



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA NORMAL SUPERIOR
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

IMPACTOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DOS RECURSOS
HÍDRICOS: UMA ANÁLISE SOBRE A CACHOEIRA ALTA DO
TARUMÃ (MANAUS-AM)

BIANCA SILVA DE SOUZA

MANAUS

2021

BIANCA SILVA DE SOUZA

**IMPACTOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DOS RECURSOS
HÍDRICOS: UMA ANÁLISE SOBRE A CACHOEIRA ALTA DO
TARUMÃ (MANAUS-AM)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade do Estado do Amazonas para a obtenção do
título de Licenciado em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Flavio Wachholz

Coorientadora: Prof.^a Ma. Isabela Soares Colares

MANAUS

2021

BIANCA SILVA DE SOUZA

**Impactos ambientais e qualidade dos recursos hídricos: uma análise sobre a
Cachoeira Alta do Tarumã (Manaus-AM)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade do Estado do Amazonas para a
obtenção do título de licenciado em Geografia

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Flavio Wachholz

1º avaliador: Prof.^a Ma. Solange Batista Damasceno

2º avaliador: Prof. Dr. Carlossandro Carvalho de Albuquerque

Manaus, 30 de julho de 2021

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, por ser meu guiador e guardador em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, um consertador de cadeiras de macarrão e uma ex vendedora, que são os meus maiores exemplos de vida, minha motivação diária e o meu alicerce neste mundo.

Ao meu esposo, por todo amor, amizade, carinho e paciência ao decorrer do curso.

Aos meus professores, por cada ensinamento e contribuição ao longo do curso.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser meu guiador e guardador em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, por todo apoio, amor, exemplo, cuidado ao longo de toda a minha vida.

Ao meu esposo, por toda a sua amizade, cumplicidade, amor, carinho, dedicação, compreensão e participação ativa na minha vida acadêmica.

Ao professor Flavio Wachholz, meu orientador, por todo incentivo e por todas as contribuições na minha jornada acadêmica.

À professora Isabela Soares Colares, minha coorientadora, por toda solicitude, incentivo e contribuições, que enriqueceram significativamente minha pesquisa.

À professora Ana Paulina Aguiar Soares, por toda empatia, dedicação, carinho, correções, ensinamentos, que contribuíram para a vida acadêmica, profissional e pessoal.

Às professoras Elaine Andreatta, Vilma Teresinha Araújo de Lima, Vanúbia Araújo Laula Moncayo, por todo asseguramento, inspiração e amizade ao decorrer do curso.

Aos professores Carlossandro Carvalho de Albuquerque e Neliane de Sousa Alves por todos os ensinamentos e inspirações ao viés da Geografia Física, que contribuíram e enriqueceram minha vida acadêmica e profissional.

Aos meus colegas de curso, Gabriela Menezes, João Matheus Lima, Deborah Santos, Adria Rebecca, Estélio Cardoso, Maria Yasmin Viana, Lucileide Aguiar, Hellyzabeth Barros e Kemya Andrade, por toda amizade e troca de conhecimento ao longo do curso.

Aos meus amigos de longa data, Roberta Ferreira, Brendo Santos e Gilciomara Sabóia, que estiveram grande participação na minha vida escolar e acadêmica. Ressalta-se que, se não fosse a ligação da amiga Roberta Ferreira da Silva, eu teria perdido o prazo para matrícula na instituição UEA por não ter acesso a internet na época e assim, não teria adentrado ao curso de Licenciatura em Geografia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - Fapeam, por auxiliar financeiramente na minha Pesquisa de Iniciação Científica – PAIC.

À Universidade do Estado do Amazonas, por sua boa estrutura de ensino e por seu excelente quadro de professores do Curso de Licenciatura em Geografia.

“A água é matéria e matriz da vida, mãe e meio. Não há vida sem água.”

Albert Szent-Gyorgyi

RESUMO

Nas últimas décadas observaram-se mudanças significativas no meio natural do Corredor Ecológico das Cachoeiras do Tarumã, que abrange a Cachoeira Alta do Tarumã, localizada na coordenada geográfica: 03°00'29.3"S 60°03'20.9"W na cidade de Manaus-AM. Um dos principais fatores responsáveis para tal acontecimento foi a crescente expansão urbana para a zona oeste da cidade. Dado o exposto, objetivou-se analisar os impactos ambientais e a qualidade dos recursos hídricos da Cachoeira Alta do Tarumã. Especificamente, conhecer os impactos ambientais no uso e cobertura da terra e na qualidade dos recursos hídricos na Cachoeira Alta do Tarumã com base em imagens de satélite (2011, 2014 e 2020); verificar a qualidade da água a partir das variáveis: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez (2021) e por fim, avaliar quais ações antrópicas relacionadas a expansão da zona oeste da cidade de Manaus impactam a qualidade da água da área protegida. O método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi do tipo empírico-analítico com o uso da técnica do tipo quali-quantitativa. Para atingir os objetivos propostos utilizou-se dos procedimentos metodológicos dos tipos: bibliográfico, campo (com aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR), processamento digital das imagens e experimental. Com base nas imagens de satélite analisou-se que os pontos classificados como P1a, P1b e P2, que estão localizados à montante do P3 (Cachoeira Alta do Tarumã) sofreram um intenso processo de urbanização nos últimos anos. Consequentemente, esse processo acarretou na supressão da vegetação e no uso intensivo do solo. Verificou-se que, os recursos hídricos analisados encontram-se alterados. Um dos principais fatores é que, o P3 sofre com impactos ambientais negativos de origem autóctone decorrentes do passado de atividade de extração ilegal de minerais no recorte espacial da cachoeira, que gerou o assoreamento no leito do curso d'água e intensificou processos erosivos na área estudada, propiciando alterações na qualidade dos recursos hídricos. Observou-se ainda, impactos oriundos de ações alóctones, advindas dos trechos coletados P1a, P1b e P2 (fora do Corredor Ecológico), que estão em constante processo de crescimento urbano e estão localizados à montante da Cachoeira Alta do Tarumã. Essas transformações modificaram de forma expressiva a paisagem, a cobertura vegetal, o corpo hídrico e o tipo de uso da Cachoeira Alta do Tarumã (P3), que antes era área de lazer para a população manauara, atualmente, poucos conhecem sua existência. Dessa forma, avaliou-se que as ações antrópicas estão relacionadas com a expansão da zona oeste da cidade de Manaus-AM, que impactou de forma significativa a qualidade da água da cachoeira, contradizendo um dos objetivos do corredor que é: disciplinar o uso e ocupação do solo nas zonas de proteção do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã, com a finalidade de prevenir o assoreamento e a poluição dos cursos d'água afetados. Portanto, é urgente a necessidade da efetivação de políticas públicas que são responsáveis pela área da Bacia Hidrográfica, do Corredor Ecológico e da Cachoeira Alta do Tarumã, para fins de trabalhar meios de gerir os cursos d'água existentes na região de estudo.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Recursos hídricos. Cachoeira Alta do Tarumã.

