach	noeirinha	.54
4.2	Uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica	. 60
4.3	Intervenções diretas no leito do igarapé da Cachoeirinha	.73
4.4	Processos hidrodinâmicos nas seções transversais	. 84
4.5	Avaliação do PAR e Tipologia de Canais Urbanos	102
CON	ISIDERAÇÕES FINAIS	110
REF	ERÊNCIAS	113

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado e as questões ambientais tomaram conta das atuais discussões internacionais nas últimas décadas. Isso acontece devido à crise ambiental que o planeta enfrenta, causado principalmente pela ação antrópica, que através de seus hábitos extremamente consumistas e predatórios, vem destruindo os recursos naturais e o meio ambiente gradativamente.

Bordas e Semmelmann (2004) comentam que a presença e a ação do homem com suas inúmeras atividades, desmatamento, agricultura, urbanização, construção de estradas, retificação e barramentos dos cursos de água favorecem o aumento das agressões às calhas dos rios e à redistribuição em excesso do volume de sedimentos e à estabilidade dos leitos fluviais.

Nesse sentido, a expansão e o adensamento urbano vêm implicando em uma série de alterações, sobretudo no ritmo dos processos ambientais, com a consequente ocorrência de fenômenos relacionados ao aumento da pressão antrópica em bacias hidrográficas.

O impacto humano da urbanização em sistemas fluviais tem contribuído em grande parte para a degradação ambiental dos córregos urbanos, ou seja, propicia choques do equilíbrio dinâmico desses locais. Córregos urbanos são elementos dinâmicos dentro do sistema de bacia de drenagem, podendo ocorrer mudanças morfológicas e/ou geométricas espaço-temporais ao longo de seu perfil longitudinal. (RODRIGUES, 2010)

Santana e Cunha (2019) destacam que os rios urbanos, de maneira geral, se tornaram exemplos de ambientes altamente perturbados pois, se encontram alterados e/ou degradados devido às intensas intervenções antrópicas, as quais modificaram sua morfologia para atender às novas e diversas exigências do crescimento das cidades.

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras, constituindo-se em um importante fator de degradação dos corpos hídricos (TUCCI, 2002). Essa poluição é considerada difusa, uma vez que provém de diferentes atividades que depositam poluentes de forma distribuída sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica.

Segundo Pinese et al., (2009), por meio da compreensão das bacias

hidrográficas pode-se avaliar de forma integrada a ação do homem sobre a mesma e as consequências desta ação para o equilíbrio hidrológico que representa o sistema. É nesse contexto socioambiental, e não somente dentro de um viés de desenvolvimento socioeconômico, que a bacia hidrográfica poderia ser entendida como uma unidade territorial de gestão dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a cidade de Manaus, capital do Amazonas, vem presenciando com o passar dos tempos as invasões espontâneas, o desmatamento e o assoreamento de várias bacias hidrográficas que permeiam e que são as bases físicas para a expansão da cidade. Melazo (2005) descreve que a cidade deve ser entendida como espaço integrado da natureza, assim como a natureza também deve ser respeitada e conservada, não sendo tratada através da superficialidade de meros paisagismos ou pela racionalidade do sistema capitalista.

Vários estudos foram realizados nos canais urbanos de Manaus, destacandose os seguintes trabalhos de pesquisa: Martins Júnior (2018) realizou a análise dos rios urbanos de Manaus, visando a gestão participativa das águas, com ênfase no igarapé do Quarenta; Calvo (2018) estudou a influência antrópica na drenagem do igarapé do Quarenta e orla de Manaus; Silva et al. (2020) avaliaram a dinâmica socioespacial e problemas urbanos no igarapé do Quarenta; Lachi (2022) identifica o uso e os diversos problemas socioambientais existentes no igarapé da Cachoeira Grande; Oliveira (2022) mostra a geodiversidade e a paisagem na bacia de drenagem de Educandos.

A intensa expansão urbana caracterizou diversos avanços e retrocessos em diferentes escalas, sejam sociais e ambientais. A busca pela modernização nos segmentos de engenharia provocou a alteração dos canais fluviais urbanos e através do crescimento populacional, as ocupações irregulares, ocupações nas planícies de inundação, áreas de risco e com eles aumento da geração de resíduos domésticos, industriais, assoreamento dos canais, esgotos, sendo refletidos e/ou despejados nas redes de drenagem.

Nessa perspectiva, a aplicação de protocolos visa o diagnóstico e a avaliação dos ambientes. Sua eficácia decorre da integração de uma série de mecanismos e métodos que possibilitam a obtenção de estratégias para o monitoramento. Os protocolos de avaliação rápida correspondem à conjuntos de procedimentos, baseados em critérios estabelecidos previamente, conforme a finalidade do estudo. Tal abordagem é constituída pelas atividades de observação em campo, registrada

na forma de descrição, sistema de pontuação ou de classificação (RIGOTTI, et al., 2016).

Na atualidade vários estudos utilizam os protocolos como ferramenta de avaliação das características do leito, margens, condições ecológicas, como os trabalhos de Freitas et al. (2015), Rigotti, Pompêo e Fonseca (2016); Leandro et al. (2017); Pontini e Coelho (2019); Campos e Nucci (2019); Araújo et al. (2020); Silva (2021); Funaro et al. (2022); Almeida et al. (2022).

A sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha é exemplo de um sistema com diversas alterações no leito, margens e estrutura fluvial. Além disso, recebe também impactos das tipologias de uso e ocupação no entorno, o que aumenta os níveis de degradação e problemáticas ambientais.

Essas alterações resultam em impactos relevantes para a qualidade da água, bem como na qualidade de vida da população em geral, haja vista que os canais urbanos têm como foz os rios que servem de captação de água para o abastecimento das sociedades.

Quanto a relevância da pesquisa, considera-se necessário um aprofundamento nos estudos relacionados ao processo de ocupação, alterações no canal, bem como investigar as condições atuais do igarapé, visando contribuir para políticas públicas no tocante a planejamento de ações, gestão e fiscalizações efetivas nos projetos e investimentos, além de contribuir com possíveis medidas corretivas.

Contudo, o estudo objetivou analisar o processo de uso e ocupação, hidrodinâmica e os impactos no canal fluvial no igarapé da Cachoeirinha, na cidade de Manaus, Amazonas.

A presente dissertação está estruturada em quatro capítulos. O primeiro faz a introdução ao assunto. O segundo corresponde à revisão teórica, na qual é composto pelas seguintes temáticas: espaço geográfico e paisagem no contexto da Geografia, canais urbanos: intervenções nos canais fluviais urbanos e termologias regionais a rede de drenagem. O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho. E por fim, o quarto capítulo traz os resultados e discussões, bem como as conclusões finalizando a pesquisa.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espaço e paisagem no contexto da Geografia

2.1.1 Espaço geográfico

A aplicação da palavra espaço como conceito é usual para diversas áreas da ciência. No contexto da ciência geográfica foi inicialmente discutida pela Geografia tradicional, que posteriormente evoluiu para a teorética quantitativa, e assim considera-se o conceito de espaço firmado no materialismo histórico e dialético. A partir de 1970, foi dado enfoque aos conceitos de paisagem e região e, a partir deles, surgiu a discussão sobre o objeto da Geografia, com sua identidade nos demais campos da ciência (CORRÊA, 2000).

Estabelecer um conceito fixo para o espaço é desafiador, haja vista que este assunto percorreu as diversas correntes do pensamento geográfico e ainda enfatiza Corrêa (2007, p.16) que não é só a busca pelo conceito de espaço. Como ciência social a Geografia é objetivada via cinco conceitos-chave: paisagem, lugar, região, território e espaço.

De acordo com Moreira (2012), o espaço é o campo das realizações e interações homem-meio, é um produto da história, o mediador que passa a ter um "metabolismo mais global homem-espaço-natureza". De forma recíproca, estes elementos agem dentro de uma sociedade historicamente concretizada. Silva (2012) ao realizar uma análise da evolução do conceito de espaço geográfico a partir de diversos autores e correntes geográficas concluiu que o espaço geográfico é o resultado das relações culturais, econômicas, políticas e sociais que nele acontecem.

Santos (2004, p. 153) considera que:

O espaço deve ser considerado como um conjunto de relações realizadas através de funções e de formas que se apresentam como testemunho de uma história escrita por processos do passado e do presente. Isto é, o espaço se define como um conjunto de formas representativas de relações sociais do passado e do presente e por uma estrutura representada por relações sociais que estão acontecendo diante dos nossos olhos e que se manifesta através de processos e funções. O espaço é, então, um verdadeiro campo de forças cuja aceleração é desigual. Daí porque a evolução espacial

não se faz de forma idêntica em todos os lugares.

Ainda segundo Santos (2002), o espaço geográfico é formado por um sistema de objetos e um sistema de ações carregados de intencionalidades, ponderados sobre a apreensão do simbólico e sobre o papel da ideologia; caracterizado como um elemento da essência e, também, da existência da humanidade, sendo um fator que é inerente à história presente. Considera que a sociedade está em constante movimento e que as transformações sociais implicam renovações ideológicas e simbólicas, bases para o estudo e a compreensão da realidade.

Para Suertegaray (2001) o espaço é definindo como "uno e múltiplo", e também destaca que os diferentes conceitos geográficos e suas formas são herdados a partir do passado e se reconstroem no presente. Assim, o espaço concretiza uma categoria central da Geografia. No decorrer das definições e interpretações sobre espaço geográfico, cada acepção proporciona uma leitura diferenciada dessa categoria.

Ainda segundo Suertegaray (2001), no processo de desenvolvimento do conceito de espaço geográfico, a Geografia considerará quatro categorias: a natureza, a sociedade, o espaço e o tempo, uma vez que, a categoria natureza é caracterizada como um conjunto de elementos responsáveis na formação do planeta Terra, isto é, ela englobará a água, o relevo, os solos, o ar, a fauna e também, a flora (SUERTEGARAY, 2001). Nessa perspectiva, o espaço geográfico é capaz de interligar as ciências naturais e sociais, isso porque a Geografia realiza a associação do natural e o humano, assim, o conceito de espaço geográfico expressa uma articulação entre natureza e sociedade, o que o tornou principal objeto de estudo das duas ciências já supracitadas (SUERTEGARAY, 2003).

Lefebvre (1976) compreende o espaço geográfico como produto da sociedade, fruto da reprodução das relações sociais. Para evidenciar sua teoria, o autor trabalhou com quatro abordagens do conceito de espaço: espaço como forma pura; espaço como produto da sociedade; espaço como instrumento político e ideológico; e espaço socialmente produzido, apropriado e transformado pela sociedade.

Batista (2019) é incisivo em concluir que é apropriável dizer que o espaço geográfico é a sociedade; a qual conta a história da sua produção e/ou reprodução das relações humanas desde o domínio da natureza, as lutas de classes, o

capitalismo e as relações de poder.

O homem age seletivamente na organização do seu espaço, sobretudo, analisa, busca e decide, de acordo com suas necessidades e interesses financeiros, a ser desenvolvido naquele espaço geográfico. E as formas de poder e controle do mesmo estão vinculados e relacionados com a política, que exerce diferentes poderes sobre o espaço (CORRÊA; ROSENDAHL, 2005).

Smith (1998) afirma que o espaço geográfico é produzido no momento que a sociedade vivencia, atua e nele trabalha. Não o contrário, como se tais práticas fossem realizadas no espaço. O espaço só é inteligível a partir do momento que se compreende a sociedade que o produziu e vice-versa.

A questão espacial é considerada sob duas formas: a primeira, vinculada à noção de planície isotrópica, que conduz uma concepção de espaço com raízes racionalista, hipotético dedutivo, estabelecendo um ponto de partida mencionando a geomorfologia, a cobertura vegetal, o clima e a ação humana, destacando uma variação que determina um espaço similar. E a segunda destaca o espaço como representação matricial, que permite compreender o conhecimento sobre localizações e fluxos para melhor entender a organização espacial (CORRÊA; ROSENDAHL, 2005).

Nessa perspectiva, as bacias hidrográficas são vistas como a representação exata das características ambientais do espaço geográfico em que ela está inserida, sendo capazes de demarcar e espacializar o entendimento acerca dos elementos que compõem este sistema. Então, a bacia hidrográfica assume grande importância na representação e no estudo de um determinado espaço geográfico, contribuindo na percepção das relações sociedade-natureza (SANTANA FILHO; LIMA; PINTO, 2005).

E assim, a análise ambiental precisa ser agregada, entre as ciências humanas e sociais, abordando um estudo geral do meio em que vive o homem e suas conexões. Entretanto, busca adquirir seu próprio campo de ação e procura integrar dados analíticos, buscando formas de estudos das diferentes geociências que considera a necessidade de uma análise integrada dos elementos, analisando as condições positivas ou limitantes para a utilização dos recursos naturais (SOUZA, 2000).

2.1.2 Paisagem

A categoria paisagem tem seu desenvolvimento complexo com o próprio desenvolvimento da ciência geográfica, apresentando em sua definição uma construção conceitual ligada aos aspectos naturais e aos aspectos sociais. Christofoletti (1999), ao estabelecer algumas proposições sobre paisagem, a coloca relacionada com a palavra francesa *paesaggio*, ligada às pinturas da natureza durante a Renascença. E no século XVII encontram-se as bases para a *Landschaftskund*, considerada sobre uma perspectiva territorial, como expressão espacial das estruturas realizadas na natureza e pelas leis cientificamente analisáveis.

É relevante destacar que, no decorrer histórico, final do século XIX, o conceito de paisagem foi desenvolvido cientificamente pelos geógrafos alemães, como sendo um objeto concreto, perfeitamente observável, que mantém uma visão de unicidade e conjunto dos elementos e fatores que envolvem o meio natural. (NUNES, 2002).

Emergindo os debates acerca da definição de paisagem, a história da Geografia francesa e russa, relaciona diretamente a sociedade e natureza, sendo considerado um dos primeiros modelos integrados como um conjunto de objetos e fenômenos na superfície terrestre (FROLOVA; BERTRAND, 2006).

Para Bertrand (1972, p. 141),

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em 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.

Segundo Ab'Sáber (2003), todos os que adentram no conhecimento das ciências da natureza, de alguma forma, chegam à conclusão de que a paisagem é uma herança, no sentido literal da palavra. Pois a paisagem vista como conjunto de formas em certo momento retrata as heranças dos processos fisiográficos e biológicos em concordância com o patrimônio coletivo das sociedades que se desenvolveram ao longo do tempo.

Ao analisar as propriedades da paisagem, Rodriguez et al. (2007),

consideram que a mesma designa um sistema que oferece recursos e meios de vida para as atividades humanas, sendo um laboratório natural e fonte de percepções estéticas. Constitui também uma comunidade territorial, com caráter sistêmico e complexo, onde estabelecem fluxos de matéria, energia e informação, tipificando uma dinâmica constante.

Carl Troll (1950), afirma que a paisagem é o local onde se expressam todos os fenômenos observáveis da superfície terrestre, sendo o espaço a sua unidade. A paisagem é concebida como uma unidade orgânica, que deve ser estudada no seu ritmo temporal e espacial.

Partindo dessa concepção, a paisagem ainda é vista como uma síntese entre o ambiente natural e o cultural de uma região. Ao mesmo tempo, é a expressão das atitudes humanas consecutivas em direção à terra ocupada e organizada, com isso, paisagens têm uma história única, que é parte de sua identidade (ANTROP, 2000).

Antunes (2017) entende que diversos autores concordam que o estudo da paisagem permite compreendê-la no presente por meio de sua evolução no decorrer do tempo, logo, a paisagem deve ser entendida de forma integrada para compreender a totalidade.

De acordo com Souza (2010) independente das categorias de análise adotadas para a elaboração de um determinado estudo geográfico, a paisagem sempre aparecerá, implícita ou explicitamente, mesmo que não seja o objeto principal do pesquisador, portanto, a paisagem em si passou a ser vista como expressão da complexidade dos fenômenos geográficos, uma explosão entre a aparência e a essência.

Piaia (2003) ressalta que nada existe isoladamente na natureza, uma vez que o meio ou paisagem natural é o resultado da interação de vários elementos, como estrutura geológica, relevo, clima, solo, hidrografia, vegetação etc. Se ocorrer uma mudança drástica em qualquer um destes elementos, o conjunto todo será alterado.

Para Lima (2012), a introdução sistêmica na geografia física proporcionou uma maior compreensão do seu objeto de estudo, empregando uma visão holística, assim como uma aproximação nos estudos da relação homem-meio, desconsiderando a visão mecanicista e fragmentada dos componentes naturais.

Na concepção sistêmica, Sotchava (2015) insere o conceito de geossistema e

define como o espaço terrestre de todas as dimensões, onde todos os componentes da natureza estão relacionados sistemicamente, interagindo com a esfera cósmica e com os humanos. Por essa análise, Troppmair e Galina (2006) afirmam que a paisagem é um fato concreto e de importante significado para a Geografia por apresentar a fisionomia da aplicabilidade do geossistema.

Segundo Maciel e Lima (2011, p.166):

A abordagem geossistêmica procura entender as variações paisagísticas como produto histórico dos fluxos de matéria e energia abarcando a ação do homem. Embora o geossistema seja um fenômeno natural, todos os fatores econômicos e sociais influenciam na sua estrutura.

Cavalcanti (2013) atribuiu ao geossistema como uma área da superfície terrestre (qualquer dimensão), na qual se possa distinguir algum tipo de relação entre os componentes da natureza, ou seja, é um conjunto de relevo, solo, biota, águas e ar, que possuem uma integridade em relação ao seu entorno, podendo assim, distingui-lo das áreas adjacentes.

É notório que o conceito de geossistema inclui, necessariamente, o conceito de paisagem e que ambos se identificam e, nesse caso, o geossistema como modelo teórico e a paisagem, como categoria de análise espacial, articulam uma forma comum de análise sistêmica muito vigorosa para a ciência geográfica (DIAS, 2003).

Apesar dos muitos diferentes conceitos, o termo paisagem traz consigo uma característica fundamental: trata-se de uma designação especial para uma dada unidade espacial, que abriga diversas escalas temporais e espaciais (NAKASHIMA et al., 2017). Conforme Conti (2014), paisagem não representa somente o que é visível, sendo essenciais os fenômenos e os processos invisíveis considerados fundamentais à compreensão da paisagem.

O estudo das paisagens constitui o primeiro e importante passo para o entendimento da relação entre homem e meio físico, possibilitando após estudos adequados, estimar consequências futuras, considerando a progressão de acontecimentos iniciados no passado. Nesse sentido, a análise de vertente, rede de drenagem, a relação entre formas e tipos litológicos e/ou estruturais, a avaliação dos processos erosivos e de sedimentação, a identificação e caracterização de risco potencial, fornecem parâmetros fundamentais para o entendimento dos processos naturais atuantes nas paisagens.

A ação antrópica no processo de evolução das paisagens pode ser adequadamente investigada em conjunto com os estudos acima mencionados (FIORI, 2002, p.5).

Leandro (2015) enfatiza que os canais fluviais são caracterizados como resultados dos elementos ambientais e sociais, onde a complexidade da paisagem fluvial é perceptível, pois os problemas ambientais estão em consonância com os espaços associados à água.

Os estudos geoambientais aplicados às bacias devem ser compostos por unidade territorial, como sistemas onde há interações de matéria e energia, onde os elementos constituintes de tal sistema estão em constante dinâmica, provocando mudanças na paisagem. Assim sendo, o conceito de "espaço total" sobre a paisagem como resultado de um processo acumulativo do mosaico de elementos introduzidos pelo homem ao longo do tempo, possibilita auxiliar tais estudos dentro de uma lógica mais socioeconômica, atuante sobre os demais elementos geoambientais que configuram a paisagem (LIMA; SILVA, 2015).

Para a análise de uma paisagem urbana como objeto de estudo, pede-se também a averiguação dos elementos da natureza minimizados pelos aglomerados de elementos socialmente produzidos. Trata-se então de uma abordagem dialética, porém integrada a uma visão sistêmica na inserção da totalidade de elementos no tempo e no espaço (SILVA, 2012).

2.2 Canais urbanos

Os canais urbanos correspondem a importantes elementos da paisagem no contexto das cidades. Desse modo, representa um sistema de drenagem que contribuem no escoamento e na infiltração das precipitações pluviométricas. Tucci (2005) considera que os córregos urbanos assumem grande relevância, pois podem abastecer a população de uma cidade inteira, atendendo boa parte de suas necessidades básicas.

A Constituição Federal de 1989 dispõe que os mananciais urbanos servem para o abastecimento doméstico, recreação, irrigação de hortaliças e até mesmo para a criação natural e/ou intensiva de indivíduos destinados à alimentação

humana (BRASIL, 2005).

O sistema fluvial, representados pelo canal fluvial urbano é um rio produzido ou transformado em detrimento de um ordenamento espacial, suas condições ambientais dependem de variáveis incalculáveis, que também respondem às condições climáticas e às variáveis geomorfológicas, portanto, ao ordenamento natural (RAMOS *et al.*, 2017).

Porath (2004) enfatiza que os rios, sobretudo os urbanos, caracterizam-se como se fossem verdadeiras espinhas dorsais no âmbito das cidades, pois, através de seus contornos, estrutura-se o tecido urbano e, por consequência, funcionam como eixos de desenvolvimento e do desenho da cidade. E assim, os rios atuam essencialmente na estruturação da paisagem urbana.

Através do desenvolvimento das tecnologias e a evolução nas formas de morar e ocupar as cidades, a morfologia urbana foi se adaptando e se modificando. Por conta de todo o contexto de mudança urbana vivido desde as primeiras ocupações próximas aos rios e córregos até os dias atuais, é possível notar que, no processo de ocupação e desenho das cidades, estes foram vistos como barreiras que dificultavam e determinavam o desenho urbano, na maior parte dos casos, sendo mascarados ou descaracterizados pelo homem (SANCHES, 2007).