ABSTRACT

In recent decades, significant changes have occurred in the natural environment of the Ecological Corridor of the Waterfalls of Tarumã, which covers the Alta do Tarumã Waterfall, located at the geographic coordinate: 03°00'29.3"S 60°03'20.9"W na city of Manaus-AM. One of the main factors responsible for such an event was the growing urban expansion to the West Zone of the city. Given the above, the objective was to analyze the environmental impacts and the quality of water resources in Cachoeira Alta do Tarumã. Specifically, know the environmental impacts on land use and coverage and on the quality of water resources in the Cachoeira Alta do Tarumã based on satellite images (2011, 2014 and 2020); verify the water quality from the aspects: electrical conductivity, dissolved oxygen, pH, total dissolved solids, temperature and turbidity (2021) and finally, evaluate which anthropic actions related to the expansion of the west zone of the city of Manaus impact the quality of the protected area water. The method used for the development of the research was of the empirical-analytical type with the use of the technique of the quali-quantitative type. To achieve the proposed objectives, the following methodological procedures were used: bibliographic, field, digital image processing and experimental. Based on satellite images, it was analyzed that the points classified as P1a, P1b and P2, which are located upstream of P3 (Cachoeira Alta do Tarumã) have undergone an intense urbanization process in recent years. Consequently, this process resulted in the suppression of vegetation and intensive use of the soil. It was found that the water resources analyzed are altered. One of the main factors is that the P3 suffers from negative environmental impacts of autochthonous origin and resulting from a past of illegal mining activities in the spatial section of the Alta do Tarumã Waterfall, which generated siltation in the watercourse bed and intensified erosive processes in the studied area, providing changes in the quality of water resources. It was also observed impacts arising from allochthonous actions, arising from the collected stretches P1a, P1b and P2 (outside the Ecological Corridor), which are in a constant process of urban growth and are located upstream of the Cachoeira Alta do Tarumã. These transformations significantly changed the landscape, the vegetation cover, the water body and the type of use of the Alta do Tarumã Waterfall, which used to be a leisure area for the Manaus population, currently, few people know of its existence. Thus, it was evaluated that the anthropic action is related to the expansion of the west zone of the city of Manaus-AM, which significantly impacted the water quality of the Alta do Tarumã Waterfall, contradicting one of the corridor's objectives, which is: to discipline the use and occupation of land in the protection zones of the Urban Ecological Corridor of the Cachoeiras do Tarumã, in order to prevent siltation and pollution of the affected watercourses. Therefore, there is an urgent need to implement public policies that are responsible for the area of the Hydrographic Basin, the Ecological Corridor and the Alta do Tarumã Waterfall, in order to work on ways to manage the existing watercourses in the study region.

Keywords: Environmental impacts. Water resources. High Waterfall of Tarumã.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores médios mensais do nível de água do rio Negro, indicando os quatro períodos hidrológicos	16
Figura 2 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	19
Figura 3 - Mapa de localização do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã, Manaus-AM.....	23
Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do Trabalho de Conclusão do Curso.....	29
Figura 5 - Localização dos pontos de coleta das amostras: Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	32
Figura 6 - Ficha de campo para anotações dos resultados obtidos.....	33
Figura 7 - Procedimento de realização da análise físico-química da água.....	34
Figura 8 - Análise do uso e cobertura do solo nos pontos 1a e 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	40
Figura 9 - Construções de moradias às margens do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	41
Figura 10 - Sistema de drenagem no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	42
Figura 11 - Sistema de drenagem no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	42
Figura 12 - Análise do uso e cobertura do solo do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	43
Figura 13 - Construções de moradias às margens do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	44
Figura 14 - Análise do uso e cobertura do solo do ponto 3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	45
Figura 15 - Extração de arenito interditas em 1989 e não recuperadas no bairro Tarumã, Manaus-AM.....	46
Figura 16 - Alterações antrópicas decorrentes do uso doméstico no ponto 1a do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	49
Figura 17 - Observação da largura do curso d'água do ponto 1a que desagua no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	50

Figura 18 - Erosão moderada e ações antrópicas no ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	51
Figura 19 - Estrutura de gabião nas margens do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	52
Figura 20 - Lançamento de esgoto no ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	53
Figura 21 - Substrato do fundo do corpo hídrico do tipo pedregoso e arenoso no ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	54
Figura 22 - Ponte de acesso à Cachoeira Alta do Tarumã – P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	55
Figura 23 - Fundo pedregoso na Cachoeira Alta do Tarumã - P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	56
Figura 24 - Queda d'água da Cachoeira Alta do Tarumã - P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação dos pontos de coleta georreferenciados	32
Tabela 2 - Intervalos de pontuação para cada situação ambiental	39
Tabela 3 - Classificação e pontuação do Protocolo de Avaliação Rápida do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	48
Tabela 4 – Resultado dos primeiros parâmetros da análise físico-química da água do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	58
Tabela 5 – Resultado dos parâmetros finais da análise físico-química da água do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso	27
Quadro 2 - Protocolo de Avaliação Rápida – PAR: pontuação de 0 – 4.....	36
Quadro 3 - Protocolo de Avaliação Rápida – PAR: pontuação de 0 – 5.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Caracterização da hidrografia amazônica	15
2.2 Gestão dos recursos hídricos no Amazonas	17
2.3 A bacia hidrográfica do Tarumã-Açu	18
2.4 O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu - CBHTA	21
2.5 Cachoeira Alta do Tarumã	22
2.6 Impactos ambientais	25
2.7 Qualidade da água	26
3 METODOLOGIA	29
3.1 Procedimentos metodológicos da pesquisa	29
3.2 Seleção de imagens	31
3.3 Delimitação dos pontos de coleta	31
3.4 Análise físico-química da água	33
3.5 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Aspectos qualitativos do mapeamento e campo	40
4.1.1 Verificação dos resultados do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR	47
4.2 Características físico-químicas	58
4.3 Ações antrópicas sobre a Cachoeira Alta do Tarumã	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, nota-se a crescente discussão acerca da problemática dos recursos hídricos no mundo. Com isso, percebe-se a importância do enfoque dessa discussão no Brasil. Visto que, o país possui grande disponibilidade hídrica, abrigando cerca de 12% das reservas mundiais de água doce (BRASIL, 2006a).