O processo de urbanização pelo qual passam as cidades é o fator principal para gerar alterações que interferem no escoamento superficial nas bacias hidrográficas urbanas. A urbanização traz consequências hidrológicas e não hidrológicas que interferem significativamente nas questões de drenagem. As consequências hidrológicas interferem nos sistemas de drenagem urbana, enquanto as não hidrológicas estão baseadas na ocupação do solo e padrões de qualidade das águas. (ÁBALOS et al., 2012)

Essas mudanças têm levado esses sistemas naturais à degradação, especialmente nas grandes cidades, onde o aumento da área efetivamente edificada em cada domicílio vem contribuindo na redução generalizada das áreas destinadas à infiltração, impedindo que o solo desempenhe suas funções hidrológicas de forma eficiente (NUNES, 2015; TUCCI, 2016).

Conforme Aguiar e Rosestolato Filho (2012), os problemas relacionados a canais fluviais, principalmente em áreas urbanas, associam-se, as influências causadas pela ocupação desordenada da sociedade em áreas inadequadas, como encostas de morros, margens e leito de rios que tendem a ser de alta

vulnerabilidade ambiental. Nesse sentido, Christofoletti (1997, p.135), salienta que "a urbanização afeta o funcionamento do ciclo hidrológico, pois interfere no rearranjo dos armazenamentos e na trajetória das águas".

Carvalho, Bitoun e Corrêa (2010) discutem que as ocupações humanas sobre a paisagem física geram diversas alterações, que transformam os espaços, por meio de ações negligentes, planejada pelo impulso de atender a determinados interesses, econômicos e/ou políticos. Produzindo desta forma o mau uso do solo urbano, que geram consequências indesejadas, para o ambiente natural e sociedade.

Os recursos hídricos é um dos recursos naturais mais susceptíveis para ocorrência de impactos decorrentes do lançamento de efluentes domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, carreamento de contaminantes pela água de chuva e pelas modificações do solo, podendo causar a alteração hidrológica, contaminação e poluição, retirada da vegetação, proliferação de doenças de veiculação hídrica, assoreamento, alteração biológica e outros (Gomes et al., 2018; Santos; Batalla, 2017).

Para Tucci (2005), um recurso natural que sofre intensamente com a má gestão dos recursos naturais e os desequilíbrios ambientais em meio urbano são os córregos. Porém, observa-se com frequência que esses mananciais são contaminados com esgotos domésticos e industriais, funcionando como depósitos de lixo, sofrendo com o escoamento de pesticidas e impermeabilização das áreas circunvizinhas.

Os igarapés urbanos consistem em depósitos de lixo propriamente dito e receptores diretos de efluentes industriais. Isso em conjunto com elevadas taxas de assoreamento decorrentes da retirada da mata ciliar, agravam o grau de poluição desses igarapés, uma vez que todo material acumulado nas margens acaba se degradando de forma errônea (PIO *et al.*, 2014).

Conforme destacam Poleto e Merten (2007), em áreas urbanas onde a infraestrutura é limitada, os impactos aos recursos hídricos são mais severos, principalmente, pela ausência de sistemas de tratamento de efluentes domésticos, coleta de resíduos sólidos urbanos e pela falta de pavimentação das ruas, que são fontes importantes de produção de sedimentos em bacias urbanas e que acabam por aportar nos corpos d'água.

Os sistemas fluviais encontram-se em estado de equilíbrio quando o canal consegue transportar os materiais que recebem e naturalmente aumentam sua calha

fluvial a jusante. Quando o canal perde a competência de transportar esses materiais há o aumento da irregularidade do fundo, através do assoreamento e do desenvolvimento de vegetação no leito. Nos ambientes urbanos esse contexto está associado ao acúmulo de lixos. As consequências desse contexto é a redução da capacidade do canal e o efeito sobre a velocidade das águas, indicando mudanças na dinâmica fluvial (CUNHA, 2006).

Ainda segundo Cunha (2013), diversos autores têm estudado as alterações nos cursos d'água nos últimos 50 anos e apontado alterações não somente nos canais, mas também na qualidade da água. Alterações estas que podem atingir larga abrangência espacial e afetar tanto a bacia hidrográfica quanto as populações que dependem desses sistemas fluviais.

Guimarães e Marques (2014) salientam que a poluição e as intervenções, comprometeram o convívio da população com os canais fluviais. Os mesmos foram sujeitos a ser vistos como inimigo da sociedade por conta do transporte de dejetos e disseminadores de doenças. As funções ecológicas dos sistemas fluviais, como o amortecimento das inundações, foram substituídas para atender interesses particulares.

Nesse sentido, os córregos são os elementos mais sensíveis da paisagem. Quaisquer alterações no equilíbrio dinâmico de entrada e saída de energia, provenientes das atividades da ação antrópica (uso da terra) desenvolvida na bacia, podem causar efeitos e/ou impactos à jusante no fluxo energético desses canais. (CUNHA e GUERRA, 2009).

2.2.1 Termologias regionais a rede de drenagem

A bacia Amazônica é formada por diversos rios, riachos e igarapés, sendo estes típicos de terra firme formando uma complexa rede hídrica (MENDONÇA *et al.*, 2005; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2009) e suas dimensões podem chegar a mais de 6 milhões de km² desempenhando um importante papel nas trocas de energia e fonte de umidade para outras regiões do Brasil (ROCHA *et al.*, 2015).

De modo geral, a bacia hidrográfica Amazônica apresenta em toda a sua extensão uma densa rede de pequenos riachos, denominados regionalmente como igarapés (JUNK, 1983). Na Amazônia Central, as águas claras ou pretas destes pequenos cursos contribuem, significativamente, para a formação dos afluentes que

drenam as bacias dos grandes rios amazônicos (WALKER, 1990).

Igarapé significa "braço de um rio muito estreito, em geral navegável por pequenas embarcações; termo muito utilizado regionalmente na Amazônia" (TEREZO, 2008). Já para Guerra e Guerra (1997), igarapé é um termo indígena que significa "caminho de canoa", igara = canoa e pé = trilha, caminho.

A origem da palavra igarapé, amplamente expressa como termo de origem tupi, cuja junção ygara (canoa) e apé (caminho) formam assim o caminho da canoa, cita-se ainda, tratar-se de um curso d'água caracterizado como amazônico e que possui um longo braço de um canal ou rio (ZEFERINO, 2021). É definido no dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (2006) como canal natural estreito, navegável por pequenas embarcações e formado entre ilhas fluviais ou desta com terra firme.

Em condições naturais, os igarapés, nome regional para rios de pequena ordem, são componentes importantes da floresta (LIMA E GASCON, 1999), pois sustentam uma biodiversidade diversa que depende principalmente do material orgânico proveniente das florestas adjacentes.

De acordo com Santos e Ferreira (1999), os igarapés, denominação regional dada aos riachos amazônicos, são cursos d'água de pequeno porte, caracterizados pelo leito delimitado, correnteza relativamente acentuada e baixa temperatura da água. Uma característica física dos igarapés é a subida abrupta do nível da água durante a ocorrência de fortes chuvas em suas bacias de drenagem.

Ab´Sáber (2004) também falou dos igarapés como cursos d'água exclusivos da Amazônia, com hierarquias de primeira e segunda ordem, compondo primariamente a tributação dos rios pequenos médios e grandes, possuindo poucos sedimentos clásticos com materiais orgânicos em suspensão.

O igarapé corresponde ao termo regional amazônico que pode ser comparado a um canal dendrítico, pequeno riacho, canal estreito ou pequeno rio com ou sem nascentes (RAMOS, 2021). Sobre as categorias das águas na Amazônia, Sioli (1991) salienta que podem ser de águas brancas, águas claras e os de águas pretas.

Assim, os igarapés são pequenos riachos encontrados em toda bacia amazônica, independentemente da cor da água dos canais principais aos quais eles estão conectados (SIOLI, 1984). Esses córregos formam uma rede aquática densa, conectada a todos os grandes rios da região (JUNK, 1983). Em termos de

contribuição à bacia, o somatório da superfície de todos os igarapés é múltiplas vezes maior que a da superfície do próprio rio Amazonas, e seu comprimento total resultaria em um corpo mais de mil vezes maior que o do grande rio (FITTKAU, 1967).

Ao longo dos igarapés podem ser encontradas três zonas ecológicas distintas: (1) a zona de inundação ou curso inferior, (2) a zona intermediária ou curso médio, que pode ser alcançada pela inundação, em época de grandes cheias e (3) a zona superior ou de terra firme (FITTKAU, 1967). A zona de terra firme, ao contrário da zona de inundação, não sofre a influência da enchente sazonal dos grandes rios, apresentando alterações no nível de suas águas em função do regime de chuva local (FRANKEM e LEOPOLDO, 1984).

Couceiro (2005) pontuou os igarapés urbanos amazônicos em 3 grupos, sendo:

- 1) igarapés que nascem em fragmentos florestais urbanos, estando livres do despejo de esgoto, mantendo suas características originais.
- 2) igarapés que percorrem pequenos fragmentos florestais, porém com material alóctone: folhas, flores, frutos e detritos da mata de entorno que caem no igarapé (WALKER, 1990,1987; SIOLI, 1976).
- 3) igarapés com margens desmatadas e águas sedimentadas com o enriquecimento orgânico resultante do despejo de águas servidas diretamente no igarapé.

Ainda segundo a referida autora, os mesmos estão em diferentes níveis de perturbação, causados principalmente pela remoção completa ou parcial da mata ciliar e a poluição por despejo de esgoto.

Os igarapés podem ser enquadrados na categoria de recursos ambientais, pois conforme Rivas (2014, p.38) estes "são os fornecidos pela natureza e que são indivisíveis. (...) Tais recursos não podem ser alocados unidade por unidade; podem ser examinados separadamente em termos de qualidade, mas não em termos de quantidade".

Nesse contexto, cabe destacar que na região Amazônica, a contaminação dos igarapés é um problema relevante, pois, além da poluição visual, vem crescendo, em importância, a contaminação dos recursos hídricos por metais tóxicos cujos tratamentos são difíceis e caros. Este tipo de efeito vem sendo observado, também, nos igarapés urbanos de Manaus, os quais são tributários do rio Negro, principal agente de drenagem da cidade (PINTO et al., 2009).

2.2.2 Intervenção nos canais fluviais urbanos

Os cursos fluviais podem ser visualizados de diversas formas, considerando aspectos relacionados às suas características específicas como seu tipo de leito, forma do canal e padrão de drenagem. Essas características determinam uma dinâmica peculiar das águas correntes, associada a uma geometria hidráulica singular, gerada pelos diversos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos fluviais, mesmo em ambientes urbanos (CUNHA, 1995).

Os rios em áreas urbanas geralmente possuem uma dinâmica distinta dos rios naturais, em geral devido ao uso inadequado do solo por ocupações irregulares. Em razão do adensamento urbano a partir no final do século XX e no contexto do século XXI, o homem promoveu intervenções nos canais fluviais que perpassam pelo desmatamento massivo da mata ciliar, poluição de corpos d'água, construções de pontes, retificações de canais, habitações nas margens que, no conjunto, alteram os processos fluviais com aumento da vazão do rio e com ele impactos diretos que afetam a vida das pessoas e a dinâmica das cidades (LATRUBESSE; STEVAUX, 2017).

Sobre esse cenário recorrente no panorama brasileiro, Grostein (2001) destaca que foi se agravando à medida que as cidades foram crescendo, não exatamente por conta do avanço da urbanização, sua escala e velocidade, mas pelo modo como esta foi estabelecida. Nas últimas décadas, as mudanças nos canais dos rios têm sido aceleradas, pelas políticas de desenvolvimento do país e pela desordenada atuação antrópica, em especial nas áreas urbanas. Sem dúvida, as extremas mudanças no uso da terra têm influenciado em alterações da dinâmica fluvial, fornecendo maior volume de vazão e/ou carga excessiva de sedimentos para os rios e canais (CUNHA, 1994; 2003 e 2013).

O sistema de drenagem urbana constitui-se basicamente de dois subsistemas característicos: A) macrodrenagem – formada pela hidrografia natural da bacia. A rede de macrodrenagem recebe grandes intervenções hidráulicas a fim de retificar os rios, aumentar sua capacidade de escoamento, diminuir áreas de alagamento, entre outras, com riscos ou recorrência variando entre 10 e 100 anos. Mas, essas intervenções convencionais normalmente tornam-se obsoletas pela falta de manutenção ou projetos mal dimensionados, ou ainda, como é muito comum nos países em desenvolvimento, perdem sua validade, pois não contam com uma boa

política de habitação e uso do solo que alteram significativamente as parcelas do ciclo hidrológico da bacia, exigindo revisões das estruturas dimensionadas (TUCCI, 2007). B) microdrenagem — constituída pela drenagem dos loteamentos urbanos e áreas públicas como praças, parques e ruas, convencionalmente visando à retirada das águas precipitadas e sua condução para a rede secundária, ou macrodrenagem, o mais rapidamente possível, com um risco associado de 2 a 10 anos (TUCCI, 2007).

As intervenções sobre as bacias hidrográficas pela ação antrópica, podem ocorrer em diferentes níveis de degradação, atingindo desde a estrutura biológica de um determinado canal, até modificações morfológicas a partir de canalizações e impermeabilizações no curso fluvial. Essas últimas, com maior destaque pela magnitude das alterações, são classificadas com níveis intensos de degradação, tendo em vista que afetam o funcionamento da bacia hidrográfica e são de difícil reversibilidade (TANAGO; JALÓN apud CUNHA, 2013, p.71).

Tucci (1997) foi incisivo quando concluiu que a urbanização também aumenta as áreas impermeáveis e a canalização, o que acelera os picos de cheia e sua frequência para a mesma precipitação. A urbanização também intensifica a velocidade da água e a produção de sedimentos e dos resíduos sólidos que escoam para a drenagem. Segundo o autor, essa fase tem sido denominada higienista (Tabela 1), na qual ainda se encontra o Brasil, em razão da falta de tratamento de esgoto, transferência de inundação na drenagem e falta de controle dos resíduos sólidos.

A canalização dos rios como forma de gestão das águas urbanas fundamenta-se numa visão higienista, onde a ideia é afastar o lixo, o mau cheiro e a poluição para locais distantes da cidade, especialmente de suas áreas centrais. Também tem a intenção de combater as enchentes e as inundações. Entretanto, "muitas vezes as canalizações podem produzir o efeito contrário, pois a retificação dos cursos d'água direciona e conduz de forma mais intensa o excesso de água a jusante, devido à redução das curvas naturais, o que aumenta a velocidade da água" (Bontempo *et al.*, 2012, p. 5-16).

Tabela 1 – Fase do desenvolvimento das águas urbanas

Fase	Características	Conseqüências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 1990	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: Tucci (2005).

Ainda segundo Tucci (1997), o desenvolvimento urbano não somente afeta diretamente uma determinada área, mas também o comportamento de toda a bacia hidrográfica onde se desenvolve, gerando mudanças no balanço hídrico local, como pontuou:

- 1. Redução da infiltração no solo, gerando a diminuição do nível do lençol freático e, consequentemente, o escoamento subterrâneo;
- Por outro lado, as redes de abastecimento e de esgoto podem possuir vazamentos que podem alimentar o aquífero;
- Aumento do escoamento superficial, que, aliado à elevação da velocidade do deslocamento da água através das redes de captação, aumentam os picos de cheia;
- 4. Redução da evapotranspiração devido à substituição da cobertura vegetal.

Nesse sentido, muitos rios são canalizados com o objetivo de viabilizar o aumento de áreas disponíveis para ocupação e de solucionar problemas ligados às inundações e propagação de doenças de veiculação hídrica. Entendem-se como obras de canalização as obras de engenharia praticadas no canal fluvial, sejam elas alargamento e aprofundamento da calha fluvial, retificação do canal, construção de canais artificiais, proteção de margens, diques ou obras de desassoreamento (ASSUMPÇÃO e MARÇAL, 2012; CUNHA, 2012).

O impacto direto modifica o canal, principalmente por retificação, alargamento, aprofundamento e estreitamento dos cursos d'água. O estreitamento ou diminuição da capacidade do canal reduz a seção do curso fluvial pelos aterros e pilares de pontes, passagens de estradas, aterros para aproveitamento das áreas marginais, assoreamento natural do leito do rio e lixo (VIEIRA e CUNHA, 2008). Segundo Ramos (1995), um tipo de intervenção direta muito comum é o que altera a declividade natural do rio (Figura 1), quer pela retificação do traçado, quer pela construção de soleiras e barragens.

Perfil longitudinal de canal natural

Perfil da superfície d'água

Alto fluxo

Baixo fluxo

Perfil longitudinal de canal retificado

Perfil da superfície d'água

Alto fluxo

Baixo fluxo

Baixo fluxo

Figura 1: Representação de perfil longitudinal de canais fluviais

Fonte: Adaptada de Leopold (1997) Org: Sander et al. (2012)

Girão e Corrêa (2015, p. 246), ao analisarem formas de impactar o meio físico, em especial os canais fluviais, ressaltam que:

os impactos das atividades antrópicas em ambientes de bacias hidrográficas podem ser de dois tipos: diretos, quando são executadas obras de engenharia no interior de cursos fluviais, como ampliação da largura do leito, retificação e canalização do canal, construção de barragens e desvios, que causam mudanças na dinâmica de canais fluviais; e indiretos, quando os impactos são originários da urbanização que, inicialmente, leva ao desmatamento e, posteriormente, a mudanças no uso e ocupação da terra.

Medidas estruturais correspondem a intervenções diretas nas calhas dos rios ou na paisagem urbana, como canalização, barragens, reservatórios, criação de parques longitudinais inundáveis, diques, reservatórios em praças ou lotes, entre outros. São consideradas medidas de controle e, geralmente, imprescindíveis para ações corretivas. Por sua vez, medidas não-estruturais são constituídas por ações indiretas, como zoneamento urbano (identificação das áreas alagáveis e restrições na legislação urbana), reservação de áreas para alagamento, preservação das várzeas, educação ambiental, sistemas de alerta, plano de resíduos sólidos, dentre outros. (TUCCI, 2005).

Para Brookes (1996) as modificações diretas nos canais de rios são aquelas que incluem a construção de diques, represas e reservatórios, a canalização e retificação, a dragagem de canais e a irrigação diversificada. Ao longo das últimas décadas também tem se tornado comum à execução de medidas pontuais de córregos localizados em áreas ocupadas por malhas urbanas.

Conforme Sander et al. (2012), a dragagem é uma técnica utilizada pela mineração que também tem sido aplicada para a limpeza de canais de rios, córregos e mares, atuando na desobstrução dos fluxos e a manutenção de trechos para a prática da navegação. A dragagem de canais para fins de navegação consiste em corrigir as irregularidades e aprofundar o leito dos canais. O impacto gerado devido ao uso de dragas varia conforme a área, os fins do controle executado e características do sistema atingido.

Esses diferentes tipos de intervenções no canal, associados aos impactos da urbanização destacados por Knighton (1998) como atividades em área fora do canal, modificam a descarga e/ou a carga de sedimentos transformando as características naturais dos rios. As sucessivas obras de engenharia, para atender necessidades locais de alteração e eficiência do fluxo, muitas vezes, sem levar em consideração o rápido crescimento urbano e o conjunto da rede de drenagem, modificam as seções transversais e o perfil longitudinal.

Segundo Dunne e Leopold (1978), os canais urbanos têm sido aterrados, canalizados ou desviados sem qualquer critério, simplesmente "encobrindo" os canais fluviais de primeira e segunda ordem. Essas modificações alteram os processos hidrológicos, pois esses canais têm um papel importante no retardamento dos efeitos das enchentes e inundações, compondo a complexidade do regime fluvial.

Sobre os rios desnaturalizados por meio de obras de canalização, Cunha (2012) salienta que o grau de degradação do canal depende do nível de alteração

de sua dinâmica e morfologia. As mudanças hidrológicas, geomorfológicas e bióticas podem ser verificadas tanto no trecho alterado, quanto nos trechos à jusante e a montante. Botelho (2011) e Stevaux e Latrubesse (2017) também destacam que, devido ao seu equilíbrio dinâmico, a alteração de um trecho de rio é transmitida ao rio como um todo. A canalização de um dado trecho intensifica os processos erosivos à montante, bem como transfere volume de água, sedimentos e poluentes para jusante.

De acordo com Costa Junior e Nogueira (2011, p.107), Manaus é entrecortada por extensa rede de drenagem composta por "cursos d'água amazônicos de primeira ou segunda ordem, componentes primários de tributação de rios pequenos, médios e grandes, encravados em terrenos datados do terciário com profundidade entre sete e doze metros". Ainda segundo o autor, a capital do Amazonas, vem passando ao longo dos séculos XIX, XX e, adentrando o XXI, por um significativo processo de transformação de seus igarapés para ir de encontro aos anseios da modernidade e do progresso concebidos por governantes e classes dominantes.

Em relação aos igarapés em Manaus, Valle e Oliveira (2003) ressaltam que os igarapés que antes modelavam o relevo da cidade, foram desaparecendo. Os aterros, canais e as galerias subterrâneas descaracterizaram as feições do espaço, substituíram os vales por onde os igarapés cortavam a cidade com suas curvas marcantes por espaços planos, ou por muitas áreas com declives que marcaram a presença de antigos leitos.

Portanto, é importante conhecer e/ou identificar as mudanças que se processaram nos ambientes dos canais no passado, no presente, e que poderão ocorrer no futuro, causadas pelas atividades humanas, a fim de que seja possível compreender as formas dos canais e as interações dos processos. Isso se faz necessário porque às vezes é preciso aproximações geomorfológicas de um longo período para revelar a natureza de algumas mudanças e a resposta que o canal apresentará diante de certas administrações e obras de engenharia (CUNHA, 2008).