Desse total, a região hidrográfica amazônica cobre 63,88% do território, compreendendo áreas pertencentes a sete Estados da Federação e ocupa, aproximadamente, 3,8 milhões de km² do território nacional (MAIA, 2010).

Apesar disso, é notória a presença de situações contrastes de abundância e escassez de água. Além, da má gestão de recursos hídricos, o que exige dos governos e da população cuidados especiais referentes a organização e planejamento (BRASIL, 2006b).

Atualmente, a região de Manaus possui a presença de dois Comitês de Bacias Hidrográficas - CBH, que são responsáveis por estudos em duas grandes áreas da cidade. O primeiro, é o Comitê da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu instituído em 19 de outubro de 2009 (DAMASCENO, 2018). O segundo, é o Comitê da Bacia Hidrográfica do Puraquequara. Destaca-se que, este último comitê não está em funcionalidade (MAIA et al. 2019).

Os problemas ambientais oriundos da expansão urbana das últimas décadas são eminentes na área de estudo. Localizada na zona oeste da cidade de Manaus - AM, conta com a presença do Corredor Ecológico das Cachoeiras do Tarumã, no qual está inserida a Cachoeira Alta do Tarumã.

Destaca-se que, há algumas décadas a Cachoeira Alta do Tarumã foi um lugar de recreação e turismo, e hoje, encontra-se em constantes transformações no que se refere a sua forma de uso, a sua paisagem e na qualidade da sua água, o que contradiz com um dos principais objetivos do corredor que é: “disciplinar o uso e ocupação do solo nas zonas de proteção do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã, a fim de prevenir o assoreamento e a poluição dos cursos d’água afetados” (MANAUS, 2009).

Aponta-se, a necessidade de analisar e conhecer as diversas transformações ambientais que ocorreram no recorte espacial. Tendo em vista que, a área possui poucos estudos publicados, e que serão de grande relevância para os futuros pesquisadores da área e para os órgãos públicos, que precisam trabalhar meios de gerir os cursos d’água existentes na cidade e na região de estudo.

Assim, a pesquisa do Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia assenta-se sobre a seguinte questão: Quais ações antrópicas relacionadas a expansão urbana da zona oeste da cidade de Manaus impactam a qualidade da água da Cachoeira Alta do Tarumã?

O objetivo central da pesquisa é analisar os impactos ambientais e a qualidade dos recursos hídricos na Cachoeira Alta do Tarumã. Especificamente, conhecer os impactos ambientais no uso e cobertura da terra e na qualidade dos recursos hídricos da Cachoeira Alta do Tarumã com base em imagens de satélite (2011, 2014 e 2020); verificar a qualidade da água a partir das variáveis: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez (2021) e por fim, avaliar quais ações antrópicas relacionadas a expansão da zona oeste da cidade de Manaus impactam a qualidade da água da área protegida.

Para o desenvolvimento da pesquisa utiliza-se a abordagem metodológica Hipotético-Dedutiva, na qual é possível observar a busca pela verdade e a eliminação de tudo o que é falso. O método utilizado para elaboração da pesquisa, é do tipo empírico-analítico. Por fim, destaca-se que o tipo de pesquisa a ser desenvolvida é do tipo quali-quantitativa, que utilizará dos procedimentos metodológicos dos tipos: bibliográfico, campo, processamento digital de imagens e experimental, para fins do cumprimento dos objetivos da pesquisa.

A estrutura desse Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia é composta por uma introdução, por seções da fundamentação teórica, com abordagem acerca da caracterização da hidrografia amazônica, gestão dos recursos hídricos no Amazonas, a bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Cachoeira Alta do Tarumã, e os conceitos referentes aos impactos ambientais e qualidade da água.

Por conseguinte, o trabalho conta com a seção de apresentação da metodologia utilizada, com seções secundárias que abordam acerca dos procedimentos metodológicos da pesquisa, seleção das imagens, delimitação dos pontos de coleta, análise-físico-química da água e da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR.

Em momento posterior, são apresentados os resultados e discussões com a análise dos aspectos qualitativos do mapeamento e campo incluindo, os resultados adquiridos com a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR. Além, dos resultados da avaliação das características físico-químicas da água e das discussões acerca das ações antrópicas sobre a Cachoeira Alta do Tarumã.

Por fim, menciona-se as considerações finais da pesquisa e a sugestão para que os estudos na área da Cachoeira Alta do Tarumã sejam continuados. Além, da necessidade de ações urgentes que objetivem a minimização dos impactos negativos existentes e a recuperação desta região da cidade de Manaus-AM.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Caracterização da hidrografia amazônica

A bacia hidrográfica é definida como um espaço geográfico que está associada aos recursos hídricos. Destaca-se que, esse conceito está previsto na legislação, que recomenda a indução do planejamento sobre a delimitação territorial (NASCIMENTO, 2009).

Ao se tratar da região hidrográfica amazônica, destaca-se que ela abrange uma área total de 3,87 milhões de km², equivalente a 45% da área do país (ANA, 2012). Maia et al. (2019) chama atenção, pois essa região é reconhecida no âmbito mundial por sua disponibilidade hídrica e pela diversidade dos ecossistemas.

Na afirmação de Nascimento (2009) a grande disponibilidade hídrica é decorrente do Estado do Amazonas realizar a drenagem de uma extensa área, que anualmente recebe 2.000 e 3.000 mm de pluviosidade.

Menciona-se ainda, a integração de cinco Estados, inseridos na região: Acre, Amapá, Amazonas, Roraima e Rondônia. Além destes, existem outros dois Estados que estão parcialmente inseridos nessa região hidrográfica: Mato Grosso e Pará (ANA, 2012).

Desse modo, Maia et al. (2019) apresenta aspectos relevantes acerca da rede de drenagem da região da Amazônia. À vista disso, aponta-se que:

[...] a nascente do rio Amazonas está localizada na parte ocidental da Cordilheira dos Andes no sul do Peru, quando adentra ao território brasileiro ele passa a ser chamado de Solimões, já ao chegar na altura da cidade de Manaus esse rio encontram-se com o rio Negro na margem esquerda. A junção dos rios Negro e Solimões forma o encontro das águas, a partir desse ponto o rio Solimões passa a se chamar Amazonas (MAIA et al. 2019, p. 1).

A cidade de Manaus está localizada à margem esquerda do rio Negro e apresenta cinco bacias principais: São Raimundo; Puraquequara, que está situada na zona urbana e rural de Manaus; Educandos; Colônia Antônio Aleixo e a bacia do Tarumã-Açu (MAIA et al. 2019).

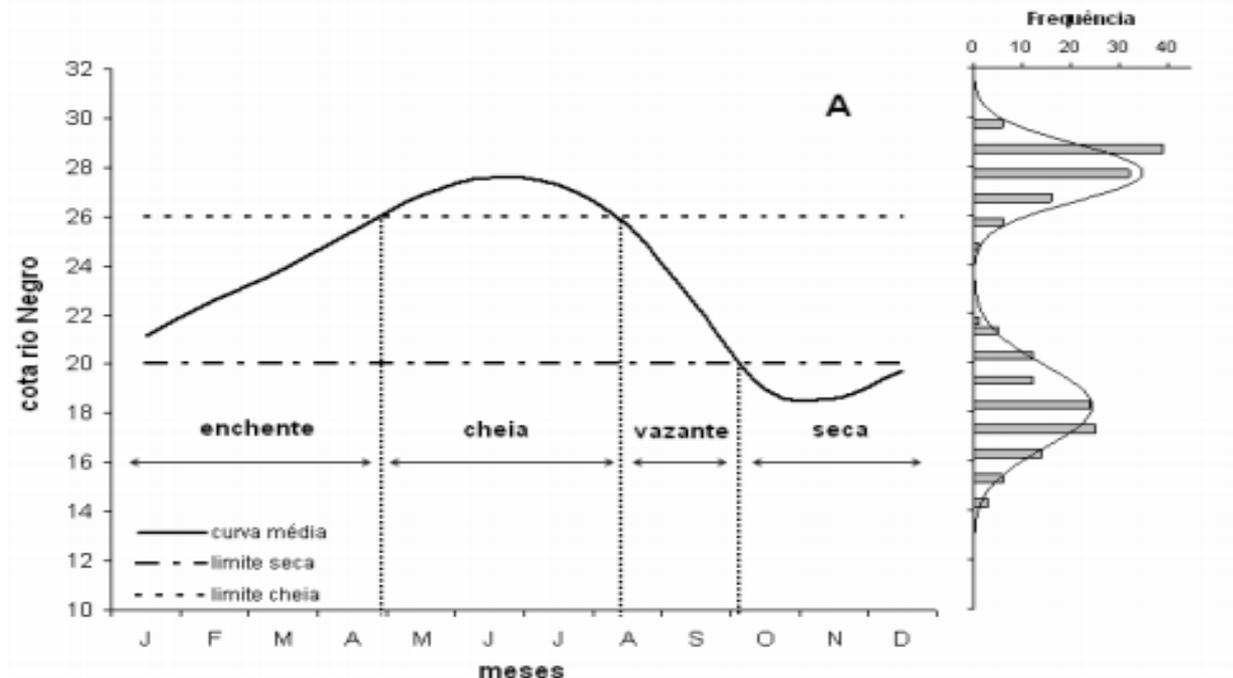
Ao se tratar do ciclo hidrológico da região amazônica Machado e Pacheco (2010) fomentam a importância para o prevailecimento das espécies, assim como, para o equilíbrio do ambiente biofísico-químico, tendo em vista ser o elemento água, vital para o meio ambiente.

Em sua tese Albuquerque (2012) aponta que o regime hidrológico da região amazônica é complexo e que influencia na distribuição das chuvas anualmente. Em acordo, Bittencourt e

Amadio (2007) relatam que o ciclo hidrológico completo na Amazonia é subdividido em quatro períodos, definidos segundo critérios hidrológicos de: seca, enchente, cheia e vazante.

Desse modo, no Rio Negro (figura 1) o período de enchente acontece entre os meses de janeiro e abril, a cheia acontece entre maio e julho e a vazante entre agosto e setembro, sendo os meses de novembro e dezembro o período de seca (BITTENCOURT; AMADIO, 2007).

Figura 1 - Valores médios mensais do nível de água do rio Negro, indicando os quatro períodos hidrológicos



Fonte: BITTENCOURT; AMADIO (2007, p. 304).

Ao se tratar dos aspectos visuais da coloração dos rios da amazônicos Sioli (1985) apud Albuquerque (2012) caracteriza os rios em três grupos: os rios de águas brancas, rios de águas claras e rios de águas pretas.

O primeiro, é caracterizado como “barrento” por possuir águas turvas e amareladas, com riqueza em argila em suspensão. O segundo, por sua baixa turbidez e baixos índices de materiais em suspensão. E o terceiro, por elevada quantidade de ácidos húmico e fúlvico (SIOLI, 1985 apud ALBUQUERQUE, 2012).

Logo, o ciclo hidrológico da região é favorável a estabilidade do clima e a sustentabilidade da biótica e abiótica, especialmente na América do Sul. Isto pois, a ciclagem hídrica em outras bacias possui contribuição da precipitação que reabastece os ecossistemas amazônicos (MACHADO; PACHECO, 2010).

2.2 Gestão dos recursos hídricos no Amazonas

Conforme Melo e Romanel (2018) no Amazonas, a Gestão de Recursos Hídricos foi estabelecida a partir da Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei n°. 2.712/2001, reestruturada pela Lei n°. 3.167/2007 e normalizada pelo Decreto n°. 28.678/2009.

A região amazônica tem passado por grandes mudanças por conta de um desenvolvimento que, muitas vezes, ocorre de forma desordenada, o que dificulta a implementação efetiva de políticas públicas. Além, de demonstrar a fragilidade da sustentabilidade nesta região (DAMASCENO, 2018).