CAPÍTULO III

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao igarapé da Cachoeirinha, afluente de maior extensão da bacia hidrográfica do igarapé do Quarenta/Educandos, localizado na zona sul da área urbana do município de Manaus, estado do Amazonas. A sub-bacia hidrográfica possui 5,61 km² de área total e o corredor fluvial corresponde a 4,6 km² na qual se encontra entre as coordenadas geográficas 03º 06' 00" e 03º 08' 00" de Latitude Sul e 59º 59' 00" e 60º 00' 30" de Longitude Oeste (Figura 2).

60°1'0"W 60°0'30"W 60°0'0"W 59°59'30"W 59°59'0"W Localização do Igarapé da Cachoeirinha no município de Manaus 3.08.9.8 Município de Manaus / Amazonas - Brasil Legenda 3°7'30"S BH Igar. Cachoeirinha Igarapé Cachoeirinha - Rede de drenagem 0,45 1,8 km Sistema de informaçãoes geográficas Datum SIRGAS 2000 Projeção cilíndrica equidistante Fonte: Google Earth; IBGE (2021)

Figura 2: Localização da área de estudo

Fonte: Google Earth; IBGE (2021).

Do ponto de vista de localização urbana, o igarapé da Cachoeirinha percorre quatro bairros, sendo eles: Petrópolis, São Francisco, Raiz e Cachoeirinha. Compreende uma faixa delimitada desde o final da Avenida André Araújo e Avenida Bem-Te-Vi (montante) até a jusante localizada entre as Avenidas Marquês da Silveira e Alameda Vitória.

Conforme a concepção de Strahler (1952), o igarapé da Cachoeirinha é classificado como um canal de 1ª ordem e desagua no igarapé do Quarenta, o qual é categorizado como um canal de 3ª ordem dentro da hierarquia fluvial.

No contexto da bacia hidrográfica, o igarapé do Quarenta desemboca na margem esquerda do rio Negro, o que o expõe diretamente às variações sazonais de vazão e cheia do próprio rio Negro. Nesse cenário, o rio Negro é o segundo maior tributário em volume de água para o Rio Amazonas e considerado o sexto maior do mundo em volume de água, na qual drena área de terrenos consolidados e baixos relevos, o que reflete na velocidade e erosão (LATRUBESSE *et al.*, 2005).

Ao considerar as características geomorfológicas da sub-bacia, é possível observar que as cotas variam de 15 a 90 metros de altitude. O canal fluvial é drenado pelo Planalto Rebaixado dos Rios Negro/Uatumã, inserido no Planalto da Amazônia Oriental (ROSS, 1996).

3.2 Procedimentos metodológicos

Para operacionalização desse trabalho foram fundamentais duas etapas, atividades de gabinete e trabalho de campo.

3.2.1 Atividade de Gabinete

3.2.1.1 Construção do referencial teórico

A pesquisa bibliográfica inserida no trabalho de gabinete subsidiou a construção da base teórica conceitual através do levantamento bibliográfico por meio de revisão sobre os principais trabalhos científicos disponíveis sobre o tema escolhido e que são revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes, sendo publicações como teses, dissertações, livros e artigos científicos.

Para o desenvolvimento e expansão da base teórica sobre a área de estudo,

exploramos a análise documental através de interpretação de mapas e plantas do final do século XIX e meados do século XX, além de dados históricos referentes a população, ocupação inicial, bem como antigas fotos em acervos de órgãos estaduais e municipais. Ampliamos a pesquisa utilizando artigos técnicos, dados da internet, diagnósticos e relatórios históricos através do Jornal do Commércio (Portal Amazônia) e também as publicações na coleção História dos Bairros (Fundação Municipal de Cultura e Artes).

As informações referentes a população residente nos bairros limítrofes da sub-bacia, foram coletadas através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

3.2.1.2 Elaboração da base cartográfica

A base cartográfica utilizada para confecção do mapa de localização foi extraída do portal geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE datado em 2022 de escala 1:250.000. Da mesma forma, a obtenção da rede de drenagem foi adquirida pela plataforma Dados Abertos da Agência Nacional das Águas – ANA datado em 2017 sobre a escala de 1:100.000.

Os dados de uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha foram adquiridos pelo MapBiomas na seção *download* com os dados processados remotamente em nuvem pelo *Google Engine* referente ao ano de 2020 da seção 6. Estes dados estão sobre a escala 1:250.000. Os resultados obtidos a mapeados foram adquiridos por meio do processamento descrito abaixo.

"Tudo começa com as imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 metros, disponíveis gratuitamente na plataforma Google Earth Engine e com uma série temporal de mais de 30 anos. São necessárias 380 imagens Landsat para cobrir o Brasil, cada uma delas com dezenas de milhões de pixels: no total, são mais de 9 bilhões de pixels de 30 x 30 metros para perfazer todo o país. Estes pixels são as unidades de trabalho do MapBiomas" (MapBiomas, 2020, sem paginação).

3.2.2 Trabalho de campo

As coletas de dados primários foram executadas entre os anos de 2021 e 2022, na qual foram realizados dois trabalhos de campos principais, sendo no final de março (chuvoso) e início de novembro (vazante) para medidas das variáveis hidrodinâmicas, bem como aplicação de protocolos (Figura 3). Vale ressaltar que

também se fez necessário diversos campos de reconhecimento e observações da área de estudo.

Figura 3: Procedimentos de coleta de dados nos trabalhos de campo

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Foram estabelecidas 10 seções transversais, sendo numeradas no sentido da nascente a foz (alto, médio e baixo curso), essas foram definidas considerando os pontos de estrangulamento (pontes), tipos de uso ao entorno, acessibilidade e segurança.

3.2.2.1 Medição de vazão

Para a determinação da vazão de um curso d'água, podem ser selecionados métodos e técnicas cuja definição e escolha dependem das características físicas do rio (largura e profundidade), da disposição de equipamentos, da experiência do operador, da precisão desejada.

A medição de vazão é bastante importante no estudo das bacias hidrográficas, principalmente no contexto de áreas urbanas, tendo em vista a crescente utilização dos recursos hídricos nos múltiplos usos da água. As medições também auxiliam no estudo da disponibilidade dos recursos hídricos dentro da bacia,

bem como construir bancos de dados para futuros estudos (CABRAL *et al.*, 2013; ALBUQUERQUE *et al.*, 2018).

Para as medições em campo, avaliando a área de estudo, utilizamos o método flutuador, na qual seguiu-se a proposta de Palhares *et al.* (2007), que segundo os autores o trecho escolhido deve ser reto, sem curvas e ter no mínimo 15 cm e não ser área de águas paradas. Ainda de acordo com os autores, utilizou-se dos seguintes materiais:

- A) Duas cordas
- B) Trena
- C) Régua para medir profundidade
- D) Fitas para marcar os intervalos
- E) Objeto flutuador
- F) Cronômetro

Conforme indica Palhares *et al.* (2007), os procedimentos constaram das seguintes etapas:

- Após a medição de 6 m entre as seções, fixaram-se as cordas estabelecendo seção superior e inferior de acordo com o fluxo da água (Figura 4 A).
- Para medição de velocidade, foi estabelecido através do tempo de deslocamento do flutuador entre a seção superior até a seção inferior, realizado três vezes em cada seção amostral.
- A determinação da largura foi feita pela extensão da trena de margem a margem.
- Para determinar a profundidade média, foram estabelecidos cinco intervalos ao longo da corda (Figura 4 B).
- Realizou-se o cálculo da área média do trecho do rio, sendo o produto da largura do rio, pela média de profundidade.

B

Largura do rio

Largura do rio

Intervalos para medição das médias de profundidade

Corda

Seção Superior

Fluxo

Figura 4: A) Marcação do trecho no canal. B) Medição da profundidade

Fonte: Palhares et al. (2007).

Os comportamentos hidrodinâmicos do canal foram obtidos através de variáveis determinadas e aferidas conforme Cunha (2009):

- L Largura (m)
- P Profundidade (m)
- V Velocidade (m/s)
- A Área da seção molhada (m²)
- Q Vazão (m³/s)

Para tanto, a área da seção (A) é o produto da relação L \times P (A = L \times P); a vazão é o produto entre V \times A (Q = A \times V).

3.2.2.2 Aplicação de protocolos

Na atividade de campo foi aplicada o Protocolo de Avaliação Rápida - PAR e Tipologia de canais urbanos (Figura 5).



Figura 5: Aplicação de protocolos nas seções transversais

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

3.2.2.2.1 Protocolo de avaliação rápida

Para avaliar as características ambientais da sub-bacia hidrográfica e níveis de impactos, bem como, o conhecimento das condições atuais do igarapé da Cachoeirinha, foi adotado a metodologia aplicada por Callisto et al. (2002) adaptado a partir do protocolo proposto por Campos e Nucci (2019).

O PAR (Quadro 01) contém discriminados os critérios relacionados às margens, leito fluvial, coluna d'água e fundo do canal (Figura 6). E através dos parâmetros indicativos das condições do igarapé, foram classificadas em boa, regular ou ruim. Cada uma destas condições recebeu uma pontuação, na qual dez pontos foram atribuídos para a condição boa, cinco para a regular e zero para a ruim. A soma da pontuação resulta em uma escala de valoração de 0 a 120 pontos, subdividida em três classes de condição do canal: **boa**, de 80 a 120 pontos; **regular**, de 40 a 80 pontos; e **ruim**, de 0 a 40 pontos.

Margem

Leito fluvial

Coluna d'água

Figura 6: Perfil transversal segmentado conforme o PAR

Fonte: Campos e Nucci (2019).

Quadro 1: Protocolo de Avaliação Rápida para rios urbanos

	CONDIÇÃO DO RIO E PONTUAÇÃO				
	CRITÉRIO	Boa (10 pontos)	Regular (5 pontos)	Ruim (0 pontos)	
Margens	Estabilidade das margens	Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas.	Margens moderadamente estáveis, com erosões cicatrizadas.	Margens instáveis e muitas áreas erodidas. Erosão frequente ao longo da seção reta e nas curvas.	
	Largura da mata ciliar	Maior que 30 metros.	-	Menor que 30 metros.	
	Tipo de uso e ocupação predominante no entorno	Mata ciliar em estágio médio/avançado de sucessão.	Agricultura com práticas de manejo e conservaçãodos solos.	Uso residencial, comercial, industrial ou mineração, agricultura sem práticas de conservação dos solos, solo exposto, pastagens.	
Leito fluvial	Poluição pontual	Lançamento não perceptível de efluentes líquidos e resíduos sólidos no rio.	-	Pontos de lançamento de efluentes líquidos e de resíduos sólidos no rio.	
	Alterações antrópicas na estrutura do rio	Sem alterações no rio, como aterros, barragense estabilização artificial das margens.	Pouca modificação presente no leito e nas margens.	Leito e margens bastante modificados.	
	Deposição de sedimentos	Feições deposicionais (ilhas ou barras) ausentes ou alargamento não perceptível.	Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino, com pouca alteração nas feições deposicionais.	Elevada deposição de cascalhos novos, areia ou sedimento fino e aumento no desenvolvimento de feições deposicionais.	
	Condições de escoamento do Leito fluvial	A água preenche todo o leito menor e há uma quantidade mínima de substratos expostos.	A água preenche parte do leito menor e a maioria dos substratos nas corridas estão expostos.	Pouquíssima água no leito menor, sendo a maioria de água parada em poços.	
Coluna d'água	Odor na água	Não perceptível.	-	Perceptível.	
	Óleos, graxas e espumas na água	Não perceptível.	-	Perceptível.	
	Cor ou turbidez da água	Não perceptível.	Levemente turva.	Turva, opaca ou colorida.	
Fundo	Substratos e/ou habitat disponíveis	Vários tipos e tamanhosde substratos para a epifauna e abrigo para insetos, anfíbios ou peixes, tais como rochas, troncos, margens escavadas ou outros habitats estáveis.	Habitats estáveis mesclados. A velocidade da água não permite a estabilização dos substratos.	Habitats monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de galhos, cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática.	
	Soterramento	Fundo pouco ou nada coberto por sedimentos finos.	Cerca de metade do fundo coberto por sedimentos finos.	Quase todo o fundo é coberto por sedimentos finos.	

Fonte: Campos e Nucci (2019)

3.2.2.2 Tipologia de canais urbanos

Para identificar as características e tipologias do canal foi aplicada a metodologia instituída por Carvalho *et al.* (2010) onde considera que para classificar os corpos hídricos deve considerar a utilização de uma matriz em quatro níveis, sendo eles: a) características morfológicas do trecho do canal; b) uso do solo nas margens do trecho do canal; c) situação de uso do solo no interflúvio; d) unidade geomorfológica do trecho do canal.

Na análise das características morfológicas do igarapé da Cachoeirinha considera inicialmente a existência de alterações diretas sobre o mesmo, classificando o canal em trechos não alterados e trechos alterados. A partir daí, para os trechos alterados, foram classificados os tipos de alterações que os mesmos sofreram. Os canais abertos e fechados serão divididos em canais retificados e canais retificados e canalizados. Desta forma, constituí o nível 1 da matriz de tipologia (Quadro 2), que serão levados à matriz de tipologias em valor mais baixo os canais que não apresentam alteração (NA – 100). Já os canais que sofreram diminuição no seu grau de sinuosidade, mas são abertos e não canalizados receberam a designação acronímica (AL – 200). Por fim, os canais fechados e que já tenham sido canalizados foram considerados muito alterados e atribuídos os maiores valores de referência para a matriz de tipologias (MA – 300) (CARVALHO *et al.*, 2010).

Quadro 2: Nível 1 – Características morfológicas do canal

Trecho Canal	Características Morfológicas do Canal			Referência
	Não Alterado			NA (100)
			Retificado	AL (200)
Canal	Alterado	Aberto	Retificado e Canalizado	MA (300)
		Fechado		MA (300)

Fonte: Carvalho et al. (2010)

Para avaliar o uso do solo nas margens onde se delimitam as áreas protegidas pela legislação federal e os tipos de usos que foram classificados em: vegetação preservada, vegetação residual, produção agrícola, urbanização fraca,

urbanização média e urbanização intensa, utilizou-se a referência baixa (10), média (20) e alto (30), caracterizando o nível 2 da matriz de tipologia (Quadro 3).

Quadro 3: Nível 2 – Uso do solo nas margens

Trecho Canal	Uso do solo nas Margens	Referência
	Vegetação preservada	BAIXO (10)
	Vegetação residual	BAIXO (10)
Canal	Urbanização fraca	MÉDIO (20)
	Urbanização média	ALTO (30)
	Urbanização intensa	ALTO (30)

Fonte: Carvalho et al. (2010)

A partir da análise do uso do solo, o nível 3 conforme metodologia do autor possibilitou avaliar o grau de impacto gerado e a urgência da presença de instrumentos normativos e ações do poder público no trato desses corpos d'água, e desta forma adotou os mesmos critérios de avaliação atribuídos no nível 2, para verificação do uso dos solos nos interflúvios, conforme quadro 4.

Quadro 4: Nível 3 – Uso do solo nos interflúvios

Trecho Canal	Uso do solo nos Interflúvios	Referência
	Vegetação preservada	BAIXO (1)
	Vegetação residual	BAIXO (1)
Canal	Urbanização fraca	MÉDIO (2)
	Urbanização média	ALTO (3)
	Urbanização intensa	ALTO (3)

Fonte: Carvalho et al. (2010)

Carvalho *et al.* (2010), estabelece que a associação dos valores de referência de cada um dos níveis na matriz oferece uma combinação de algarismos que é associada a um tipo específico de tipologia de canal fluvial a partir do uso, e desta forma, os parâmetros de todos os níveis representa um método eficiente com modelos organizados e bem estruturados, possibilitando análise integrada em relação à área de estudo nos ambientes urbanos.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Processo de ocupação e uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha

4.1.1 Processo de ocupação

A história de ocupação no entorno de canais fluviais se remete desde o processo de desenvolvimento civilizatório, na qual se utilizavam diretamente dos recursos fornecidos, como água, alimentação, transporte e até mesmo os deslocamentos para comunicação.

Ao passar dos anos, esse processo se sucedeu aos desenvolvimentos, principalmente das cidades, na qual modificou o imaginário social, alterando o perfil de uso benéfico para verdadeiros empecilhos de crescimento e/ou expansão urbana, visto pelos construtores da cidade. Essa realidade se manteve presente no contexto brasileiro, assim como na ocupação da sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha e no desenvolvimento da cidade de Manaus.

A ocupação do igarapé da Cachoeirinha se deu através da margem direita (Figura 7), essa associada ao desenvolvimento urbano da cidade de Manaus, marcada pela criação de povoados, exploração e imposição de poder dos colonizadores portugueses na Amazônia. De forma geral, os portugueses perceberam a influência e o território densamente povoado por indígenas, até então, em 1848 conhecida como Cidade Barra do Rio Negro e posteriormente, em 1856 foi denominada Cidade de Manaós, uma homenagem aos índios locais (COSTA, 2014).

Portanto, houve a influência geoestratégica de ocupação do igarapé da Cachoeirinha, haja vista que o mesmo mantem ligação com o rio Negro, na qual foi utilizado para demarcações de povoados, fortes, ancoradouro de embarcações, consolidando o domínio português na Amazônia.

Historicamente, a expansão urbana de Manaus percorreu por três principais períodos, distintos, mas sincrônicos (Figura 8). O primeiro esteve relacionado à criação de uma vila, em 1664, com poucos habitantes, ainda no período de colonização. No segundo período foi o contexto do ciclo da borracha, a partir de 1840, o que resultou na expansão do centro histórico. Salati (1990) descreve que no

auge desse período a cidade passou de cerca de 10.000 habitantes para pouco mais de 75.000 e também adquiriu importância portuária e comercial. Já o terceiro período refere-se ao crescimento exponencial da área urbanizada devido à criação da Zona Franca de Manaus e Distrito Industrial I em 1967, e Distrito Industrial II em 2007.



Figura 7: Planta dos igarapés da Cachoeirinha e Ponte de Ferro

Fonte: Acervo do Centro Cultural Povos da Amazônia (1916)

De acordo com Araújo (1974), os igarapés representaram uma importância social muito grande para a cidade, oferecendo desde alimentação até o meio de circulação através de barcos, igarités, canoas, batelões, catraias e principalmente, como espaços de sociabilidade, na qual a cidade contribuía com a nucleação duradoura e fertilidade das terras, favorecendo o aldeamento da população e a

formação do núcleo urbano.

Final do Século XX Ano 1848 - Atual Século XIX Elevação de vila Zona Franca de Manaus Vila Manaós para cidade Distrito Industrial I e II Poucos habitantes "Cidade da Barra Crescimento populacional do Rio Negro" e expansão urbana de Manaus Século XVII Anos 1840 Ano 1910 Ciclo da Borracha Declínio da Borracha. Colonização portuguesa. "Povoamento da cidade" Construção da Fortaleza Seringueiros e familiares Início das ocupações nos da Barra e Forte do Rio migram para o perímetro urbano. Negro igarapés Expansão demográfica

Figura 8: Histórico de ocupação na cidade de Manaus, Amazonas

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2022).

Nesse sentido, o início do ciclo da borracha promoveu profundas modificações políticas e sociais em Manaus. A exploração da borracha dinamizou o contexto econômico bem como o povoamento da região, recebendo mão-de-obra de todo o território brasileiro, mas principalmente paraenses, amazonenses, maranhenses e cearenses. Uma expansão demográfica iniciou-se, quadruplicando sua população em duas décadas. Em 1910, no final do período áureo da borracha, Manaus contabilizava mais de 80.000 habitantes (ARAÚJO, 2011; CALDAS, 2016).

Entretanto, o declínio da borracha ocasionou impactos econômicos e sociais devastadores ao município. Os seringueiros despovoaram os seringais, juntamente com as suas famílias e os soldados da borracha e transferiram-se para o perímetro urbano de Manaus, dando início ao povoamento, com moradias precárias, nos entornos dos igarapés da bacia do Educandos e da orla do centro da cidade (PINHEIRO e BORGES, 2011; SILVA, 2010; ARAÚJO, 2011).

Segundo Queiroz (2009), a falência do interior do estado continuou alimentando de forma gradual, o crescimento populacional de Manaus. A perda da maior fonte geradora de renda, no período do ciclo da borracha, contribuiu para

redução de oferta de oportunidades de emprego aos migrantes. Uma nova ocupação se destacou dessa vez sobre o rio Negro, em forma de casas flutuantes. A ocupação dos flutuantes penetrou a bacia do Educandos e seus igarapés e ganhou as margens do mesmo, na forma de novas palafitas, transformando-se em um verdadeiro filão habitacional sem controle das autoridades.

Ainda, conforme aponta Queiroz (2009), a criação da Zona Franca de Manaus - ZFM, do Polo Industrial, e posteriormente, do Distrito Industrial em 1967, foram os elementos impulsionadores do evento de expansão demográfica (Figura 9). Neste período, novamente, a cidade não conseguiu atender e integrar essa nova demanda populacional à sua infraestrutura. O adensamento e crescimento da mancha de palafitas e ocupações subnormais na calha e margem dos igarapés ocorreram concomitantemente à ocupação na porção norte da Bacia do Educandos, envolvendo principalmente o igarapé do Quarenta, igarapé da Cachoeirinha e igarapé do Mestre Chico.

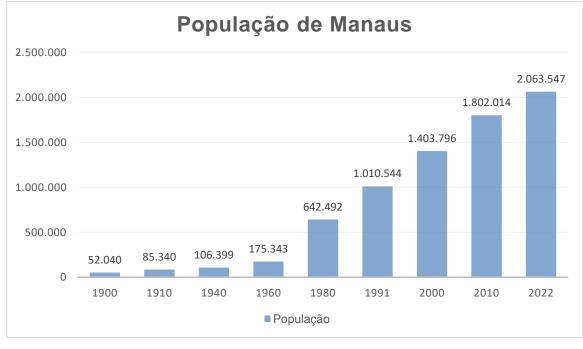


Figura 9: Evolução da população de Manaus (1900 – 2022)

Fonte: IBGE (2023) Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023).