É apontado por Melo (2017) dois fatores para tal problemática: diferenças administrativas das esferas de governo e dificuldade de controlar o processo de ocupação urbana que segue mais rápido do que sua capacidade de planejamento.

Em consonância, Damasceno (2018) aponta que:

Outro fator de fundamental importância e que deve ser levado em consideração neste processo de construção da gestão pública da água, especialmente no estado do Amazonas, de fato que a gestão dos recursos hídricos se faz pela abundância e não pela escassez, levando-se em consideração que o volume dos mananciais nem sempre significa que possuímos disponibilidade a depender do tipo de uso para o qual se destina utilizar (DAMASCENO, 2018, p. 61).

Conforme Melo e Romanel (2018), ao se tratar da Gestão de recursos hídricos no estado do Amazonas:

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) é órgão gestor e coordenador da Política Estadual de Recursos Hídricos, e o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) é o órgão executor por meio da sua Gerência de Recursos Hídricos e Minerais, onde mantém um quadro técnico formado por dois Geólogos, sete Engenheiros e cinco Técnicos de nível médio. A gestão das águas subterrâneas é de domínio estadual e parte da gestão das águas superficiais é de domínio federal. O governo estadual mantém desde 2005 um Fundo Estadual de Recursos Hídricos, gerido pela SEMA, compatibilizado com o Plano Plurianual, com a Lei de Diretrizes Orçamentárias e com o Orçamento Anual, para dar suporte financeiro à implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e seus respectivos instrumentos (MELO; ROMANEL, 2018, p. 7).

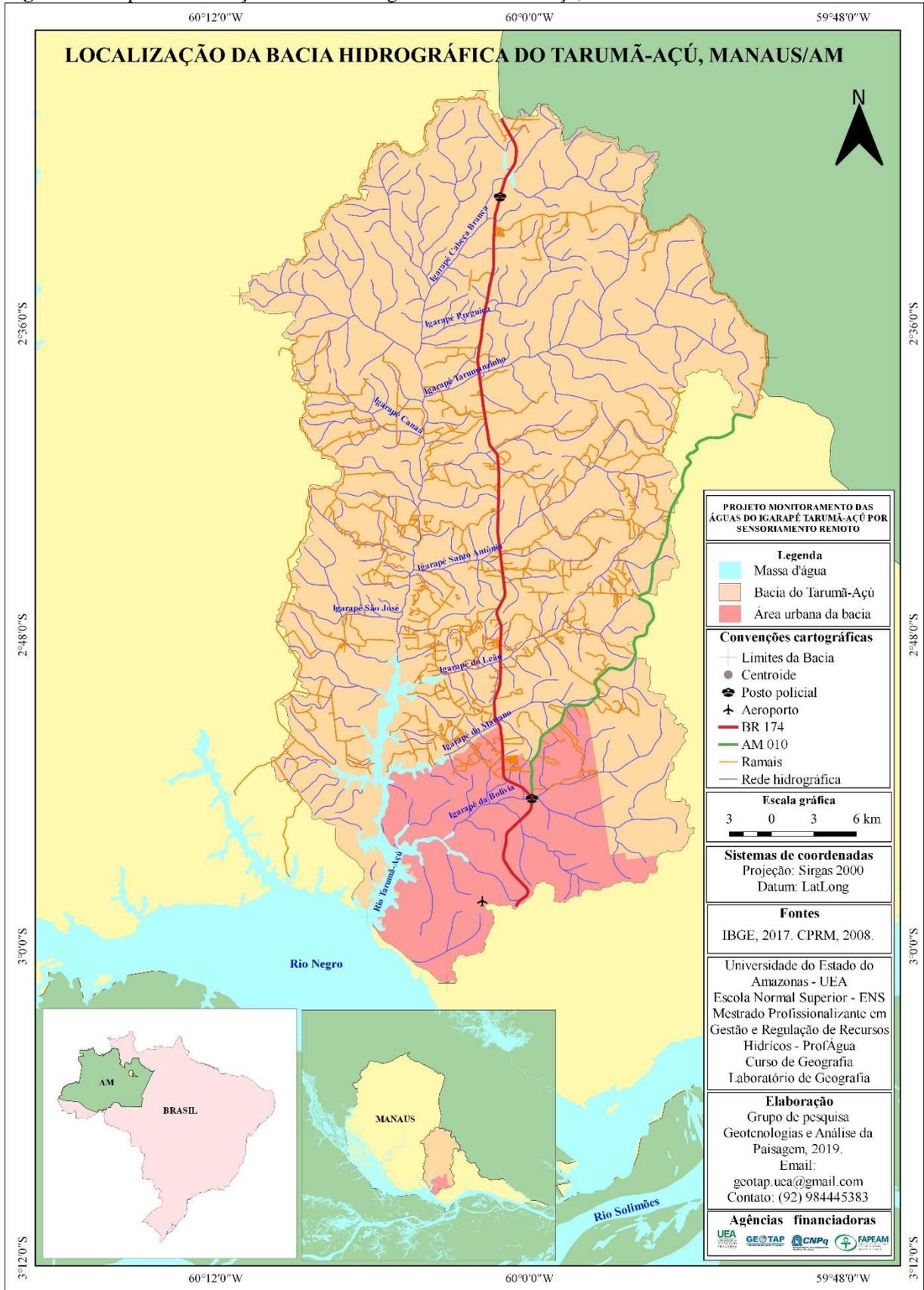
Dessa forma, “a falta de percepção de prioridade quanto à gestão dos recursos hídricos na Região Hidrográfica Amazônica é consequência da ideia generalizada de uma eterna abundância e de uma herança cultural da população local, segundo a qual o rio limpa tudo” (BRASIL, 2006a, p. 93).

Tendo em vista os fatos apresentados, nota-se a importância dos Planos de Recursos Hídricos, a partir da necessidade de planejar e orientar a sociedade, de forma particular, a atuação de gestores. Principalmente, no que se refere ao uso, conservação, recuperação, proteção e desenvolvimentos dos recursos hídricos (ANA, 2013).

2.3 A bacia hidrográfica do Tarumã-Açu

A bacia hidrográfica do Tarumã-Açu está contida integralmente no município de Manaus, entre as coordenadas 02°31'54.36"S a 03°5'13.96"S e 60°11'44.78"O a 59°52'16.01"O (MAIA et al. 2019). Assentando-se ainda sobre Maia et al. (2019, p. 1) observa-se que “a coordenada central da bacia hidrográfica está situada próximo ao Ramal Pau Rosa e BR 174 com coordenadas geográficas 02°47'52,4S e 60°02'25,9” O.”

Figura 2 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: MAIA et al. (2019, p. 1).

Conforme com Maia et al (2019, p. 1) a bacia hidrográfica do Tarumã Açu, compreende uma área de 1.388,94 km², cerca de 12,18% do município. Enfatiza-se ainda, que essa é considerada uma bacia hidrográfica de 5ª ordem (COSTA; SILVA; SILVA, 2013).

Os seus tributários são 13 (treze): o Igarapé Santo Antônio, Cabeça Branca, do São José, Igarapé do Leão, do Mariano, do Branquinho, do Caniço, do Argola, do Tiú, do Panemão, da Bolívia, do Gigante e o Tarumãzinho (VASCONCELOS; COSTA; OLIVEIRA, 2015).

Sobre o uso da terra na bacia, Colares et al. (2019) apresenta dados do satélite Landsat-8 de 2016, e aponta que cerca de 431,30 km² (31,05%) encontram-se modificados por ações antrópicas, restando somente 932,06 km² da cobertura florestal e 25,57 km² (1,8%) de água.

Para Bühring (2010) as formas de usos e ocupações do solo tornaram-se mais significativas a partir da década de 1980, com a intensidade de ocupação diretamente relacionada à abertura e expansão das rodovias BR-174 e AM-010.

Além do sistema viário, a Política Fundiária do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e a expansão urbana contribuíram para a aceleração do processo de ocupação e intensificação do desflorestamento entre os anos de 1990 e 2009 (COSTA et al. 2012).

Em acordo, Maia et al. (2019) apresenta como atividades desenvolvidas dentro da bacia hidrográfica os assentamentos do INCRA, como o Projeto de Assentamento Pau Rosa, que exerce atividades agrícola, piscicultura e pecuária.

Salienta-se que, a população, utiliza a área da bacia intensamente em razão da presença de marinas, loteamentos, hotéis de selva. Além, dos condomínios residenciais de alto padrão, ocupações desordenadas, restaurantes, flutuantes domiciliares e comerciais, cujas ações geram impactos ambientais, diretos e indiretos (COSTA et al. 2012; NASCIMENTO, 2009).

Um dos fatores para a ocupação e especulação imobiliária dessa região de Manaus é a sua aproximação com o rio. Outro fator, é a sua paisagem atrativa, que contribui para a realização de atividades de lazer e turismo (COLARES et al. 2019).

Dessa forma, Maia et al. (2019) aponta que, a bacia realiza a drenagem de uma área relevante de Manaus, mas que, encontra-se com variados impactos negativos, que podem ser exemplificados a partir do crescente desmatamento, erosão e poluição dos cursos d'água, etc.

Muitos dos impactos ambientais gerados afetam os próprios moradores locais, a comunidade indígena Saterê-Mawé Inhabé, a comunidade indígena Caniço-Rouxinol e as Áreas de Proteção Ambiental (APA Margem Esquerda do Rio Negro e APA Tarumã-Mirim) (MELO, 2017).

Assentando-se sobre o IBGE (2010) observa-se que, enquanto na margem esquerda do rio Tarumã, há a presença da APA, na margem direita se concentra uma população de aproximadamente 12.053 habitantes.

É importante destacar que, a Unidade de Conservação – APA do Tarumã-Açu, possui um papel importante para a população da região e para os ecossistemas existentes. De acordo com Melo (2017) essa área de proteção está localizada na área esquerda foi criada em 1995, pelo governo do Amazonas em conjunto com o Parque Estadual do Rio Negro, que foi criado pelo governo municipal.

2.4 O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu - CBHTA

Segundo Ferreira (2008) os problemas ambientais e os conflitos ocasionados pela diversidade de usos no âmbito da bacia do Tarumã-Açu motivaram os moradores a se organizar e criar a Associação de Moradores do Tarumã-Açu para buscar soluções coletivas.

Visto isso, foi criado o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu - CBHTA, que se tornou um marco por ser o primeiro comitê de bacia instalado na região hidrográfica amazônica, instituído em 19 de outubro de 2009 (DAMASCENO, 2018).

O objetivo do Comitê é conter os impactos ambientais e assegurar a sustentabilidade local, adotando o modelo de gestão participativa, o que implica na descentralização da tomada de decisão e promove discussões entre o poder público, sociedade civil e usuários da bacia hidrográfica (MELO, 2017).

De acordo com a Lei Federal nº. 9.433/1997, os comitês podem atuar na totalidade da bacia hidrográfica, na sub-bacia de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário e no grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contínuas. Para Costa (2011) politicamente, a organização e o funcionamento do Comitê permitem que o setor público descentralize suas decisões e promova a participação da população na tomada de decisões.

Os usuários então, deixariam de ser apenas expectadores e se tornariam colaboradores, onde apresentariam seus problemas, participariam do planejamento e passariam a contribuir com o gerenciamento dos recursos hídricos, de forma que exercem a cidadania (MELO, 2017).

Como resultado, Costa et al. (2012) aponta que, a gestão do Comitê de Bacias Hidrográficas Tarumã-Açu não conseguiu implantar instrumentos que contivessem os impactos ambientais existentes e que promovessem a sustentabilidade da bacia como um todo.

A falta da participação significativa dos usuários na materialização das ações propostas pelo Comitê, associada à falta de apoio técnico, financeiro, administrativo e material para a execução dessas ações, fizeram com que o comprometimento dos membros, constatado inicialmente pelo comparecimento as reuniões e às referidas ações, fossem reduzindo gradativamente no decorrer dos anos (MELO, 2017).

Segundo Queiroz et al. (2020) essas condições encontradas evidenciam a necessidade de atuação eficaz e efetiva do poder público e também, a mobilização da população dos pontos analisados para erradicar o problema e promover qualidade ambiental.

Logo, a minimização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu está condicionada a critérios de planejamento e gestão ambiental. Estes critérios devem estar contidos no Plano de Gestão da Bacia, documento que contribui para o gerenciamento e conservação ambiental na bacia em questão (VASCONCELOS; COSTA; OLIVEIRA, 2015).