O processo de ocupação do igarapé da Cachoeirinha se expandiu da foz para a montante (baixo curso para o alto curso), especificamente as primeiras ocupações se estabeleceram majoritariamente na margem direita (Figura 10), devido ao

modelado de expansão urbana, na qual até então os migrantes chegavam e estabeleciam invasões e moradias em qualquer lugar. O mesmo iniciou-se no final do século XIX e início do século XX, através do plano de modernização da cidade criado pelo governador Eduardo Gonçalves Ribeiro, na qual se projetou na área central, ultrapassando os limites do bairro Cachoeirinha.

Nesse contexto, em algumas áreas da cidade que foram historicamente ocupadas, é possível identificarmos áreas desmatadas que alteram bruscamente o ambiente natural. Ainda, nesse processo, surgem às construções de casebres, barracos e outras improvisações de moradia (palafitas), essas com alto risco de desabamento devido à construção precária (Figura 11).

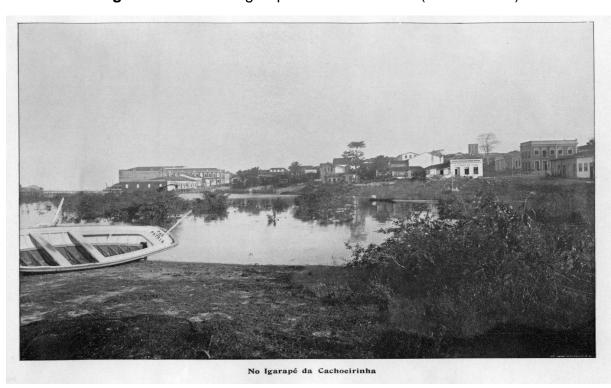


Figura 10: Vista do igarapé da Cachoeirinha (1901 – 1902)

Fonte: Instituto Durango Duarte Foto: F.A. Fidanza

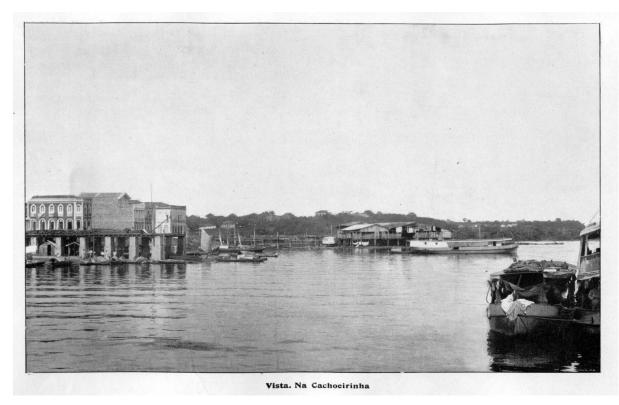


Figura 11: Vista do igarapé da Cachoeirinha e palafitas (1901 – 1902)

Fonte: Instituto Durango Duarte Foto: F.A. Fidanza

De acordo com os relatos de Serra e Cruz (1964), as propagações da cidade flutuante que eram as palafitas nas margens do rio Negro se estendiam em direção às águas dos igarapés do Quarenta, Manaus e Cachoeirinha, atingindo proporções gigantescas. Esses igarapés permaneciam com nível de qualidade das suas águas até então, assim, começaram a receber grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes, sem condições de infraestrutura para coleta e tratamento destes, na qual permanecia restrita somente a zona central da cidade.

O desenvolvimento da cidade e o adensamento populacional na bacia acompanhou o processo desenvolvimentista ocorrido na cidade de Manaus, na qual até então, os canais eram utilizados com frequência pela população, visto como elementos integradores da paisagem beneficiando os mesmos com alimentação (pesca), atividades de lazer (balneabilidade), transporte, uso (lavadeiras e aguadeiros). Os aguadeiros¹ eram responsáveis pela coleta de água nos igarapés e distribuição para a população, essa prática também fortalecia a subsistência de

¹ No final do século XIX, antes da instalação da rede de água, as moradias de Manaus eram abastecidas pelos aguadeiros que coletavam águas nos rios e igarapés nas épocas de cheias e as levavam em carroças às residências dos habitantes da cidade (LACHI, 2022).

índios e negros como fonte de renda.

Com a demanda populacional em ascensão em Manaus, tornou-se preciso a procura por fontes de abastecimento de água segura. Portanto, Duarte (2009) aponta que por ordem do benemérito presidente da Província, Dr. José Lustosa da Cunha Paranaguá, deram início aos estudos para o abastecimento de água potável à capital, sendo, em 1882, explorados os canais, como fonte da Castelhana, fonte do Mocó, igarapé da Cachoeirinha e igarapé da Cachoeira Grande.

Nesse contexto, Silva e Lima (2008) destacam que o processo de ocupação das margens dos igarapés na cidade de Manaus esteve relacionado diretamente a uma estrutura social desigual, na qual invariavelmente apresentam problemas associados à habitação, levando as pessoas mais pobres a ocuparem espaços de riscos social e ambiental.

Nota-se que essas ocupações situadas nas margens do canal, sinalizam a falta de políticas públicas e planejamento prévio que comporte a demanda demográfica, desde os períodos iniciais de ocupação até os dias atuais. Vargas (2008) aponta que as ausências de planejamento e de políticas públicas destinadas a proporcionar moradia digna bem como a inexistência de uma estrutura administrativa eficiente de fiscalização permitem a ocupação das margens de rios, córregos e lagoas.

Contudo, através do processo de ocupação, a capital amazonense passou a sentir os diferentes e crescentes impactos dessa ocupação irracional. Novos bairros começaram a surgir, novas áreas de expansão territorial, essas com ausência de infraestrutura, saneamento básico, água encanada, sem esgotos, condições humanas inadequadas e sobretudo baixa qualidade de vida.

4.1.2 Características dos bairros limítrofes da sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha

Em maio de 1995, através da Lei nº 287 foi sancionada a delimitação de 56 bairros na cidade de Manaus, através de parâmetros legais, estabelecidos por tamanho de superfície, população e definição de perímetro. Atualmente, o perímetro urbano de Manaus possui 63 bairros, após a última delimitação de superfícies dispostas na Lei nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010.

O surgimento dos bairros limítrofes do igarapé da Cachoeirinha, acompanhou os períodos de desenvolvimento da cidade através do crescimento populacional. Inicialmente, a configuração urbana se organizou do centro para norte e leste da cidade de Manaus.

No igarapé, em primeiro momento a população se concentrou na margem direita, e isto ocorreu pela proximidade do centro, e através da configuração das ruas, construção de pontes e infraestrutura procedeu-se a ocupação da margem esquerda do canal.

Desse modo, a seguir será apresentado o surgimento e características urbanas dos 4 bairros presentes na sub-bacia (Figura 12).

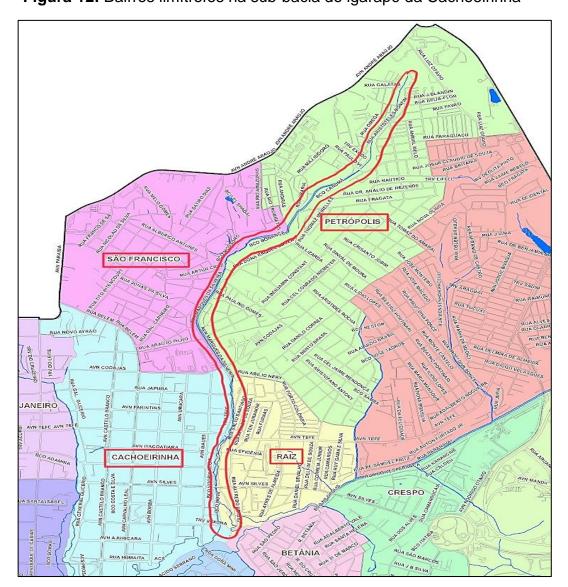


Figura 12: Bairros limítrofes na sub-bacia do igarapé da Cachoeirinha

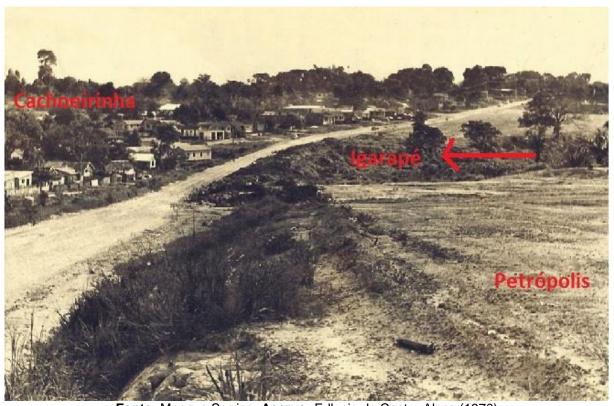
Fonte: Prefeitura de Manaus (2021) Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

a) Cachoeirinha

O bairro Cachoeirinha foi planejado em continuidade do projeto urbanístico da área central com quarteirões retangulares e dispostos linearmente, na qual a ocupação aconteceu no final do século XIX, por iniciativa do governador Eduardo Ribeiro e a partir da construção da ponte de ferro sobre o igarapé do Mestre Chico, possibilitando o acesso do centro para as áreas do bairro. Até então, os lotes do bairro pertenciam ao patrimônio público estadual e eram concedidos com fins de ocupação imediata. Esses lotes eram padronizados em 15x45 metros em ruas amplas, largas e bem delimitadas (OLIVEIRA e ALECRIM, 2003).

O processo de desenvolvimento do bairro aconteceu de forma expressiva entre as décadas de 1970 e 1980 muito influenciadas pela ZFM, atraindo migrantes para as montadoras no Distrito Industrial. O que deu início as obras de arruamentos, aterramentos e abertura de estradas e ruas (Figura 13). E a partir daí a população sem moradia e com poucos recursos financeiros foram habitando as margens do igarapé.

Figura 13: Visão da rua Codajás, a partir da divisa com o bairro Petrópolis, que tem como marco o igarapé da Cachoeirinha



Fonte: Manaus Sorriso. Acervo: Edlucio de Castro Alves (1970)

A origem do nome se deve a uma forte corredeira que se formava no igarapé, no período de vazante, essa servia para lazer dos poucos habitantes da área e também para as lavadeiras realizarem seus trabalhos.

De acordo com os dados do IBGE, (2010) a população residente era de 16.948, a estimativa para 2017 foi de 20.035 habitantes, ou seja, houve um aumento e, consequentemente, maior produção de lixo, lançamento de efluentes, esgotamento sanitário, entre outros.

Em relação à extensão territorial o bairro possui 197,71 hectares, tendo como ponto inicial a confluência do igarapé da Cachoeirinha com o igarapé do Quarenta (MANAUS, 2010). O bairro está localizado na margem direita do canal, especificamente no baixo curso, em vista disso, em toda área do bairro o canal encontra-se aberto, canalizado e retificado.

Observa-se que o grau de impermeabilização do bairro é bastante elevado, onde todas as ruas próximas ao canal são asfaltadas, tal fato ocorre devido à proximidade da área central e serviços oferecidos, apresentando como consequência o aumento do escoamento superficial, porém, segundo os moradores não apresenta inundação no período chuvoso.

b) São Francisco

A origem desse bairro está associada a influência do coronel Alexandre Montoril, na qual iniciou-se na década de 1950. O coronel após a realização de estudos relacionados a topografia da área começou a distribuir lotes para quem quisesse viver ali.

O povoamento se deu através de lotes disponibilizados para os trabalhadores das carvoarias, que nessa época existiam no bairro. A composição populacional também foi formada por grupos de famílias oriundas do interior, nordestinos e também ribeirinhos atingidos pela grande cheia de 1953.

O nome do bairro se deu através dos deslocamentos feito pelo coronel no próprio bairro, na qual foi encontrada uma pequena imagem do santo, fato este que causou impacto na vida dele e para os que conviviam com o mesmo. Através daí, registrou-se o nome do bairro e no mesmo local de encontro da imagem foi construída a primeira capela da igreja de São Francisco.

Cabe salientar que o igarapé da Cachoeirinha representa um limite entre o bairro São Francisco e Petrópolis, na qual o canal percorre uma área de relevo

bastante ondulado (ainda no alto curso), em sua menor parte em condições naturais, porém densamente ocupado por residências e comunidades bem próximas a rede fluvial.

Localizado completamente na margem direita do igarapé, o bairro possui 162,28 hectares (MANAUS, 2010) e de acordo com os dados do IBGE, houve um aumento no número de pessoas residentes. No ano de 2010 haviam 16.824 residentes e em 2017 a estimativa do mesmo órgão saltou para 19.889.

Observou-se que esse crescimento é acompanhado de diversas necessidades estruturais para o bairro, principalmente melhorias no saneamento básico, coleta de lixo, bem como medidas que preservem a sustentabilidade do igarapé e das áreas ao entorno.

c) Petrópolis

A história da sua formação é bastante relacionada ao bairro São Francisco, até mesmo pela influência do coronel Alexandre Montoril, na década de 1950 na qual iniciou a abertura de ruas e estradas, assim como o povoamento. Até então, apresentavam condições precárias de moradias, deslocamento, luz elétrica e equipamentos sociais.

O bairro Petrópolis recebeu esse nome devido o coronel relacionar a topografia da área, bastante ondulada, e a vegetação de floresta com a cidade de Petrópolis, no Rio de Janeiro.

Os dados censitários da população residente no bairro apresentaram um expressivo crescimento entre 2010 e 2017, sendo o maior crescimento populacional entre bairros no entorno do igarapé da Cachoeirinha. Em 2010 a população era de 41.210 habitantes, já em 2017 saltou para 48.717, segundo projeção do IBGE. A população do bairro apresentou um aumento de 18,22%, o que significa também o aumento de moradias, construções, serviços, produção de resíduos, entre outros.

Localizado na margem esquerda do canal, em sua maior parte, e corresponde as áreas do alto e médio curso. Segundo o Instituto Municipal de Planejamento Urbano – IMPLURB, o bairro possui uma extensão territorial de 324,1 hectares, o que caracteriza como o maior bairro da sub-bacia, assim como um dos maiores bairros da zona Sul de Manaus.

d) Raiz

O bairro Raiz iniciou o processo de formação territorial na década de 1950, mas foi somente na década de 60 que começou a ser povoado, principalmente através de iniciativas do Governo do Estado, na qual pôs um fim na "cidade flutuante".

A "cidade flutuante" (Figura 14) foi um marco da desigualdade, composto núcleo residencial de palafitas no rio Negro instalado nas proximidades do centro, na qual foi formado após o declínio da borracha. A população que ali vivia, estabeleciam relações comerciais com custos menores que na cidade. Fixaram aproximadamente 12 mil moradores em mais de 1.900 flutuantes, até que governadores proibiram a instalação das moradias e transferiram a população para diversos bairros do entorno do igarapé da Cachoeirinha e outras áreas de Manaus (FIGUEIREDO, 2002).

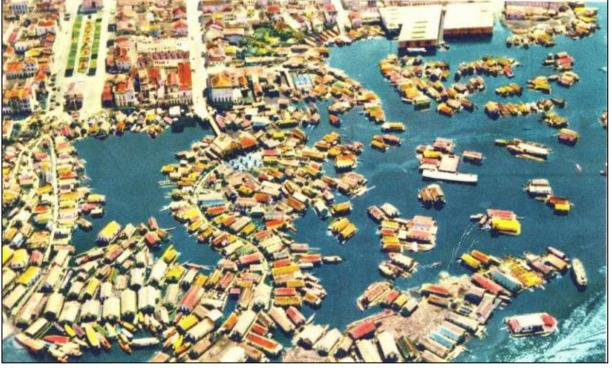


Figura 14: Cidade flutuante no rio Negro

Fonte: Portal Amazônia Acervo: Otoni M. de Mesquita (1964)

Esse processo contribuiu significativamente na formação populacional do bairro, sobretudo pela construção do Conjunto Habitacional Costa e Silva, feito para abrigar os antigos moradores da "cidade flutuante".

Atualmente, o bairro Raiz possui 85,92 hectares e está localizado completamente na margem esquerda do canal, correspondente as áreas do baixo curso da sub-bacia hidrográfica.

A população residente no bairro apresentou um crescimento de 18,21% através de registros do IBGE. No ano de 2010 haviam 14.122 habitantes, a projeção para 2017 foi registrada 16.694 residentes.

Logo, cabe afirmar que o aumento populacional provoca consigo o aumento da demanda de água, perda de biodiversidade, produção de resíduos sólidos e líquidos e sobretudo pressão sobre os recursos naturais.

4.2 Uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica

Os dados mostram a evolução do uso e cobertura da terra, na sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha em três períodos (1985, 2000 e 2021), foram identificadas as classes de uso e ocupação, a rede de drenagem e as pontes, em resposta a influência da infraestrutura urbana para o canal fluvial.

As informações obtidas com mapeamentos mostram que em 1985, 75% da sub-bacia era urbanizada, atingindo aproximadamente 96% em 2021. As áreas preservadas restringem o entorno das nascentes.

Em 1985 identificou-se seis tipos de classes de uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha - SBHIC, sendo: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado/Área Pantanosa, Formação Campestre, Pastagem (Antrópica) e Infraestrutura Urbana.

Observou-se que houve diminuição das classes de uso e cobertura ao decorrer dos anos. Em 2000, identificou-se cinco classes, em 2021 apenas três, sendo: Formação Florestal, Formação Campestre e Infraestrutura Urbana (Figura 15). Sabe-se que em maior parte refere-se a supressão da vegetação decorrente da ocupação consolidada na sub-bacia hidrográfica.

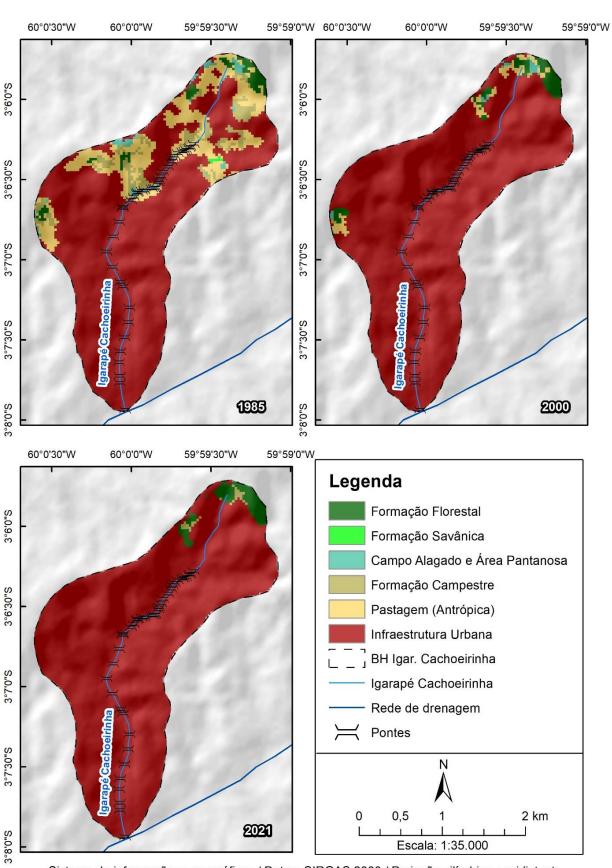


Figura 15: Uso e cobertura da terra na sub-bacia do igarapé da Cachoeirinha

Sistema de informaçãoes geográficas / Datum SIRGAS 2000 / Projeção cilíndrica equidistante

Fonte: MapBiomas (2020)

Na figura 16 são apresentadas as classes de uso e cobertura da terra, bem como suas respectivas porcentagens em relação à área total da SBHIC.

A classe de pastagem (antrópica) também apresentou significativo destaque em 1985, com 15,15%, na qual indicaram que nesse período, no alto e médio curso do canal existiam vegetação com formações herbácea-arbustiva, representada através das áreas de chácaras e pequenas propriedades. O mapa revela que em 2021 a classe pastagem não existe mais, tal fato ocorre por conta das ocupações por residências, construções e influência da urbanização.

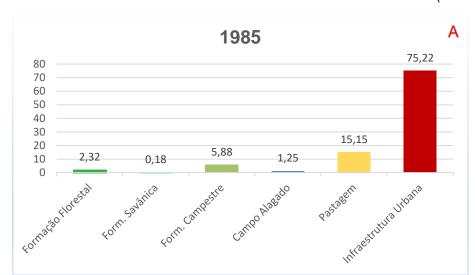
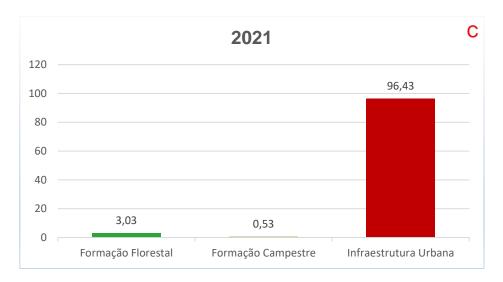


Figura 16: Percentual de ocorrência de classes relacionadas à área (1985 a 2021)





Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023). Fonte: MapBiomas

Dessa forma, segundo as informações levantadas através dos mapas temáticos e gráficos, no ano de 1985 predominava em maior abrangência a infraestrutura urbana, com 75,22%, apresentando aumento exponencial no ano de 2000, sendo 94,83% e para 2021 o percentual registrado de 96,43% caracterizando como uma densa urbanização (Figura 17).



Figura 17: Densa urbanização A) alto curso B) médio curso

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022).

A antropização dos elementos naturais da paisagem na área de estudo foi um processo que se materializou por meio da infraestrutura urbana, comercial e industrial distribuídos em diferentes porções da área, em detrimento principalmente das áreas antes recobertas por vegetação natural.

Silva, Alves e Santos (2020), ao estudarem o igarapé do Quarenta, afirmaram que as mudanças são reflexos da expansão socioeconômica da cidade de Manaus ao longo dos anos, em que, impulsionou parte da população de baixa renda a ocuparem setores irregulares, ou seja, espaços em que apresentavam ausência de infraestrutura prévia para ocupação humana.

No ano de 2000, a classe que apresentou aumento, além da infraestrutura urbana acima supracitada, foi a formação florestal, com 2,5% em relação a 2,32% em 1985. Outra classe que merece destaque neste mesmo ano, é o campo alagado que de 1,25% em 1985, diminuiu para 0,53% e nos dados atuais já não aparecem nos mapas temáticos, isso se dá, devido ao aterramento de terrenos alagados, influenciados e determinados por vários artigos de Lei Municipal, através dos Códigos de Posturas de Manaus.

Sobre os Códigos de Posturas de Manaus, Delgado (2022) destaca que a maioria cita normas para conservação ambiental dos sistemas fluviais, mas mesmo que muito haja a exigência de conservar os igarapés, permite-se os desmatamentos com a intenção de ampliar as áreas da cidade e estabelecer um padrão de embelezamento. Um dos exemplos contraditórios e/ou confusos, se refere a determinação de limpeza dos pântanos nos igarapés e aterramento de terrenos alagados.

Em 2021, o destaque também foi para a continuidade de aumento na classe formação florestal, com 3,03%, que pode ser justificada pelas áreas de preservação no alto curso do igarapé, correspondente a três manchas no mapa temático, sendo:

1) formações florestais arbóreas, em partes pertencentes a Área de Proteção Ambiental – APA Floresta Manaós, territórios do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA; 2) área de nascente, inserida no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA e também da Associação dos Oficiais da Polícia Militar e Bombeiro Militar do Amazonas – AOPBMAM; 3) fragmento florestal, na margem direita pertencentes aos territórios da instituição religiosa Inspetoria Nossa Senhora da Amazônia, Agência Nacional de Mineração – ANM, Serviço Geológico do Brasil – CPRM e também da Associação dos Empregados da CPRM

de Manaus – ASSECMA (Figura 18).

Mesmo que a classe fragmento florestal tenha apresentado aumento de acordo com o decorrer das séries temporais de 36 anos, foi possível inferir que a SBHIC não atende os requisitos da legislação referentes a Área de Preservação Permanente - APP, haja vista que de acordo com a Lei Federal nº 12.651 de 2012, a APP é um espaço que tem o intuito proteger alguma localidade, revestida ou não por meio da vegetação natural. Além disso, tem como dever conservar os cursos d'água, a diversidade biológica, equilíbrio geológico, auxiliar na fauna e flora além de proteger o solo e melhorar o bem-estar dos seres humanos (BRASIL, 2012).



Figura 18: Fragmentos florestais na SBHIC

Fonte: Google Earth Pro (2023)

No entanto, na maioria das áreas da SBHIC os parâmetros de legislação não respeitam as normas dos 30 metros de vegetação ripária e/ou mata ciliar para cursos d'água de até 10 metros de largura. Cabe salientar também que a Constituição do Estado do Amazonas de 5 de outubro de 1989 através dos artigos

Art.230 e Art.231 ressalta que a SBHIC compõe uma área de preservação ambiental permanente bem como cabe ao estado e município prevenir e eliminar as consequências prejudiciais do desmatamento, da erosão, do solo, das águas e de qualquer ameaça ou dano ao patrimônio ambiental.

A supressão da mata ciliar é causada a fim de expandir a urbanização e, por meio desse desenvolvimento, são desencadeados ou intensificados processos de assoreamento e contaminação do recurso hídrico e erosão do solo. Nesse sentido, nota-se que a retirada da vegetação decorrente da ação antrópica em área de mata ciliar é um dos principais determinantes da degradação ambiental, estágio comum e preocupante para a estabilidade dos ecossistemas (SPETH *et al.*, 2020).

Para Fortes (2010), em relação às bacias de drenagens urbanas, os processos hidrológicos são semelhantes aos desenvolvidos no âmbito natural. Diferem-se na evolução e funcionamento. Nas cidades aumentam as superfícies impermeáveis (concreto, pavimentação asfáltica), o relevo é modificado pelos elementos urbanos (relevo tecnogênicos), e altera-se a velocidade do escoamento superficial, que se torna rápido.

Verificou os impactos antrópicos na SBHIC a partir da diminuição nos percentuais de vegetação, o aumento das áreas edificadas e principalmente da área urbana (Figura 19). Essas ações antrópicas advêm do crescimento populacional e urbano da cidade de Manaus com um vetor de expansão apontado para o leste e norte da sub-bacia.



Figura 19: Supressão da vegetação natural e elementos urbanos

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Nesse contexto, outra classe que é importante destacar é a formação campestre, que em 1985, correspondia a 5,88% do uso e cobertura da terra na SBHIC. Essa classe apresentou expressivo declínio para 2000 e 2021, apresentando apenas 0,18% e 0,53%, respectivamente, que pode ser justificado pela diminuição de espécies arbustivas e herbáceas no entorno do igarapé em resposta as consequências de crescimento populacional e urbano.

Segundo Silva (2018), o homem vem substituindo a paisagem natural pela paisagem cultural em razão de suas capacidades técnicas, de transformar e reconstruir a paisagem. Ao que diz respeito aos igarapés, foram diversas as alterações de ocupação e uso ocasionando novas funções e/ou novas dinâmicas de uso do solo.

Os dados que foram coletados corroboram com o MapBiomas (2022) que afirma que em toda a Amazônia as áreas urbanas continuam se expandindo e já ocupam 339 mil hectares, influenciaram também na perda de 12% de área de floresta em 37 anos, e além da perda da vegetação nativa, também está perdendo água, em 20 anos, houve uma diminuição de 14,5% na superfície água do bioma.

Considerando a totalidade da SBHIC, foi possível verificar que a matriz econômica é voltada para atividades comerciais e industriais, sendo mais abrangente e relevante o setor terciário da economia. Destaca-se, portanto que as atividades comerciais, serviços e indústrias, estão em maior predominância no baixo e médio curso do canal.

No alto e médio curso, destaca-se a predominância de atividades comerciais/serviços, como posto de gasolina, mercados, feiras, lojas, lanchonetes, etc. As atividades comerciais geralmente acarretam uma elevada pressão sobre os recursos naturais, principalmente, sobre os recursos hídricos, sobretudo pela forma que é realizada, geralmente as instalações de comércios acontecem na margem do próprio igarapé, realizando comercialização de peixes, carnes, oficina mecânica, livrarias, tabernas, brechós, restaurantes, entre outros.

Enquanto que, no baixo curso do canal, destacamos empresas que trabalham diretamente com o setor industrial, a maioria se faz presente na margem direita, sendo atividades relacionadas a produção e comercialização de produtos de limpeza, higiene, metal, aço e ferro.

Conforme salientam Nascimento et al. (2022) Manaus é uma cidade industrial e comercial, na qual o motor do dinamismo econômico da capital é a indústria de

transformação, que goza de incentivos fiscais à produção. Contudo, o comércio, serviços governamentais e os serviços privados têm, também, uma participação considerável na dinâmica da economia, mas sobretudo com forte indução da indústria.

Desse modo, as atividades de campo evidenciaram que atividades comerciais são desenvolvidas nas margens e entorno do canal (Figura 20 e 21). As peixarias são instaladas por moradores aproveitando o espaço da calçada, entre a rua e o canal são feitas as exposições de peixes, limpeza e processamento. Após isso, as carcaças de peixe, pele, lixos são lançados no terreno e escoam para o igarapé, sem tratamento.



Figura 20: Comércio de peixes sobre o igarapé da Cachoeirinha

Fonte: Google Earth Pro (2021)



Figura 21: Atividades comerciais nas margens do igarapé da Cachoeirinha

Fonte: Google Earth Pro (2021)

Durante os trabalhos de campo, em conversas informais com os moradores, foi citado que algumas vezes a água do igarapé apresenta alteração na cor, na qual permanece por uns dois ou três dias e depois volta a cor permanente, mais escura. Também foi evidenciado que durante a estação cheia forma-se uma crosta de lodo, lixos diversos que ficam na superfície do canal fluvial.

No ano de 2013, a mídia noticiou informações sobre a mudança de cor da água no igarapé da Cachoeirinha, essa situação foi denunciada pelos moradores do entorno, na qual relataram cheiro forte, odor e coloração rosa (Figura 22). Em maio de 2022, através de atividade de campo observou-se que devido o processo de cheia do curso fluvial, a água perde velocidade de fluxo e com isso ocorre a formação de camadas de lodo na superfície, bem como o acúmulo de resíduos sólidos e líquidos (Figura 23).

Nos estudos feitos por Filho *et al.* (2020) nos igarapés de Manaus, os resultados corroboram o fato de que a capital amazonense paradoxalmente alia a abundância das águas em um lado, com a contaminação e poluição de suas águas urbanas de outro. A presença de nutrientes nas águas como, nitrogênio, fósforo, associados com a remoção da vegetação das margens destes cursos pode

brevemente alterar a característica dos trechos mais lênticos de seus igarapés, pois é o ambiente propício para proliferação de algas, microrganismos, mosquitos e também para provocar a morte completa da vida aquática e fotossintética de alguns trechos.

Figura 22: Notícia midiática sobre a mudança de cor na SBHIC

MENU



Fonte: G1, Amazonas (2013)



Figura 23: Acúmulo de resíduos superficiais no baixo curso do canal

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

O uso do solo sem as devidas práticas de conservação do seu uso leva à diminuição da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, isso é evidenciado quando a sociedade também contribui para a poluição dos corpos líquidos e até mesmo no assoreamento do canal.

Vale ressaltar que a SBHIC abrange diversos serviços públicos no entorno do canal, sendo: comando geral da polícia militar, comando geral dos bombeiros militares, escolas estaduais e municipais, hospitais, postos de saúde, INSS, entre outros.

Na área de estudo estão inseridos importantes bairros para a cidade de Manaus, principalmente quando se trata de localização geográfica, proximidade do centro, dos pontos estratégicos, turísticos e até mesmo ao distrito industrial. Assim, torna-se necessário observar as construções e ocupações residenciais. Estas áreas são de fundamental relevância no meio urbano, porém vêm sofrendo constante pressão pela ocupação humana.

O médio curso é o curso da SBHIC com mais impactos antrópicos diretos em seu meio ambiente, o que pode ser justificado pela retificação, canalização, influências da população que vive no entorno, lançamentos de esgotos direto, lixos e entulhos de construções.

Estas áreas possuem fragilidades ambientais, principalmente devido ao relevo movimentado e encostas declivosas, aliados a falta de cobertura vegetal somada a elevada incidência pluviométrica da região, resultando em significativos danos ambientais como erosão e assoreamentos.

Segundo estudos realizados na bacia hidrográfica do Educandos, Delgado (2022) afirma que a transformação da paisagem no uso e ocupação do solo dessa bacia é observada em seu maior ciclo de crescimento desde a implantação da Zona Franca, ocorrendo danos nas APPs, e dessa forma acontecem os impactos no ecossistema de todo o contexto fluvial, com isso se faz necessário um planejamento para a recuperação dos canais que a cada ano fica entregue aos entulhos e a uma engenharia que não valoriza a importância desse sistema hídrico para a cidade.

No alto curso é um dos que recebe menores cargas de impactos antrópicos, influenciado pela localização, por estar próximo as áreas de nascente, na qual se encontra manchas de fragmentos florestais e de preservação, bem como o canal ainda não apresentar canalizações, mantendo o seu estado natural, ainda sem obras de engenharia.

De acordo com Santos, Souza e Sousa (2022), em análises ao uso da terra, evidencia-se a necessidade de planejamentos a partir de políticas públicas de gestão socioambiental, visando ao uso sustentável da bacia hidrográfica, pois, quando a exploração é de forma inadequada, ocasiona impactos ao meio ambiente, a qualidade de vida da população, alterações da dinâmica natural da bacia e, consequentemente, influências ao rio principal por meio da descarga de sedimentos transportados pelos afluentes.

Ainda, segundo Delgado (2022), observou-se o quanto a fisionomia da paisagem vai se modificando para atender as necessidades de mercado e as individuais. Entretanto, não se deve perder de vista que as influências da sociedade humana (uso e ocupação) sobre os outros elementos naturais da geodiversidade (solo, vegetação, relevo, água, clima etc.) atingem grandemente o sistema ambiental desses sistemas fluviais (igarapés) pelo desequilíbrio na condição do escoamento pluvial e fluvial causadores da escassez ou extinção de serviços ecossistêmicos.

Nesse contexto, é fato que houveram mudanças na dinâmica da SBHIC e alterações expressas no canal. Adicionalmente, precisam ser considerados os tipos de usos existentes na região, sobretudo frente aos processos antropogênicos.

Os usos comerciais/industrial e até mesmo residenciais, quando de forma desordenada, geram impactos diretos no igarapé, conforme discutido. Como consequência, resultam no acúmulo de resíduos diversos, assoreamento e impacto de qualidade da água. Sendo assim, é imprescindível a manutenção da cobertura vegetal, contribuindo nas áreas de formações florestais e principalmente a reavaliação das ocupações de infraestrutura urbana.

4.3 Intervenções diretas no leito do igarapé da Cachoeirinha

As mudanças da paisagem através das intervenções feitas em uma bacia hidrográfica, resultam em diversos impactos sobre a geodiversidade biótica e abiótica, possibilitando o entendimento do contexto histórico e atual bem como o funcionamento do sistema hidrográfico.

Para Oliveira (2022), esses fenômenos de transformações e mudanças na paisagem não ocorrem por acaso, pois tudo isso é fruto de um processo interacional entre as políticas de governo, de desenvolvimento e crescimento representados pelas políticas habitacionais, legislação urbana, legislação ambiental, código de postura dos municípios, código civil, manuseados de forma adequada ou não, pelos gestores públicos e privados no decorrer do recorte temporal e que de certa forma dão sustentação para todo o contexto percebido.

Segundo Botelho (2011), as intervenções antrópicas nos cursos d'agua que se processaram notadamente nos grandes centros e importantes cidades brasileiras, geraram um novo quadro urbano, nova paisagem urbana, com novos elementos e nova dinâmica.

Nas bacias de drenagens urbanas, os processos hidrológicos são semelhantes aos desenvolvidos em âmbito natural. Porém, diferem-se no funcionamento e evolução. Nas cidades aumentam as superfícies impermeáveis (pavimentação asfáltica, concreto), o relevo é modificado pelos elementos urbanos (relevo tecnogênico), assim, altera-se a velocidade do escoamento superficial, que se torna rápido (FORTES, 2010).

Ao analisar as mudanças na paisagem de uma bacia hidrográfica associada

ao processo de urbanização, Wolman (1967) delimitou três fases, sendo:

I - condição estável ou de equilíbrio, quando a paisagem é dominada por florestas, ou áreas agrícolas;

II - período de construção, na qual o solo fica exposto aos processos erosivos (fase de intensa produção de sedimentos);

III - fase final, quando a paisagem é predominantemente urbana, dominada por ruas, telhados, esgotos e calhas.

Em relação a sub-bacia do igarapé da Cachoeirinha, a mesma passou pela fase I e II, porém, atualmente encontra-se na fase III. As intervenções acompanharam o processo de desenvolvimento urbano de Manaus, através das políticas de embelezamento da cidade, na qual os registros de obras e/ou intervenções no canal foram identificados somente a partir do final da década de 90.

De acordo com Wstane (2013) a cada nova canalização de um córrego, tornavam-se necessárias mais intervenções em outros trechos, numa infinidade sucessiva de alterações e construções no padrão de drenagem do canal. Transformavam-se em invisíveis os córregos e os canais fluviais da cidade. Essa forma de intervir no espaço, para a construção de uma cidade planejada sob ditames técnicos e higienistas se perpetuou e se agravou ao longo de anos.

Nesse sentido, observou-se que Manaus seguiu o modelo de planejamento voltado ao setor imobiliário, o que resultou nas necessidades de intervenção no canal devido à expansão desse setor, sobretudo acompanhado do crescimento populacional.

O alto curso do igarapé apresentou menores alterações quanto as obras de engenharia, o que pode ser explicado pela influência das áreas próximas a nascente. Contudo, nessa parte do curso, as alterações observadas foram as galerias pluviais, manilhas, pontes e estreitamento do canal (Figura 24).

Ao considerar o estreitamento do canal bem como os aterros para aproveitamento das áreas marginais, estes apresentam como resultado a redução da capacidade da seção transversal, o que contribui para os transbordamentos nos períodos de intensa precipitação. Vale ressaltar que o estreitamento se originou através da supressão da vegetação e construções de habitações irregulares praticamente dentro do canal.



Figura 24: Estreitamento do canal e pontos de estrangulamento no alto curso

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2021)

Ainda nas áreas pertencentes ao alto curso, observou-se que em sua maior parte o canal encontra-se em características naturais, conforme imagens acima. Porém, existem alguns pontos que os próprios moradores realizaram o estreitamento do canal através de construções, edificações, muros e portões (Figura 25). Essas obras interferem na velocidade de fluxo e disponibilidade hídrica, principalmente durante intensas chuvas, contribuindo para o transbordamento.

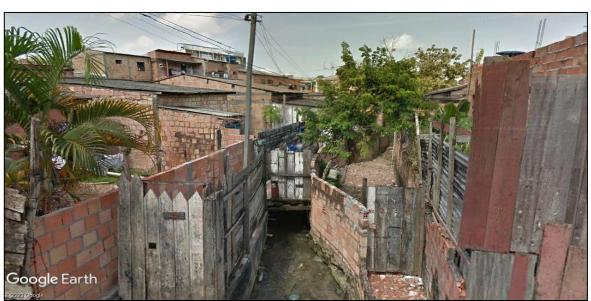


Figura 25: Construções e muros nas margens do canal

Fonte: Google Earth Pro (2022)

O médio curso da SBHIC apresenta intervenções de engenharia em sua totalidade, pois foram identificadas obras de canalização e retificação em todo o percurso. As alterações nesse curso foram realizadas no final da década de 90, através das intervenções relacionadas na urbanização dos bairros Petrópolis e São Francisco.

Ao considerarmos o médio curso a partir da Avenida Paulo VI, em direção a jusante, verifica-se que foram realizadas obras de dragagem para aumento de largura/profundidade e posteriormente a concretagem do canal. É possível observar que as margens do igarapé nessas áreas são compostas pela técnica de engenharia, conhecida como Rip-Rap² (Figura 26).

Segundo Nobre (2019), Rip-Rap é um elemento de proteção e estabilização dos taludes, compostos de sacos de cimento, a fim de evitar erosões, favorecendo proteção contra a águas das chuvas e ondas.



Figura 26: Canalização e Rip Rap no médio curso

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Desse modo, a partir desse trecho o canal apresenta nova morfologia bem como novo comportamento do sistema fluvial, haja vista que interfere no aumento do

² Termo geotécnico, solo ensacado utilizado para proteger as margens. Regionalmente, quando alguém se refere a algo próximo ao igarapé, por vezes, utiliza o termo técnico Rip-Rap.

escoamento da água, reduzindo nível das cheias e também nas vazões, que será discutido no próximo tópico.

Ao considerarmos as construções é comum notar pequenas pontes superficiais, utilizadas para ligação das margens do igarapé, geralmente construídas pelo poder público assim como por moradores (pontes de madeira), beneficiando o trânsito de pessoas, motos e bicicletas.

No baixo curso, para analisar as mudanças morfológicas recentes, foram analisados dois trechos. O primeiro trecho corresponde ao início das intervenções em 2004, sendo retificação e posteriormente a canalização (Figura 27). Para a execução das obras nesse período, foram realizados remanejamentos de residências, através de políticas indenizatórias.

2001

Figura 27: Trecho 1 - baixo curso do igarapé da Cachoeirinha (2001 – 2021)

Fonte: Google Earth Pro (2022)

É possível observar que no ano de 2001 o canal apresentava características naturais com sinuosidades, contudo com densa urbanização nas margens. Por sua vez, no ano de 2004, iniciaram as obras de dragagem, retificação e alteração da largura bem como da profundidade. Em 2007, verifica-se a ampliação do canal, obras de arruamento nas margens, caracterizando como um período de intensa produção de sedimentos. Em 2021, o igarapé apresenta totalmente retificado e canalizado, com arruamentos nas margens e faixa de vegetação secundária.

Para Fagundes (2020), existe uma "cultura de canalização dos córregos", que articula os interesses políticos com o processo de urbanização, na qual não considerou os canais fluviais urbanos como parte integrante da paisagem. Essa cultura afetou e ainda apresenta efeitos as áreas à jusante das bacias hidrográficas e cursos d'água.

O segundo trecho, corresponde as áreas pertencentes a foz do canal. Tanto o primeiro trecho, quanto o segundo, ambos fazem parte das obras relacionadas ao Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM.

Com o objetivo de resolver os diversos problemas ambientais e sociais nos igarapés da cidade de Manaus, o governo estadual implantou o PROSAMIM, no ano de 2003, tendo início dos projetos e obras, a partir de 2004. A área de estudo em questão está inserida na segunda fase do programa, sendo denominada PROSAMIM II, dando continuidade de obras na bacia do Educandos/Quarenta e São Raimundo.

Em análise ao segundo trecho do baixo curso da SBHIC, pode-se notar que houveram intensas alterações, com obras de engenharia, no canal (Figura 28). Até o ano de 2003, esse trecho do canal apresentava características naturais, leito menor, ilhas e sinuosidade. No ano de 2004, iniciam-se as intervenções diretas, sendo retificação e alargamento. Em 2006, iniciaram as obras de canalização, concretagem (Figura 29) e posteriormente, o arruamento, até chegar as configurações atuais.

Filho, Oliveira e Molinari (2011), ao estudarem as obras do PROSAMIM no igarapé Mestre Chico, ressaltaram a importância de considerar todos os aspectos naturais característicos da área e adaptar as obras em função dessas características naturais de forma real e adequada, a fim de evitar problemas diversos com processos erosivos, intensificação do escoamento superficial, entre outros.