2.5 Cachoeira Alta do Tarumã

A localização geográfica da área de estudo (figura 3) encontra-se respectivamente na coordenada: 3°00'29.3"S 60°03'20.9"W - Cachoeira Alta do Tarumã.

Corredores ecológicos: porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais (BRASIL, 2000).

Ao articular esse conceito no âmbito da legislação com a área da Geografia, nota-se conforme Brito (2012) que o corredor ecológico é considerado um espaço geográfico que abrange todos os atributos da natureza ali existentes.

À vista disso, o corredor ecológico das Cachoeiras do Tarumã foi criado com o intuito de preservar as margens ao longo de trechos dos bairros Tarumã e Tarumã-Açu. Margens que ocupam uma faixa de aproximadamente trinta metros de largura, medidos a partir da cota de cheia máxima, não levando em consideração os conjuntos habitacionais e as edificações existentes até 2009 (MANAUS, 2009).

O Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã atende aos seguintes objetivos, de acordo com o Decreto n°. 0022, de 04 de fevereiro de 2009:

- I - ligar as Unidades de Conservação que venham a ser criadas no seu perímetro ou entorno imediato, garantindo a preservação das matas ciliares ao longo do rio;
- II - garantir a recuperação e manutenção da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização das áreas degradadas, bem como a manutenção das populações que demandam para a sua sobrevivência de áreas maiores do que aquelas áreas de preservação permanente;
- III - disciplinar o uso e ocupação do solo nas zonas de proteção do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã, a fim de prevenir o assoreamento e a poluição dos cursos d'água afetados;
- IV - assegurar o perfeito escoamento das águas fluviais, evitando inundações;
- V - garantir a cobertura vegetal existente entre remanescentes de vegetação primária em estágio médio e avançado de regeneração, propiciando habitat ou servindo de área de trânsito para a fauna residente nos remanescentes;
- VI - desenvolver na população local uma consciência ecológica e conservacionista (MANAUS, 2009).

O Decreto Municipal de 2009 fomenta que a Cachoeira Alta do Tarumã e a Cachoeira Baixa do Tarumã-Açu são consideradas espaços territoriais especialmente protegidos, que possuem uma faixa de 30 (trinta) metros a partir de suas margens atribuídos a Área de Preservação Permanente -APP (MANAUS, 2009).

À vista disso, o decreto é o responsável no âmbito municipal, por defender os mecanismos e instrumentos de proteção do corredor ecológico das cachoeiras do Tarumã. Em consonância ao decreto, pode-se mencionar a Lei Federal n°. 6.938/1981, que aborda sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

A Política Nacional do Meio Ambiente de 1981 dispõe no seu art. 2º o seu objetivo de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental e a qualidade de vida da população, com o intuito de melhorar as condições socioeconômicas e dignidade humana:

- I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - recuperação de áreas degradadas;
- IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente (BRASIL, 1981).

Visto que, em Brasil (1981) é possível observar a relação da Política Nacional do Meio Ambiente com os objetivos do decreto municipal, pois a lei possui a pretensão de melhoria e da recuperação da qualidade ambiental de todo o país.

2.6 Impactos ambientais

Define-se o conceito de impactos ambientais como as alterações, modificações, transformações, que ocorrem no meio ambiente de forma frequente (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007).

Assentando-se sobre a Resolução Conama nº. 001 de 1986 a definição de impacto ambiental é decorrente de alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas, causadas por qualquer modo de energia ou matéria resultante das ações do homem (BRASIL, 1986).

Em consonância, Rubira (2016) apresenta que as diferentes ciências como a Geografia e a Biologia possuem conceitos distintos para impactos ambientais e para a degradação ambiental. Visto isso, o autor (2016) destaca:

A necessidade do homem de se organizar e se fixar em um determinado espaço geográfico e expandir suas tecnologias conforme evolui o desenvolvimento da raça humana, provoca inúmeras modificações no meio, alterando o que chamamos de natural, acarretando na maioria das vezes graves problemas ambientais, o que torna determinado espaço em um ambiente de risco de vida para o próprio homem, que foi o grande responsável por toda essa mudança, é a chamada degradação ambiental (RUBIRA, 2016, p. 141).

Em contrapartida, é importante destacar que o conceito de impacto ambiental apesar de ser empregado de forma ampla para destacar aspectos negativos decorrentes de atividades antrópicas, pode possuir conotação positiva (MENEGUZZO; CHAICOUSKI, 2010).

Tendo em vista os fatos apresentados, Rubira (2016) fomenta que a degradação ambiental se refere somente aos impactos negativos que ocorrem no meio e o impacto ambiental pode ser apresentado como um lado positivo. Podendo ser exemplificado por meio da seguinte afirmação:

[...] uma obra de contenção de uma voçoroca, em um primeiro instante esta obra ocasionará algum tipo de impacto no meio ambiente, a diferença, é que o impacto causado por essa obra de contenção se configura como um impacto positivo, já que visa garantir a estabilidade e contenção de tal feição erosiva (RUBIRA, 2016, p. 147).

Para Nogueira; Sanson e Pessoa (2007) os espaços urbanos em que ocorrem as integrações humanas, estão associadas as condições de vida urbana de forma precária e a sérios problemas e impactos de cunho socioambiental, tanto de ordem física, quanto de saúde pública.

Dessa forma, menciona-se que a melhor forma de conhecer e estudar os impactos ambientais existentes em uma região é através do Estudo de Impactos Ambientais - EIA, apresentado na Resolução do Conama de 1986 (BRASIL, 1986).

Segundo Rubira (2016) posterior ao Estudo de Impactos Ambientais - EIA, deve ser elaborado o Relatório de Impactos Ambientais - RIMA, para fins de evidenciação dos impactos gerados e para a tomada de decisões e medidas cabíveis.

Visto que, a Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, é tida como uma forma de contemplar variadas óticas de impactos com o intuito de reduzir e atenuar. Além, de permitir que as decisões sejam tomadas a partir da lógica e do racional (SOUSA, 2006).

2.7 Qualidade da água

O processo de ocupação e uso do solo por atividades antrópicas modificam os processos biológicos, físicos e químicos dos recursos naturais. As modificações dentro de uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas a partir do monitoramento da qualidade água (MERTEN; MINELLA, 2002).