2001
2007
2011
2016
2021

Figura 28: Trecho 2 – baixo curso do igarapé da Cachoeirinha (2001 – 2021)

Fonte: Google Earth Pro (2022)



Figura 29: Obras no baixo curso do canal

Fonte: Instituto Durango Duarte (2007)

Cabe apontar que também houveram obras de relevância como a construção do Residencial Cachoeirinha no entorno do igarapé, localizado exatamente na foz do canal, cujos moradores correspondiam aos antigos moradores de palafitas.

Contudo, os efeitos dessas obras são diversos, principalmente nas áreas próximas à foz. No período de cheia, o rio Negro exerce contra fluxo ao igarapé do Quarenta e consequentemente ao igarapé da Cachoeirinha. Então, as águas formam ambientes lênticos, devido ausência de vazão e velocidade de fluxo. Logo, formam-se acúmulos intensos de lodo superficial, sedimentos e resíduos sólidos.

Ainda, durante o período de cheia, a Prefeitura de Manaus realiza obras periódicas de limpeza do entorno e retirada de lixos e resíduos em geral. Essa ação se faz necessária devido ao igarapé estar em grandes quantidades de volume de água, na qual os resíduos ficam presos nas pontes (Figura 30), fato muito comum na maioria dos canais fluviais urbanos da cidade de Manaus.



Figura 30: Acúmulo de resíduos e limpeza no canal

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Em relação aos pontos de estrangulamentos construídos no canal através de obras de engenharia, podemos considerar que em sua maioria predominam as pontes sobre galerias, contabilizando seis pontes e sobre manilhas correspondem a três pontes semifechadas.

Verifica-se que as pontes sobre galerias (semiabertas) estão localizadas no médio e baixo curso, para facilitar o escoamento e também por pertencer a áreas em que as intervenções foram mais recentes, após os estudos e observação de comportamentos do canal. As pontes sobre manilhas (semifechadas) estão localizadas no alto curso, áreas em que houve menores intervenções de engenharia. Porém, as pontes sobre manilhamento apresentam condições preocupantes, principalmente pelas obstruções através de resíduos, acúmulo de lixos e vegetação.

Esses pontos de estrangulamento (ponte sobre manilhas – semifechadas) possuem significativos efeitos na dinâmica de escoamento do igarapé, contribuem no aumento da carga de sedimentos (finos e grosseiros) depositados ao longo do perfil longitudinal, bem como interferem na disposição da vazão do canal.

Nas figuras abaixo, evidencia-se os exemplos de pontes com seções do tipo sobre galerias (Figura 31) e sobre manilhas (Figura 32). Ambas estão localizadas no bairro Petrópolis, a primeira situada a Avenida Codajás com Avenida Marquês da Silveira (baixo curso) e a segunda situa-se na Avenida Paulo VI (alto curso).



Figura 31: Tipologia de ponte sobre galerias

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)



Figura 32: Tipologia de ponte sobre manilhas

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

No que tange às mudanças na hidrodinâmica do canal, associadas as intervenções de engenharia, nota-se que em alguns pontos do médio e baixo curso existem obras de potencialização da velocidade de fluxo (Figura 33). Considerando a amplitude desses desníveis, através da aceleração do fluxo, os mesmos influenciam nos comportamentos de antecipação da vazão bem como no tempo de concentração da água na sub-bacia.

No estudo desenvolvido por Moruzzi et al. (2009), na bacia do córrego da Servidão em Rio Claro, São Paulo, os autores relataram que a implementação de obras descontextualizadas com a dinâmica hidrológica e hidráulica, são responsáveis pelo agravamento de problemas diversos, como transbordamentos e/ou enchentes urbanas.

Portanto, foi possível verificar que durante o período de cheia, em termos de condições geomorfológicas, o igarapé apresenta acumulo de água nas áreas próximas a foz, isso se dá pela diferença altimétrica entre a calha do igarapé da Cachoeirinha, essa sendo sobrelevada em relação à calha do igarapé do Quarenta.



Figura 33: Desníveis de engenharia hidráulica

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Ainda sobre as técnicas de Rip Rap na SBHIC, essas são usadas para contenção de processos erosivos. A figura 34A, mostra o antes, evidenciando o processo erosivo na margem esquerda, bem como o desmoronamento das barras de margens de concreto. A figura 34B apresenta o estado atual da área, após as obras de Rip-Rap no leito, feitas pela Prefeitura de Manaus. De acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura — SEMINF foram realizadas as obras de contenção na área, correspondendo a 50m, caracterizando em mais de duzentas sacas de Rip-Rap.

Conforme destacam Tucci e Genz (1995), a ausência da formalização de planos de drenagem urbana, associada a falta de planejamento adequado para garantir o direcionamento das águas pluviais urbanas ao curso d'água receptor, contribuem para a ocorrência de problemas gerados pelo desenvolvimento de erosões na qual compromete a infraestrutura urbana e gera gastos públicos para o controle do processo erosivo.



Figura 34: Trecho em processo erosivo A) Antes B) Após obras de Rip-Rap

Fotos: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Dessa forma, os processos erosivos com incisão vertical são bem expressivos nas margens do canal, especificamente no baixo curso. Cabe ressaltar que esses processos erosivos estão ligados as obras de engenharia, assim como as formas de uso e ocupação do solo inadequadas no entorno.

4.4 Processos hidrodinâmicos nas seções transversais

Seção I

A seção I encontra-se nas coordenadas 03° 05' 52" S e 59° 59' 23" O, a 60 metros de altitude, no alto curso, correspondente a área de nascente do igarapé da Cachoeirinha (Figura 35). Localizada dentro da Associação dos Oficiais da Polícia Militar e Bombeiro Militar do Amazonas – AOPBMAM, inserida no bairro Petrópolis.

A montante desta seção apresenta-se com vegetação preservada, enquanto que a jusante e até mesmo nas margens não possui vegetação ciliar significativa, conforme a Lei Nº 12.651/2012 (Código Florestal), na qual estabelece um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros. Cabe ressaltar que é possível identificar vegetação nativa, como exemplo buriti (*Mauritia flexuosa*), açaí (*Euterpe oleracea*), andiroba (*Carapa guianenses*) e também vegetação exótica, manga (*Mangifera*)

indica), coco (Cocos nucifera), banana (Musa spp), entre outras.



Figura 35: Seção 1 - nascente do igarapé da Cachoeirinha

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Considerando as características da nascente da SBHIC, a mesma pode ser classificada como difusa, apresentando fluxo e também olhos d'água em alguns pontos da área, bastante expressivos no período de cheia. No período de vazante diminui os olhos d'água, bem como a disponibilidade hídrica a montante desta seção.

De acordo com Valente e Gomes (2005), a nascente difusa apresenta pequenos vazamentos superficiais espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e a partir daí vai acumulando água em poças até dar início a fluxos contínuos.

O entorno desta seção possui construções, como espaço para manipulação de alimentos, academia, piscina, espaço para lazer e festas. Mesmo com as intervenções antrópicas não houveram materiais flutuantes, espumas, óleos na

água.

Verificou-se também que foi construída uma cerca para auxiliar na proteção do igarapé, mas mesmo com a intenção de proteção, existem ainda, entulhos de construção dentro do canal, entulho da ampliação da AOPBMAM. Ainda assim, foi possível visualizar fauna aquática, através de uma diversidade de peixes e outros.

Quanto às características do canal fluvial, a largura e profundidade apresentam diferenças de acordo com os períodos de cheia e vazante. Os dados mostraram que durante a cheia o igarapé apresenta uma maior lâmina d'água, sendo 1,60 m de largura e 1,30 m na vazante. O mesmo acontece com a profundidade do canal, sendo 0,05 m (cheia) e 0,02 m (vazante).

Entretanto, o maior valor da área da seção molhada ocorreu no período de cheia, sendo 0,08 m² e na vazante, registrado 0,02 m². Enquanto que a vazão teve o registro somente durante o período de cheia (0,17 m³/s⁻¹) e na vazante não foi registrado velocidade de fluxo (Tabela 2). Tal fato ocorre, por causa das obstruções provocadas por folhas, vegetação dentro do canal no período de vazante, o que também compromete a biodiversidade, sobretudo a concentração de substâncias e/ou sedimentos.

Tabela 2: Variáveis hidrodinâmicas da seção 1

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	1,60	1,30
Profundidade (m)	0,05	0,02
Área da seção (m²)	0,08	0,02
Velocidade (m/s ⁻¹)	2,15	
Vazão (m³/s-1)	0,17	

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Durante o período estudado, observou-se que neste trecho a calha fluvial apresenta características naturais, sendo a menor profundidade registrada entre as demais seções e a descarga hídrica é bastante lenta, apresentando um aumento durante o período de cheia através dos diversos pontos de olhos d'água que aparecem neste trecho.

Seção II

Esta seção localiza-se no alto curso da SBHIC, especificamente nas coordenadas geográficas 03° 06' 16" S e 59° 59' 33" O, a 40 m de altitude. A paisagem é formada por uma área mais urbanizada composta por residências simples no entorno, cercadas por arruamentos a jusante e solo exposto na margem esquerda, a montante.

As margens do canal permanecem com características naturais, mas é possível observar as modificações antrópicas, principalmente ocupações irregulares no entorno, construções nas margens, obras de Rip-Rap para estreitamento do canal, pontes de passagem de moradores entre as margens, entre outras (Figura 36).



Figura 36: Seção 2, bairro Petrópolis no alto curso do canal fluvial

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Houve uma redução da quantidade e variedade de espécies que compõem a vegetação, ainda existindo pequenos fragmentos florestais, predominando a sete-

copas (*Terminalia catappa*) e outras espécies que são indicadores de ação antrópica. Vale ressaltar que mesmo o canal apresentando características naturais, não atende a lei sobre as APP.

Contudo, devido à ausência da mata ciliar, verificou-se a formação de bancos de sedimentos grosseiros no fundo do leito, como rochas, areia, tijolos, o que contribuem para o assoreamento do canal através da deposição no leito.

Analisando os dados batimétricos, a largura do canal mediu 4,0 m no período de cheia e diminuiu para 1,20 m na vazante, com a profundidade média de 0,21 m e 0,15 m, respectivamente. Contudo, a área da seção molhada apresentou-se elevada durante a cheia, resultando em 0,84 m², enquanto na vazante foi 0,18 m² (Tabela 3).

Os resultados das vazões apresentaram diferenças significativas, sendo 0,50 m³/s⁻¹ na cheia e 0,14 m³/s⁻¹ na vazante, respectivamente. A velocidade de fluxo apresentou pequenas diferenças entre os dois períodos, o que pode ser justificado pela intensidade de chuvas na noite anterior a coleta de dados, no período de vazante.

Tabela 3: Variáveis hidrodinâmicas da seção 2

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	4,00	1,20
Profundidade (m)	0,21	0,15
Área da seção (m²)	0,84	0,18
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,60	0,80
Vazão (m³/s-1)	0,50	0,14

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção III

A terceira seção encontra-se no alto curso, na coordenada 03° 06' 18" S e 59° 59' 35" O, a 39 m de elevação. Nesta seção, inicia-se a modificação da calha fluvial da SBHIC através de obras de engenharia, como retificação e canalização (Figura 37).

No entorno do canal, não há presença de vegetação de grande porte, por

conta do concreto nas margens e até mesmo no leito maior, o que também não atende as resoluções do código florestal. Verificou-se uma quantidade ínfima de vegetação aquática nas margens do igarapé bem como no leito fluvial.

A paisagem é densamente urbana/residencial, com arruamento asfáltico somente na margem direita e algumas áreas próximas com solo exposto, o que contribui para o fundo arenoso e deposição de barras de sedimento e entulhos em vários pontos desta seção.



Figura 37: Seção 3, início das obras de engenharia no alto curso

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Nesta seção as margens são concretadas, associada à redução da declividade da área de influência e consequentemente, a diminuição da velocidade de fluxo, na qual apresentou significativa diferença em relação a seção 2.

Para Cunha (2008) ao longo do perfil longitudinal de um curso fluvial, quando a velocidade se torna uniforme e lenta, as águas fluem em camadas, sem turbulência, constituindo o fluxo laminar. Desse modo, os processos erosivos são minimizados e a capacidade de transporte se reduz, deslocando as partículas finas (argila e silte), o que anula a capacidade erosiva das margens.

A vazão apresentou maiores índices no período vazante (0,048 m³/s⁻¹), o que

pode ser justificado devido os valores de velocidade 0,22 m/s⁻¹, profundidade 0,06 m e a área da seção de 0,22 m² (Tabela 4).

Tabela 4: Variáveis hidrodinâmicas da seção 3

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	5,00	3,75
Profundidade (m)	0,04	0,06
Área da seção (m²)	0,2	0,22
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,21	0,22
Vazão (m³/s-1)	0,042	0,048

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

A descarga hídrica foi constante em todo o período de estudo, porém, observou-se que o canal apresenta expressivas modificações no seu comportamento hidrodinâmico da seção 2 para a seção 3. Os dados mostram que houve a ampliação do leito fluvial, consequentemente o canal apresenta menor profundidade e também a diminuição da velocidade de fluxo.

Seção IV

A seção IV está localizada em uma área de risco (comunidade), contendo densa urbanização, residências simples, atividades comerciais diversas no entorno, pequenos arruamentos e becos. Está situada nas coordenadas geográficas 03º 06' 26" S e 59º 59' 44" O, no médio curso.

Possui características geográficas relativamente semelhantes ao trecho da seção 3. A vegetação aquática é presente nas margens do canal e em menor quantidade dentro do leito fluvial. As residências estão construídas a 2 metros nas margens do canal e em sua maioria possuem ligações hidráulicas e de esgoto que descartam os efluentes in natura no igarapé (Figura 38).

Nesta seção, bem como na seção anterior, o canal é totalmente retificado e canalizado. As margens são utilizadas como vias de passagem para deslocamento no bairro, na qual não possuem arruamentos nas laterais. No entorno, observa-se

alguns arruamentos sem pavimentação asfáltica e terrenos com solo exposto, que favorece o acúmulo de sedimentos para dentro do leito fluvial.



Figura 38: Seção 4, bairro São Francisco no médio curso

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Neste trecho são imprescindíveis medidas emergenciais que atendam a uma coleta pública eficaz de resíduos sólidos, bem como o sistema de esgotamento sanitário, uma vez que há lançamento de lixos diversos e efluentes *in natura* residenciais no canal. Esta situação se agrava por apresentar problemas de habitação, necessitando de atenção dos gestores, tendo em vista a sustentabilidade do ambiente.

De acordo com os dados obtidos, no período de cheia a largura plena foi de 8,0 m e na vazante 7,30 m. As profundidades apresentaram pequenas diferenças entre a cheia e vazante, sendo 0,12 m e 0,11 m, respectivamente (Tabela 5).

Os registros de vazão foram maiores no período de cheia (0,14 m³/s⁻¹), mas é importante relacionar com os registros da seção 3, haja vista que apresentaram dados mais expressivos quanto a vazão. Tal fato ocorre devido a vegetação bem como os sedimentos depositados no canal, sobretudo retardando o escoamento e

funcionando como um sistema regulador da vazão.

Tabela 5: Variáveis hidrodinâmicas da seção 4

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	8,00	7,30
Profundidade (m)	0,12	0,11
Área da seção (m²)	0,96	0,80
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,15	0,14
Vazão (m³/s-1)	0,14	0,11

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção V

A quinta seção está localizada no médio curso, bairro Petrópolis, nas coordenadas geográficas 03° 06' 47" S e 60° 00' 04" O em altitude de 30 metros. A paisagem é urbana/residencial e comercial, apresenta diversidade de atividades comerciais ao entorno.

Neste trecho, o canal é totalmente retificado e canalizado. Em ambas as margens apresentam arruamentos com pavimentação asfáltica, o que pode ser considerado uma área de intensa impermeabilização. Ainda em relação as margens, a partir desta seção o igarapé apresenta margens rampeadas (Figura 39).

A vegetação ciliar não atende a lei do Código Florestal e é suprimida pelos elementos urbanos, mas existem vegetações herbáceas e fragmentos de vegetação exótica nas margens.



Figura 39: Lançamento de efluente na margem esquerda da seção 5

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Os valores batimétricos apresentaram variações quando se comparados a seção anterior bem como aos dois períodos estudados. Em relação a seção anterior, os dados mostram que na seção 5, o leito apresenta estreitamento e também menores profundidades, sendo os maiores valores, 5,50 m de largura no período de cheia e na variável profundidade o maior valor registrado foi na vazante, sendo 0,07 m (Tabela 6).

A área da seção molhada foi maior no período de vazante (0,35 m²), e a vazão também apresentou maiores valores na vazante, sendo 0,04 m³/s⁻¹. A variável velocidade de fluxo, na cheia apresentou maior descarga hídrica (0,6 m/s⁻¹), provavelmente devido a quantidade de chuvas no período bem como a diferença topográfica (desnível) no leito de montante para jusante.

Tabela 6: Variáveis hidrodinâmicas da seção 5

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	5,50	5,10
Profundidade (m)	0,06	0,07
Área da seção (m²)	0,33	0,35
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,06	0,13
Vazão (m³/s ⁻¹)	0,01	0,04

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção VI

Nesse trecho a paisagem predominante é residencial e comercial, no entorno, e os arruamentos são revestidos de pavimentação asfáltica, em ambas as margens. Apresenta margens rampeadas com estrutura de concreto e algumas espécies de vegetação secundária e exótica (Figura 40).

Figura 40: Comportamento da água na seção 6 após chuva

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Localizado nas coordenadas geográficas, 03° 06' 57" S e 60° 00' 08" O, correspondente ao bairro Petrópolis.

Os valores de vazão foram mais expressivos no período chuvoso, sendo 3,84 m³/s⁻¹ em relação a vazante 0,54 m³/s⁻¹. Esse trecho corresponde aos maiores índices de velocidade de fluxo registrados neste estudo e da mesma forma que na seção 5, a velocidade (0,60 m/s⁻¹) foi maior no período de cheia e apresentando pequena diferença para o período de vazante (0,80 m/s⁻¹).

A largura do canal é expressiva no período de cheia, sendo 7,20 m apresentando 0,89 m de profundidade (Tabela 7). Nesse período, a quantidade de água no canal fica bem significativa, mas segundo moradores e em conjunto com as atividades de observação deste estudo, não apresentou transbordamento.

Tabela 7: Variáveis hidrodinâmicas da seção 6

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	7,20	5,30
Profundidade (m)	0,89	0,13
Área da seção (m²)	6,40	0,68
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,60	0,80
Vazão (m³/s-1)	3,84	0,54

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção VII

A sétima seção está localizada entre as coordenadas geográficas 03° 07' 11" S e 60° 00' 03" O nas proximidades de órgãos públicos como Colégio Militar da Polícia Militar – CMPM, Comando de Policiamento do Interior da Polícia Militar do Amazonas – CPI/PMAM, Diretoria de Atividades Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas – DAT e Agência de Previdência Social – INSS.

Neste trecho, as margens superiores são naturais compostas por gramíneas e vegetação rasteira, o que facilita a permeabilidade do solo. Entretanto, devido ausência da vegetação ciliar, apresenta uma pequena erosão na margem esquerda (Figura 41) e acúmulo de sedimentos no fundo do igarapé.



Figura 41: Processo erosivo na margem esquerda da seção 7

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Nesta seção, existem quatro manilhas de escoamento pluvial que desaguam diretamente no igarapé, sendo duas de fluxo contínuo e duas com fluxos maiores no período de cheia.

Os dados batimétricos mostram diferenças relevantes em relação a seção anterior, na qual podem estar associadas as diferenças topográficas e obras de engenharia entre elas. Em relação a largura, o trecho possui 5,80 m no período chuvoso e 5,45 m na vazante. A profundidade média foi mais expressiva durante a cheia (0,19 m) e na vazante (0,06 m).

A área da seção molhada (1,10 m²) foi maior na cheia e a velocidade de fluxo (0,60 m/s⁻¹) maior na vazante, o que exerce influência nos dados de vazão registrados, sendo 0,77 m³/s⁻¹ e 0,19 m³/s⁻¹, cheia e vazante, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8: Variáveis hidrodinâmicas da seção 7

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	5,80	5,45
Profundidade (m)	0,19	0,06
Área da seção (m²)	1,10	0,32
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,70	0,60
Vazão (m³/s ⁻¹)	0,77	0,19

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção VIII

Encontra-se nas coordenadas geográficas 03° 07' 30" S e 60° 00' 03" O, no baixo curso do canal, a jusante da ponte na Avenida Tefé. O entorno é marcado por atividades comerciais, como supermercado, lanchonetes, padaria, restaurantes, tabernas e também atividades informais de vendas de frutas, verduras e peixes nas margens do canal.

Em ambas as margens as ruas possuem pavimentação asfáltica, porém o que facilita a permeabilização do solo neste trecho são as margens compostas por herbáceas, gramíneas e fragmentos de árvores de médio porte (Figura 42).

Figura 42: Seção 8, bairro Cachoeirinha no baixo curso

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

O concreto presente nas margens encontra-se em condições regulares e com a presença de dois pontos com manilhas de escoamento pluvial. No período de vazante verificou-se intenso acúmulo de sedimentos (rochas, areia e argila).

Considerando a quantidade de lixos e entulhos é possível afirmar que neste trecho é necessária uma atenção dos gestores públicos para manutenção quanto as "lixeiras viciadas" e soluções de atendimento quanto ao descarte de resíduos.

Analisando os dados batimétricos, neste trecho o igarapé possui maior largura (7,60 m) no período de cheia e período de vazante (6,60m), quando comparado a seção 7. Também apresentou maior profundidade que a seção anterior, e dados praticamente similares entre a cheia (0,29 m) e vazante (0,28 m), o que resulta em uma maior área de seção molhada no período chuvoso, sendo 2,20 m² (Tabela 9).

Tabela 9: Variáveis hidrodinâmicas da seção 8

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	7,60	6,60
Profundidade (m)	0,29	0,28
Área da seção (m²)	2,20	1,84
Velocidade (m/s ⁻¹)	0,14	0,16
Vazão (m³/s-1)	0,30	0,29

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Quanto a velocidade, os maiores valores de descarga hídrica foram no período chuvoso (0,14 m/s⁻¹), o que resultou em maior vazão para esse período (0,30 m³/s⁻¹). Os dados mostram o que é possível verificar em observação, neste trecho o fluxo da água é contínuo e intenso.

Seção IX

A nona seção está localizada nas coordenadas geográficas 03° 07' 47" S e 60° 00' 04" O, a jusante da ponte sobre a Avenida Silves, no baixo curso da SBHIC, entre os bairros Cachoeirinha e Raiz.

³ Refere-se a pontos com acúmulo de resíduos urbanos diversos, concentrados devido a insuficiência de lixeiras individuais, na qual os moradores depositam seus resíduos diariamente.

Neste trecho, as margens encontram-se com pequena estrutura de concreto a jusante e a montante apresenta maior elevação do concreto. Cabe ressaltar que a paisagem é diversificada durante os dois períodos (cheia e vazante). As margens naturais estão em boas condições de conservação, com a presença de vegetação rasteira (herbáceas), que facilitam na permeabilização, mas não apresentam vegetação ciliar, conforme estabelece o Código Florestal de APP's (Figura 43).



Figura 43: Comportamento da água na seção 9 no período de cheia

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Corresponde a uma paisagem urbana, com a presença de arruamentos com pavimentação asfáltica no entorno.

Durante o período de vazante, identificou-se acúmulo de sedimentos e depósito de materiais pesados, tais como: matacões e seixos. Estes constituem a rugosidade do leito que influenciam na formação dos fluxos turbulentos em forma de corredeiras, potencializando a capacidade para transportar os sedimentos leves.

Quanto ao canal fluvial, esta seção apresentou distintas características durante o período de estudo. Os dados mostram que os valores durante o período

chuvoso são mais expressivos que os valores do período de vazante.

A largura do igarapé foi de 10,25 m e 7,80 m, sendo cheia e vazante, respectivamente. A profundidade é bastante influenciada pelo período de cheia, recebendo influências do contra fluxo do igarapé do Quarenta, sendo registrada 1,31 m nesse período e 0,26 m na vazante. Devido esses dados a área da seção molhada é potencialmente maior no período chuvoso, sendo 13,42 m².

Neste contexto, a velocidade de fluxo é maior no período de vazante sendo 0,26 m/s⁻¹ e na cheia 2,46 m/s⁻¹, apresentando baixa descarga hídrica no período chuvoso (Tabela 10).

Esta seção apresenta os maiores dados de vazão deste estudo, sendo 33,01 m³/s⁻¹ durante a cheia, o que pode ser justificado pela intensa área de seção molhada através do período chuvoso amazônico. Já em relação a vazante apresentou 0,52 m³/s⁻¹ de vazão.

Tabela 10: Variáveis hidrodinâmicas da seção 9

Variáveis	Cheia	Vazante
Largura (m)	10,25	7,80
Profundidade (m)	1,31	0,26
Área da seção (m²)	13,42	2,02
Velocidade (m/s ⁻¹)	2,46	0,26
Vazão (m³/s-1)	33,01	0,52

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Seção X

A seção 10 encontra-se entre as coordenadas geográficas 03° 07' 56" S e 60° 00' 03" O, no extremo baixo curso da SBHIC, foz do canal, próximo ao igarapé do Quarenta. Corresponde a uma área de paisagem urbana, com residências e influência da concentração populacional do Residencial Cachoeirinha construído pelo PROSAMIM.

Nesta seção, os arruamentos apresentam pavimentação asfáltica no entorno, com gramíneas e fragmentos de vegetação nas margens. O canal apresenta-se canalizado e retificado, porém as margens superiores são naturais.

Considerando a paisagem deste trecho através das observações, foram visualizadas duas características distintas entre os períodos de estudo. Durante o período chuvoso o igarapé apresenta-se com baixa velocidade de fluxo e consequentemente acúmulo de resíduos, já durante o período de vazante a descarga hídrica possui fluxo e apresenta acumulo de sedimentos finos (Figura 44).



Figura 44: Seção 10, na foz do canal – Períodos A) cheia B) vazante

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Neste trecho, a vazão foi zero durante o período chuvoso, por conta dos baixos valores de velocidade, o que pode estar associado ao fato de que o escoamento é controlado por algumas estruturas de concreto na calha fluvial.

No período de cheia, a uma conexão do rio Negro para o igarapé do Quarenta e desse com o igarapé da Cachoeirinha através da troca de matéria e energia, o Negro invade em contracorrente o Quarenta e Cachoeirinha promovendo o retardamento ou o represamento por quilômetros, justificando as velocidades zero para os meses de março a junho.

0,13

Quanto as análises batimétricas, a largura do canal apresenta-se a mesma durante os dois períodos (10 m), mas apresenta expressiva diferença de profundidade, sendo 2,18 m durante o período de cheia e 0,06 m durante a vazante. Considerando essa expressiva diferença entre os períodos, a área da seção molhada durante a cheia é de 21,8 m² e na vazante 0,6 m².

De acordo com as informações supracitadas, não apresenta velocidade de fluxo durante a cheia, sendo a única seção deste estudo com vazão zero, tornandose um ambiente lêntico. Na vazante, o igarapé apresenta descarga hídrica, registrando velocidade média de 0,23 m/s⁻¹ e vazão de 0,13 m³/s⁻¹ (Tabela 11).

 Variáveis
 Cheia
 Vazante

 Largura (m)
 10
 10

 Profundidade (m)
 2,18
 0,06

 Área da seção (m²)
 21,8
 0,6

 Velocidade (m/s⁻¹)
 - 0,23

Tabela 11: Variáveis hidrodinâmicas da seção 10

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Vazão (m³/s-1)

4.5 Avaliação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR e Tipologia de Canais Urbanos

Os resultados do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR, demonstram que existe um declínio na qualidade geral do igarapé da Cachoeirinha de montante para jusante, mesmo que não tenha se apresentado constante (Quadro 5).

Pode-se notar que a seção 1 é a única que apresenta condição boa, 100 pontos, tal fato ocorre por causa da localização em área de nascente, haja vista que possui menores alterações antrópicas neste trecho e até mesmo maior preservação de vegetação no entorno, boas características no leito fluvial, sobretudo boas condições nas caracterizações da coluna da água.

A seção 5 também é a única que apresenta condições regulares, com 55 pontos. Neste trecho, predominaram bons resultados em relação a estabilidade das margens, ausência de erosões, condições de escoamento no leito e baixo acúmulo de sedimentos.

Quadro 5: Resultado da aplicação do PAR

Critério		Seções									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Estabilidade das margens	10	5	5	0	5	10	5	5	5	10	
Largura da mata ciliar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tipo de uso e ocupação no entorno	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Poluição pontual	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alterações antrópicas	10	5	0	0	0	0	0	0	5	0	
Deposição de sedimentos	10	0	0	0	5	5	0	0	5	0	
Condições de escoamento	5	5	5	10	10	5	5	10	10	10	
Odor na água	10	0	0	0	10	0	0	10	0	0	
Óleos, graxas e espumas	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	
Cor, turbidez da água	5	5	0	0	5	0	0	0	0	0	
Substratos e/ou habitat	10	10	5	5	0	0	0	5	5	10	
Soterramento	10	5	0	0	10	5	10	5	5	5	
Total	100	35	15	15	55	25	20	35	35	35	
Condição geral	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Em relação as condições gerais, o maior número ficou na classificação ruim, sendo as seções: 2 (35 pontos), 3 e 4 (15 pontos), 6 (25 pontos), 7 (20 pontos) e 8, 9 e 10 (35 pontos). Entre essas, as que apresentam as menores pontuações deste estudo são as seções 3 e 4, localizadas no alto e médio curso, respectivamente, o que pode ser justificada pela influência urbana nesses trechos, na qual pertencem a uma área de densa urbanização, presença de comunidades, intenso uso e ocupação, poluições pontuais, alterações nas margens e ainda péssimas condições nas características da lâmina da água.

Em linhas gerais, o parâmetro "largura da mata ciliar" foi o que apresentou as piores condições em todas as seções nesta sub-bacia hidrográfica, afirmando que nenhuma seção apresenta vegetação maior que 30 metros, confirmando as discussões supracitadas sobre a ausência da vegetação ciliar e o descumprimento com as leis estabelecidas no Código Florestal.

O parâmetro "tipo de uso e ocupação predominante no entorno" é outro que apresenta dados preocupantes. Verifica-se que as nove seções no canal fluvial são predominantes o uso residencial, comercial e/ou industrial, exceto a seção 1 que apresenta mata ciliar em estágio médio de sucessão, por estar localizada na montante desta sub-bacia.

Ao longo do perfil longitudinal é perceptível óleos, graxas e espumas na calha fluvial, com exceção das seções 1 e 5. Tal fato ocorre, por consequência da ausência de coleta eficaz de resíduos sólidos por parte da gestão pública bem como lançamentos de efluentes diretamente no canal (Figura 45).

Segundo Calvo (2018), ao avaliar a influência antrópica na drenagem do igarapé do Quarenta, descreveu que os igarapés antropizados apresentam níveis de contaminantes potencialmente superiores às águas naturais, na qual os metais potencialmente tóxicos em sólidos suspensos foram superiores ao recomendado, principalmente durante o período de vazante.

Ainda segundo o referido autor, a antropização do igarapé do Quarenta acontece tanto da emissão de esgotos domésticos como de emissões industriais. Os níveis dos diversos poluentes foram heterogêneos, através do tipo de atividade antrópica pontual.

Em contrapartida, o parâmetro "condições de escoamento do leito fluvial" foi o único que todas as seções deste estudo pontuaram. Isso decorre do fato que a água preenche em sua maioria todo o leito menor e também há pequenas quantidades de

substratos expostos, principalmente no período de cheia.



Figura 45: Lançamento de efluentes no igarapé

Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

No parâmetro "deposição de sedimentos", as seções 2, 3, 4, 7, 8 e 10 foram pontuadas em condições ruins. As deposições foram mais presentes no leito fluvial e sopé das margens. Da mesma maneira o critério "alterações antrópicas na estrutura do rio" foram pontuadas como condições ruins as seções 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10 mostrando que o leito e as margens estão bastante modificadas. Vale ressaltar que a deposição de sedimentos é um importante indicador para a qualidade ambiental da bacia hidrográfica (Figura 46).

Entretanto, o parâmetro "substratos e/ou habitat disponíveis" apresenta boas pontuações na maioria das seções, exceto as seções 3 e 4. Nesse parâmetro é avaliado a variedade de tipos e quantidade de substratos para a epifauna, abrigo para uma diversidade de insetos, anfíbios, peixes e bastante diversificações.

Nesse contexto, Krupek e Felski (2006) destacam a importância da vegetação ciliar não só para a biodiversidade não aquática, assim como também para a interferência sobre as espécies aquáticas presentes. De acordo com estes autores, a destruição da mata ciliar altera a temperatura da água, o índice de luminosidade

incidente e a composição química, interferindo diretamente sobre as diferentes espécies ali encontradas.

Figura 46: Deposição de sedimentos no canal fluvial no período de vazante



Foto: SILVA, Danilo Machado da (2022)

Em relação ao parâmetro "odor na água" é perceptível o mau cheiro nas

seções 2, 3, 4, 6, 7, 9 e 10. Somente as seções 1, 5 e 8 não apresentaram odor na água. É importante considerar que devido o odor do canal, a sociedade relaciona o igarapé como um elemento de importância invisível, muita das vezes ignorando e sem conhecimento sobre a sua importância. Isso também se repete através dos gestores públicos na qual não percebem os canais fluviais urbanos e os mesmos desaparecem através da percepção.

Os indicadores ecológicos através do conhecimento das tipologias dos canais urbanos são importantes ferramentas para avaliar a qualidade ambiental dos recursos hídricos. Para tanto, os níveis de análise foram, características morfológicas do canal, uso dos solos nas margens e uso do solo nos interflúvios.

Os resultados de Tipologia dos Canais Urbanos mostram que as alterações acontecem a partir da seção 3. Pode-se notar que as alterações são presentes de montante para a jusante, o que é perceptível as diferenças através dos dados, que mostram trechos com menores alterações no alto curso e intensamente alterado e impactado no médio e baixo curso (Quadro 6).

As seções 1 e 2 apresentam características morfológicas naturais, sem alterações por obras de engenharia, retificações e canalizações. Sendo assim, a seção 1 apresentou a melhor característica desse estudo, sendo classificada na tipologia "A – Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo", já a seção 2 foi classificada na tipologia "B – Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo".

Em linhas gerais, as condições mais críticas foram das seções 3 a 10, na qual houveram variações de tipologias dentro dessas seções. As seções 5, 6, 7, 9 e 10 foram classificadas na tipologia "H – Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo". Nesses trechos houveram alterações nas margens e a urbanização exerce influência na biodiversidade do igarapé.

Já as seções 3, 4 e 8 estão inseridas na tipologia "I – Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso". Corresponde ao último nível de combinação desse protocolo, na qual apresenta ausência de vegetação ciliar, intensa modificação nas margens/leito fluvial, densa ocupação urbana e significativos impactos e influências antrópicas.

Quadro 6: Resultado da aplicação da tipologia de canais urbanos

Seção	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Combinações	Tipologia
1	NA (100)	BAIXO (10)	MÉDIO (2)	112	A – Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo
2	NA (100)	MÉDIO (20)	ALTO (3)	123	B - Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo
3	MA (300)	ALTO (30)	ALTO (3)	333	I - Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso
4	MA (300)	ALTO (30)	ALTO (3)	333	I - Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso
5	MA (300)	BAIXO (10)	ALTO (3)	313	H - Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo
6	MA (300)	BAIXO (10)	ALTO (3)	313	H - Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo
7	MA (300)	MÉDIO (20)	ALTO (3)	323	H - Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo
8	MA (300)	ALTO (30)	ALTO (3)	333	I - Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso
9	MA (300)	BAIXO (10)	ALTO (3)	313	H - Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo
10	MA (300)	BAIXO (10)	ALTO (3)	313	H - Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo

Organização: SILVA, Danilo Machado da (2023)

Segundo Vieira e Cunha (2008), as alterações ocorridas na morfologia dos canais em áreas urbanas, ocasionam desajustes no estado de relativa estabilidade do canal. E ainda conforme discute os autores, esses desajustes geram impactos sobre a sociedade, contribuindo com uma série de fatores como estrangulamento das seções transversais do rio causados pelas obras de canalização, assoreamentos, aterro e lixo.

Portanto, os diversos graus de intensidade dos usos do solo nos interflúvios determinaram a situação de trechos do canal. Embora tenha passado por obras de canalização e retificação, os trechos do igarapé da Cachoeirinha em seu médio e baixo curso apresentam significativas diferenças em relação a intensidade da ocupação urbana, o que caracteriza as tipologias das seções 3 a 10.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo possibilitou identificar que a expansão da ocupação, usos da terra e a urbanização, a partir do final do século XIX e meados do século XX, não só ocasionaram profundas mudanças na paisagem da sub-bacia hidrográfica do igarapé da Cachoeirinha, como também resultaram em alterações no comportamento hidrodinâmico atual do canal fluvial.

Nesse sentido, o desenvolvimento deste estudo foi pautado em diversos procedimentos metodológicos importantes para estudos de bacias hidrográficas, principalmente com ênfase em ambientes urbanos. Técnicas foram utilizadas nos trabalhos de gabinete, atividades de observação e trabalho de campo em que os resultados obtidos foram imprescindíveis para as análises e discussões.

A princípio, foi realizada a identificação das formas de uso e ocupação no entorno do igarapé, para atingir o primeiro objetivo específico. Através de análises dos mapas temáticos referentes a 1985, 2000 e 2021, identificou-se o intenso processo de expansão urbana e consequentemente a supressão da vegetação na sub-bacia.

O processo de evolução da ocupação sucedeu-se a partir da margem direita e no sentido da foz para montante. Atualmente é densamente urbanizado, correspondendo a 96% a classe de infraestrutura urbana, apresentando diferentes tipos de uso, como residenciais, comerciais e industriais. Além disso, em alguns trechos foram observadas habitações precárias e diversos problemas socioambientais.

Logo, é importante salientar que o igarapé é um elemento ambiental utilizado para divisão de bairros ao longo do seu perfil longitudinal, no caso, São Francisco/Petrópolis e Cachoeirinha/Raiz. Quanto a concentração populacional, os bairros limítrofes com as maiores densidades demográficas são Raiz com 16,4 hab./km² e Petrópolis 12,7 hab./km².

O estudo permitiu observar que as obras diretas de engenharia como retificação, canalização, aprofundamento, alargamento e supressão das margens promoveram desde alterações na paisagem como também no comportamento hidrodinâmico do canal, sobretudo em maiores proporções no médio e baixo curso, demonstrando ausência de uma efetiva preocupação com a sustentabilidade do canal.

No que se refere à hidrodinâmica, foi possível constatar que as variáveis de largura e profundidade aumentam gradativamente do alto curso para o baixo curso e que as menores velocidades de fluxo estão na nascente e foz, assim como são as únicas seções que apresentaram vazão zero/nula. Ainda sobre a velocidade de fluxo e vazão, na maioria das seções observou-se oscilação dessas variáveis. Logo, a vazão nula implicou impactos de forma negativa na descarga hídrica do igarapé, afetando, sobretudo, o seu equilíbrio hidromorfodinâmico.

Observou-se que a influência do escoamento superficial, através da intensa pluviosidade no contexto amazônico, potencializa o carregamento de resíduos sólidos para o igarapé. Por sua vez, é perceptível o intenso acúmulo de lixos urbanos nas margens que, além da qualidade da água, contribui para o entupimento de algumas áreas e até mesmo o barramento do fluxo.

Assim, quanto aos protocolos aplicados como o PAR e Tipologia de Canais Urbanos, esses possibilitaram verificar as características gerais do canal, que se encontra 80% alterado e com diversas influências no comportamento hidrodinâmico. Logo, identificou-se as condições de degradação do canal na qual a única que apresenta boas condições é a seção 1, as seções 2 a 10 apresentaram condições críticas e preocupantes.

Em relação aos resíduos sólidos, torna-se emergencial um funcionamento eficaz no sistema de coleta de resíduos, limpeza e manutenção das ruas e bueiros, bem como implantação de políticas de educação ambiental para a sociedade em geral, sobretudo aos moradores no entorno dos igarapés.

Considerando a relevância do igarapé da Cachoeirinha e suas contribuições para a bacia hidrográfica do rio Negro e, posteriormente, para a bacia hidrográfica Amazônica, as situações críticas encontradas na área de estudo reforçam a importância e a necessidade de fiscalizações e adoção de medidas, e/ou projetos pelos órgãos públicos e ambientais para recuperação do leito fluvial, buscando um equilíbrio na diversidade ecológica do canal.

Por meio dos cenários analisados no presente estudo, entende-se que há a necessidade de trabalhos mais específicos, principalmente relacionados aos desafios nas características da qualidade da água em áreas de comunidade, população de menor poder aquisitivo e densa urbanização. Além desse aspecto, recomenda-se estudos no baixo curso do canal referentes ao comportamento hidrológico e as possibilidades de inundação, haja vista que, durante o período de

cheia, o canal apresenta baixa velocidade de fluxo e acúmulo de resíduos, bem como possibilidades de transbordamento.

Nesse sentido, considerando os resultados obtidos, recomenda-se:

- Ampliar a rede de esgotos sanitários para as residências estabelecidas nas margens. E ainda, com autonomia municipal, eliminar as ligações clandestinas que escoam diretamente ao igarapé;
- Instalação de lixeiras públicas e pontos de coleta seletiva, a fim de evitar as lixeiras viciadas e o escoamento de lixo para o canal através das chuvas;
- Aumentar o fluxo de coleta de resíduos domésticos e implantar sistema eficaz para coleta de resíduos maiores, como colchão, pneus, fogão, móveis e restos de materiais para construção;
- Realizar o reflorestamento das áreas de nascente e evitar ao máximo construções próximas dos olhos d'água;
- Analisar a possibilidade de recomposição de espécies de vegetação nativa nas margens, a fim de evitar processos erosivos e aumento da permeabilização do solo;
- Criar uma equipe de gestão/conselho público para monitoramento efetivo dos igarapés, atendendo questões ambientais e implantação de projetos socioeducacionais.

REFERÊNCIAS

ÁBALOS, F.; SULIMAM, F.; MOSSERI, I.; OTA, N.; FARINA, R. **Gestão de resíduos sólidos e impactos sobre a drenagem urbana**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – água em ambientes urbanos – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

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

AB' SABER, A. N. **A Amazônia**: do discurso à Práxis. 2. ed. São Paulo: Editora da USP, 2004.

AGUIAR, D. P.; ROSESTOLATO-FILHO, A. R. Impactos de obras de engenharia nos canais fluviais urbanos de Cáceres-MT. **Revista Científica da AJES**, v. 03, p. 01-20, 2012.

ALBUQUERQUE, L. C.; AMARAL, P. A. A.; VIEIRA, E. O.; RODRIGUES, F. M.; ALMEIDA, R. P. Influência do uso e ocupação do solo sobre a vazão do alto da bacia do Rio Verde Grande-MG. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 15-22, 2018.

ALMEIDA, M. A. D.; ROSER, H. M. P.; CLERECI, A. M. C.; GONTIJO, E. S. J. Monitoramento ecológico na ecorregião do Ribeirão do Carmo (MG/Brasil) em época de seca: uma instrumentalização da educação ambiental para o ensino fundamental. Educação Ambiental em Ação. 21, 2022.

ANTROP, M. Geography and landscape Science. **BelGeo**, Special issue: 29th International Geographical Congress, p 9 - 36, 2000.

ANTUNES, R. L. S. Análise integrada da paisagem com a aplicação do sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Botucaí – Rio Grande do Sul. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

ARAUJO, A. V. de. **Sociologia de Manaus, aspectos de sua aculturação**. Edições Fundação Cultural do Amazonas, Volume 2. Manaus, 1974, p. 100

ARAÚJO, E. F. S. **Os impactos arquitetônicos e urbanísticos do programa Prosamim na paisagem de Manaus.** Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura da Amazônia). Universidade Federal do Amazonas, UFAM. Manaus, 2011. 113 p

ARAUJO, R. M. G.; SANTOS, J. A. R.; GHIDINI, A. R.; SANTOS, L. SANTOS, L.A. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida – Rio Branco, AC. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 28-38, dez. 2020.

ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé - RJ. **Revista de Geografia**. Recife, v.29, n.3, p.19- 36, 2012.

BATISTA, D. P. **Territorialidades haitianas em Cuiabá - MT**. 2019. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2019.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global.** Esboço metodológico. Un. de São Paulo, Inst. de Geografia, Cadernos de Ciências da Terra, no. 18, 1972, pp. 1-27.

BONTEMPO, V.; KNAUER, S. **Programa Drenurbs**: uma discussão sobre a constituição de alianças de aprendizagem na Política de Saneamento de Belo Horizonte. In: XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu. Brasil. 2012.

BORDAS, M. P., SEMMELMANN, F. R. Elementos de Engenharia de Sedimentos. In: TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia. Ciência e aplicação**. 3ª edição. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 77 p, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março 2005.

BROOKES, A. **Channelized Rivers:** Perspectives for Environmental Management. Wiley-Intercience, 1996. 326 p.

CABRAL, S. L.; REIS, R. S.; JUNIOR, C. R. F. Avaliação do efeito da urbanização na produção de sedimentos da bacia do rio Jacarecica/AL mediante uso de modelo hidrossedimentológico distribuído. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.

4, p. 1074-1080, 2013.

CALDAS, S. R. Impactos ambientais sobre a floresta da UFAM. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Amazonas, UFAM. Manaus, 2016. 175 p.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. 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.

CALVO, B. del R. Avaliação da influência antrópica na drenagem do igarapé do Quarenta e orla de Manaus. 2018. 111 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 267-286, jul. 2019.

CAR TROLL. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. In: **Studiumgenerale**. Springer Berlin Heidelberg, p. 163-181. 1950.

CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J.; CORRÊA, A. C. B. Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a região metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, p.66-80, 2010.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Da descrição de áreas à teoria dos geossistemas**: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas. Recife, 2013.

CHRISTOFOLLETI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In.: SOUZA, M. A. A.; SANTOS, M.; SCARLATO, F. C.; ARROYO, M. (Org.:). O novo mapa do mundo – Natureza e Sociedade: uma literatura Geográfica. São Paulo: HUCITEC, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Blucher, 1999.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, p 239 – 245, 2014.

COSTA, G. G. da. As cidades Amazônicas na América Portuguesa. **Revista Eletrônica Examãpaku**, v. 7, n. 2, p. 18-40, ago. 2014.

COSTA JUNIOR, W. R.; NOGUEIRA, A. R. B. A requalificação ambiental dos

igarapés de Manaus (2005-2008): um contínuum das políticas de urbanização do século XIX? Caderno de Pesquisas do CDHIS/INHIS/UFU. Uberlândia: vol. 24, n. 1, p.105-123, Jan-Jun/2011.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (Org.). **Geografia**: conceitos e temas. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. **Geografia**: temas sobre cultura e espaço. Rio de Janeiro: EdUERJ, 43-78. 2005.

CORRÊA, R. L. O Espaço Urbano. 4. ed. São Paulo: Átila, 2007.

COUCEIRO, S. R. M. Efeitos do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados nos igarapés urbanos de Manaus, Amazonas. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.

CUNHA, S. B.. Sustentabilidade dos canais urbanos nas áreas tropicais. In.: PINHEIRO, D. R. C. (Org.) Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p.19-33.

CUNHA, S. B., Morfologia dos Canais Urbanos. (Org.:). POLETO, C., Ambiente e Sedimento. Porto Alegre: ABRH, 2008.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA. A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 2009, p. 211-252.

CUNHA, S. B. Rios Desnaturalizados. In: BARBOSA, J.L.; LIMONAD, E. (Orgs.). **Ordenamento Territorial e Ambiental**. Niterói: Editora UFF, 2013.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental:** diferentes abordagens. 7, ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

CUNHA, S. B.Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia:** Uma atualização de bases e conceitos. 6, ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

DELGADO, M. B. de C. As trilhas do espaço-tempo na paisagem das seções fluviais inferior-médio do igarapé do Quarenta: sistema hidrográfico de Educandos. 2022. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal

do Amazonas, Manaus, 2022.

DIAS, J. A construção da paisagem na raia Divisória São Paulo – Paraná - Mato-Grosso do Sul: um estudo por teledetecção. 2003. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

DUARTE, D. **Manaus, entre o passado e o presente**. Manaus (AM): MIDIA COMM, 2009.

DUNNE, T.; LEOPOLD L. B. Water in environmental planning. New York: W. H. Freeman, 1978. 818 p.

ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J.; MENDONÇA, F. P.; LANDEIRO, V. L. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. **Freshwater Biology**, 54 (3): 536-548, 2009.

FAGUNDES, B. Rios urbanos e a política de canalização. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 416-425, jan. 2020.

FILHO, E. A. de S. et al. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do Mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 2419-2433, jan. 2020.

FILHO, V. S. de A.; OLIVEIRA, J. A. de; MOLINARI, D. C. Modificações na rede de drenagem de canais fluviais urbanos: as obras do Prosamim no igarapé Mestre Chico na cidade de Manaus, AM. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 5, n. 9, p. 135-148, jan. 2011.

FIORI. O. C. Geomorfologia dinâmica temporo-espacial da bacia do Rio Taquari: Pantanal Mato-grossense-MT, MS. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

FITTKAU, E.J. **On the ecology of amazonian rain-forest streams**. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, 3: 97-108, 1967.

FORTES, M. R. Planejamento ambiental urbano em microbacia hidrográfica: uma introdução ao tema. In: Adorea Rebello (org). **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Editora da Universidade Federal do Amazonas, p.193-220, 2010.

FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R. Hrydrology of catchment areas of Central -

Amazonian forest streams. In: Sioli, H. (Ed.). The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. p. 501-519, 1984.

FREITAS, E. P. de.; SILVA, M. S. R.; CAMPO, D. F. M.; MIRANDA, S. A. F.; GOMES, N. A. Protocolo de avaliação ambiental rápida para cursos de igarapés de Manaus/AM. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília, p. 1-8, nov. 2015.

FROLOVA. M. **A Paisagem dos Geógrafos Russos**: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e XX. RRA'E GA. Editora UFPR. Curitiba. p. 159-170. Curitiba, 2006.

FUNARO, J. dos S. et al. Médio curso da bacia hidrográfica do córrego Piraputanga, no município de Cáceres – Mato Grosso: uso da terra e alterações ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 6, p. 2831-2852, set. 2022.

GIRÃO, O; CORRÊA, A. C. B. Progressos nos estudos de geomorfologia fluvial urbana ao final do Século XX. **GeoUerj**, Niterói, v.2, n.26, p.245-269, 2015.

GOMES, E. P., PESSOA, F. C. L., SANTANA, L. R., CRUZ, J. S. Avaliação da Degradação Hídrica na Bacia Hidrográfica Tocantins Araguaia. **Anuário do Instituto de Geociências**, 503-513. 2018.

GROSTEIN, M. D. **Metrópole e expansão urbana:** a persistência de processos "insustentáveis". São Paulo em Perspectiva, 15(1). 2001.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997.

INSTITUTO ANTÔNIO HOUAISS. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**: CD-ROM. Rio de Janeiro: Objetiva, 2006.

JUNK, W. J. Aquatic Habitats in Amazonia. The Environmentist. 5(3): 24-34, 1983.

KNIGHTON, A. D. Riverbank erosion in relation to stream fl ow conditions. River BollinDean, Cheshire. **East Midlands Geographer**. v. 5, p. 416-426. 1998.

KRUPEK, R. A.; FELSKI, F. Avaliação da Cobertura Ripária de Rios e Riachos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 8, n. 2, 2006.

LACHI, A. M. C. Usos e problemas socioambientais no processo de ocupação territorial sobre a bacia hidrográfica da Cachoeira Grande - Manaus-AM. 130 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. **Tropical rivers**. Geomorphology, 70: 187- 206, 2005.

LEANDRO, G. R. S. Dinâmica ambiental e hidrossedimentológica no rio Paraguai entre a volta do Angical e a cidade de Cáceres – MT. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia), Ordenamento Territorial, Niterói-RJ, 2015.

LEANDRO, G. R. dos S.; MACHADO, A. D; MACHADO, C. S. D.; ARAÚJO, R. de. Tipologia de canais fluviais urbanizados na bacia hidrográfica do córrego Jaracatiá, Colíder - Mato Grosso. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Campinas, p. 6661-6673, jul. 2017.

LEFEBVRE, H. Espaço e política. Belo Horizonte: UFMG, 2008, 190p.

LIMA. E. C. Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Do Ceará – UFC. Fortaleza. 2012.

LIMA, E. C.; SILVA, E. V. Estudos geossistêmicos aplicados a bacias hidrográficas. **Revista Equador**, Teresina, v. 4, n. 4, p. 3-18, jul. 2015.

LIMA, M. G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remmants in central Amazonia. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2/3, p. 241-247, 1999.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. O conceito de Paisagem diversidade de olhares. **Sociedade e Território**. Natal, Rio Grande do Norte, v. 23, nº 2, p. 159 - 177, jul./dez. 2011.

MANAUS. Lei Nº 1.401 de 14 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a criação e divisão dos bairros de Manaus. Manaus, AM: Diário Oficial do Município de Manaus, 2010.

MAPBIOMAS. O Projeto. Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, Coleção 6, 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/atbd---entenda-cada-etapa. Acesso em: 16 jun. 2022.

MARTINS JÚNIOR, D. F. **Rios urbanos de Manaus**: proposta teórico-metodológica para gestão e regulação de recursos hídricos com base no igarapé do Quarenta. 179 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Profágua) Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018.

MELAZO, G. C. **Percepção ambiental e educação ambiental**: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano, Revista Olhares e Trilhas. Ano VI, nº 6, p. 45-51, Uberlândia, 2005.

MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W.E; ZUANON, J. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. Copeia, 2005. (4): 751–764.

MOREIRA, R. **Geografia e Práxis**: a presença do espaço na teoria e na prática geográfica. São Paulo: Contexto, 2012.

MORUZZI, R. B.; CUNHA, C. M. L.; CONCEIÇÃO, F. T.; PEREIRA, L. H. Efeito da ocupação urbana e de obras de drenagem sobre o hidrograma de uma bacia urbanizada: o caso da bacia do Córrego da Servidão em Rio Claro, SP. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, **Anais...** Campos Gerais, 2009.

NASCIMENTO, L. R. C.; FERREIRA, M. A. C.; ALVES, L. A. C.; SANTOS, J. A. Desdobramentos da retração da demanda de trabalho no Pólo Industrial de Manaus. **Editora Científica Digital**, v. 3, p. 2180-2202, 2022.

NAKASHIMA, M. R.; ALVES, G. B.; BARREIROS, A. M.; QUEIROZ-NETO, J. P. Dos solos à paisagem: uma discussão teórico-metodológica. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia** (Anpege), v. 13, n. 20, p. 30-52, 2017.

NOBRE, M. G. G. Análise das condições de segurança de barragens da Região do Vale do Jaguaribe do Estado do Ceará. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará. 92 p, 2019.

NUNES, C. **A paisagem como teatro**. In: YÁZIGI, Eduardo (org.). Paisagem e Turismo. São Paulo: Contexto, 2002. 226p. p.215-223

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**: abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 112 p.

OLIVEIRA, J.; ALECRIM, J. **Cidade de Manaus:** visões interdisciplinares. Manaus: EDUA, 2003.

OLIVEIRA, J. de S. A Geodiversidade e a fisionomia da paisagem da Bacia de Drenagem de Educandos: cursos fluviais do Alto e do Médio igarapé do Quarenta, no Sudeste de Manaus-Amazonas. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geografia),

Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

PALHARES, J. C. P.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B.; LIMA, J. M. M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador**. Concórdia: EMBRAPA, 2007.

PIAIA, I. I. Geografia de Mato Grosso. 3. ed. Cuiabá: Edunic, 2003. 184 p.

PINHEIRO L.A; BORGES J.T. **Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio Negro**. Revista Eletrônica do Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás. Ano I, n. 2. Universidade Potiguar, Edunp. Natal, 2011. p. 23-31.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 627-638, set. 2009.

PIO, M. C. S.; SOUZA, K. S.; SANTANA, G. P. Capacidade da Lemna aequinoctialis para acumular metais pesados de água contaminada. **Acta Amazônica**, 43(2): 203-210, 2014.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Urban watershed studies in southern Brazil. **Journal** of Urban and Environmental Engineering, v. 1, n. 2, p. 70-78, 2007.

PONTINI, V. V.; COELHO, A. L. N. Emprego de protocolo de avaliação rápida no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: estudo de caso em áreas urbanas de Iconha e Piúma (ES). **Geotextos**, v. 15, n. 2, p. 175-196, 2019.

PORATH, S. L. **A paisagem de rios urbanos**: a presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau. 150p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

QUEIROZ S. A. F. **Prosamim:** Desafios de implantação de infraestrutura de saneamento e ocupação do solo urbano na cidade de Manaus, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia). Universidade Federal do Amazonas, UFAM. Manaus, 2009. 146p.

RAMOS, A. A. **Segregação e diferenciação na metrópole:** as pontes que unem e separam no contexto das ocupações em margens dos igarapés de Manaus. 2021. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.

RAMOS, C. L. Erosão urbana e produção de sedimentos. In: **Drenagem urbana**. ABRH, vol. 5, 241-275. 1995.

RIGOTTI, J. A; POMPÊO, C. A.; FONSECA, A. L. D'. O. Aplicação e análise comparativa de três protocolos de avaliação rápida para caracterização da paisagem fluvial. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2016.

RIVAS, A. Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferências declaradas. Manaus: EDUA, 2014.

ROCHA, C. M. C.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LIMA, A. F.; VARELA, E. S.; LUNDSTEDT, L. M. Panorama da aquicultura na Amazônia. Revista de Agropecuária da Embrapa Oriental – Agro Foco. Ano I. n°2, 2015.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos: desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. In: **Revista do Departamento de Geografia**, 20 (2010) 111-125.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2 ed. Fortaleza. Edições UFC. 2007. 222p.

ROSS, J. **Geografia do Brasil**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, EDUSP. 1996.

SALATI, E. Modificações da Amazônia nos últimos 300 anos e suas consequências sociais e ecológicas. In: **Desafio amazônico:** os frutos da civilização dos trópicos. Brasília: UNB, 1990.

SANCHES, P. M. O papel dos rios na cidade contemporânea: dimensão social e ecológica. In: **APP Urbana** 2007, Seminário nacional sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo. São Paulo. Anais... São Paulo: FAU-USP, 2007.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. O.; SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q. Intervenções antrópicas em canais fluviais em áreas urbanizadas: rede de drenagem do igarapé Caranã, Boa Vista - RR. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 6, n. 12, p. 59-84, ago. 2012.

SANTANA FILHO, L. S.; LIMA, R. S. de. PINTO, J. E. S. de S. Análise do espaço geográfico da sub-bacia do Rio Cotingüiba – Sergipe – Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 10., 2005, São Paulo, SP. **Anais** [...]. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo (USP), 2005. p. 13415-13441.

SANTANA, M. F.; CUNHA, S. B. Intervenções em canais urbanos e suas

repercussões: bacia hidrográfica do córrego Sangradouro, Cáceres – Mato Grosso. Geografar, Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, v. 14, p. 210-225, 2019.

SANTOS, C. P.; BATALLA, J. F. Estudos preliminares para avaliar a qualidade ambiental do Rio Acaraú em Ubatuba (São Paulo, Brasil). **Unisanta BioScience**, 6(4), 286-294. 2017.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. **Peixes da bacia amazônica**. In: LOWE-McCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EDUSP, 1999. p. 345-373.

SANTOS, M. dos; SOUZA, C. A. de; SOUSA, J. B. de. A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, município de Cáceres-Mato Grosso. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 10, p. 1-24, ago. 2022.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo. Razão e emoção. São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**: da crítica da Geografia a uma Geografia crítica. 6 ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

SERRA, C. L. R.; CRUZ, W. R. da. **Aspectos econômicos e sociais da Cidade Flutuante.** Manaus: Gráfica Amazonas, 1964.

SILVA, F. D. da. Aplicação do protocolo de avaliação rápida e estudo ecotoxicológico da bacia do igarapé Nazaré em Ji-Paraná/RO. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos) Universidade Federal de Rondônia, Ji Paraná, 2021.

SILVA, G. M. da. Dinâmica do uso da terra na paisagem na microbacia do igarapé do Quarenta, Manaus-AM. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 9, n. 33, p. 81-94, 2018.

SILVA, G. M.; ALVES, A. C.; SANTOS, M. Q. dos. Dinâmica socioespacial e problemas urbanos na microbacia do igarapé do Quarenta, Manaus-Amazonas. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 9, n. 19, p. 101-114, set. 2020.

SILVA, M. B. Análise dos níveis de metais potencialmente tóxicos e análise microbiológica nas águas da bacia do Educandos (Manaus - AM). Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Amazonas, UEA. Manaus, 2010. 58p.

SILVA, M. H. S. da. Análise da paisagem do pantanal da Nhecolândia: estudo de

caso das lagoas salitradas sob a perspectiva do modelo GTP (geossistema, território e paisagem). 2012. 253 f. Tese (Doutorado) - Doutorado em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SILVA, R. K. A evolução do conceito de espaço geográfico. **XVI Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão**: Aprender e empreender na educação e na ciência, v. 3, p. 79-86, 2012.

SILVA, S. L.; LIMA, M. C. Impactos socioespaciais da intervenção urbana aos ribeirinhos da cidade de Manaus – AM. **Anais...** IV ENANPPAS-Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, Brasília, 4, 5 e 6 de jun. 2008, 13p.

SIOLI, H. A limnologia na região Amazônica brasileira. **Anais do I Encontro Nacional sobre Limnologia e Pesca Continental**, 153-169, 1976.

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. In Sioli, H. (ed), The Amazon. Monographiae biologicae, vol 56. **Springer**, Dordrecht: 126–166, 1984.

SIOLI, H. Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

SMITH, N. **Desenvolvimento Desigual**. Tradução: Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1988.

SOCHAVA, V. B. El objeto de la geografía física a la luz de La teoría sobre los geossistemas. **GEOgraphia**, Niterói. Ano. 17, n. 33, 2015.

SOUZA, M. J. N. **Questões metodológicas da Geografia Física**. Universidade do Ceará, CCT. Departamento de Geociências, 2000.

SOUZA, R. J. de. O Sistema GTP (Geossistema – Território – Paisagem) aplicado ao estudo sobre as dinâmicas socio-ambientais em Mirante do Paranapanema – SP. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia. Presidente Prudente, 2010.

SPETH, G.; PERES, L. E. da S.; WOLLMANN, L.; DOMINGUES, Q. R.; RIBEIRO, B. M. G. Land use conflicts in permanent preservation areas in Candelária (RS, Brazil). **Ciência e Natura**, [S. I.], v. 42, p. e13, 2020.

STEVAUX, J. C. LATRUBESSE, Edgardo Manuel. Geomorfologia fluvial. São

Paulo: Oficio de Textos, 119 p, 2017.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. Revista Electrônica de Geografía Y Ciencias Sociales, Barcelona, n. 94, 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. Florianópolis, SC: **Geosul**, v. 18, n. 35, jan./jun., 2003. p. 43-53.

TÁNAGO, M.; JALÓN, D. **Restauración de Ríos y Riberas**. Madrid: Mundi-Prensa. 1998. 319 p.

TEREZO, C. F. **Novo dicionário de Geografia**. 2008. Disponível em http://novodicionariodegeografia.blogspot.com/> Acesso em 30/11/2021.

TROPPMAIR, H; GALINA, M. H. **Geossistemas**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, v.5, p.277-347.

TUCCI, C. E.M. Água no meio urbano. In: Água Doce. 1997.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA. 393 p. 2007.

TUCCI, C.E.M. **Gestão das águas pluviais urbanas**: Saneamento para todos. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, DF. 197 p. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Coleção Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11. Porto Alegre: ABRJ/RHAMA, 389 p. 2016.

VARGAS, H. L. Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na Lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 39, 2008, p. 7-36.

VALENTE, O. F; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes:** hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. Mudanças na morfologia dos canais urbanos: alto curso do rio Paquequer, Teresópolis – RJ (1997/98 – 2001). **Revista Brasileira de Geomorfologia** - Ano 9, nº 1 (2008).

WALKER, I. The biology of streams as part of Amazonian forest ecology. **Experientia** 43, 279–287, 1987.

WALKER, I. Ecologia e Biologia de Igapós e Igarapés. **Ciência Hoje**, 64(11): 44-53. 1990.

WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Essays in Geomorphology**, pp. 385-395, 1967.

WSTANE, C. **Gestão de águas urbanas:** mobilização social em torno de rios invisíveis. Belo Horizonte, Instituto de Geociências da UFMG (Mestrado em Geografia), 2013.

ZEFERINO, V. de O. L. A topofilia na formação do berço hídrico do caboclo amazônico urbano: o elo afetivo indivíduo-ambiente. 2021. 229 f. Tese (Doutorado) Curso de Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Cultura na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.