De acordo com a Resolução Conama n° 357, de 17 de março de 2005 as classes de água doce são classificadas da seguinte forma no território nacional:

Art. 4º As águas doces são classificadas em: I - classe especial: águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. II - classe 1: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. III - classe 2: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca. IV - classe 3: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais. V - classe 4: águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística. (BRASIL, 2005).

A partir desta classificação padronizada dos corpos de água é possibilitado a fixação de metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (MERTEN; MINELLA, 2002).

A avaliação da qualidade da água obtida através do Índice de Qualidade da Água – IQA que avalia nove parâmetros (quadro 1) com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (ANA, 2004).

Quadro 1 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2004).

Para Von Sperling (2005) apud Figur e Reis (2017) a qualidade da água está intimamente relacionada com as condições naturais e do uso e ocupação da terra no âmbito de uma bacia hidrográfica.

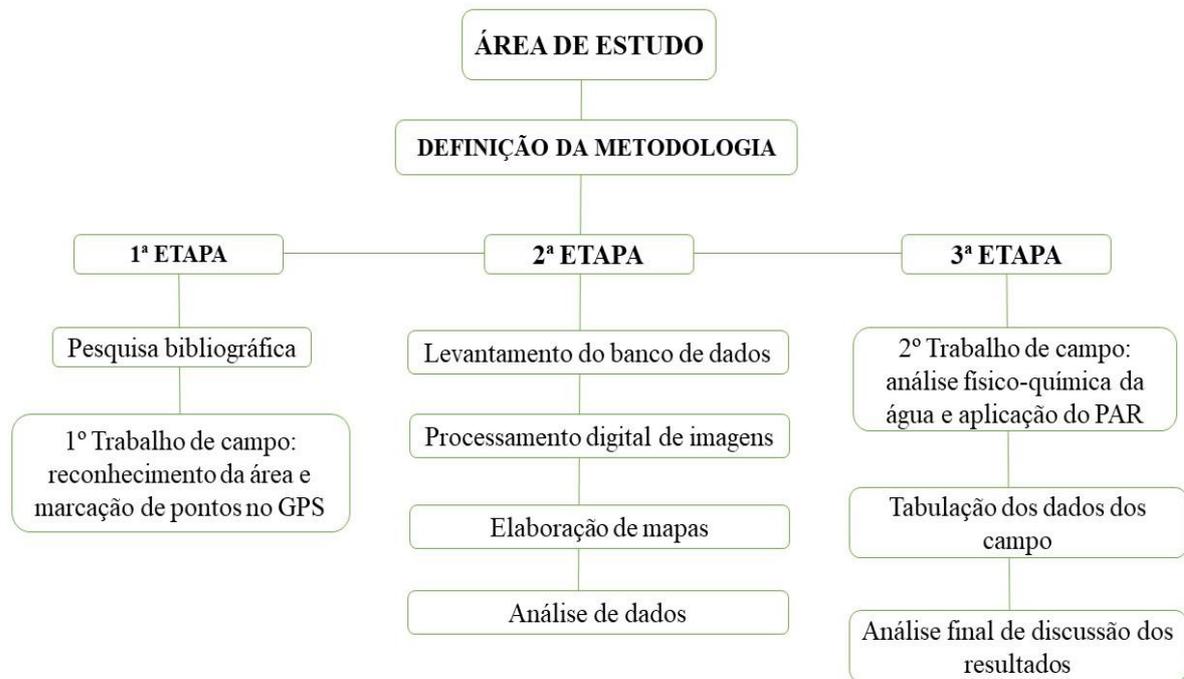
Por isso, nota-se que monitorar e avaliar a qualidade das águas superficiais é primordial para a adequada gestão dos corpos hídricos, pois permite caracterizar e analisar as bacias hidrográficas existentes no país (ANA, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos metodológicos da pesquisa

A partir da escolha da área de estudo do Trabalho de Conclusão do Curso, foi definida a metodologia da pesquisa científica através de um roteiro de procedimentos metodológicos distribuídos em etapas da pesquisa (figura 4).

Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do Trabalho de Conclusão do Curso



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A abordagem metodológica utilizada foi a Hipotético-Dedutiva, pois a partir desta abordagem foi possível observar e buscar a verdade diante da pesquisa na área da Cachoeira Alta do Tarumã.

O método utilizado foi do tipo empírico-analítico que, segundo Sposito (2004) se utiliza de técnicas de coleta de dados, bem como técnicas descritivas e análise de conteúdo à nível teórico. Almejou-se através do empírico e das técnicas experimentais apontar se os aspectos relacionados a expansão da zona oeste da cidade de Manaus impactam a qualidade da água da Cachoeira Alta do Tarumã.

Salienta-se ainda, que o tipo de pesquisa desenvolvida, assentou-se sobre o cunho qualitativo, que é abordado por Manzato e Santos (2012), como uma forma de possibilitar a análise de indicadores qualitativos e quantitativos em uma mesma pesquisa.

A partir disso, os procedimentos adotados ao longo da pesquisa foram do tipo; bibliográfico, campo, processamento digital de imagens e experimental. A pesquisa bibliográfica, foi a etapa inicial que procurou reunir informações acerca do tema abordado com base em referências teóricas, já publicadas (GIL, 2002).

A coleta de dados dessa primeira etapa da pesquisa, foi realizada de maneira minuciosa, a partir do uso de buscadores acadêmicos como: Google Acadêmico e SciELO, com o foco em artigos, teses, dissertações e trabalhos em geral. Além, dos livros disponibilizados de forma digital e relacionados a temática escolhida. A amostra da pesquisa utilizou da técnica de acessibilidade, por disponibilidade de arcabouço teórico nas plataformas acadêmicas da internet.

Ainda na primeira etapa da pesquisa, em momento posterior a pesquisa bibliográfica, foi realizado no dia 04 de janeiro de 2020 a primeira visita ao campo para observação e anotação de coordenadas na área que abrange a Cachoeira Alta do Tarumã, localizada na zona oeste da cidade de Manaus. O campo contou com o auxílio da caderneta de campo, do sensor de GPS e do sensor de câmera.

A técnica de pesquisa de campo foi utilizada para o reconhecimento da área e para a realização da coleta de dados das coordenadas geográficas do recorte espacial. Assim, entende-se que ela auxiliou na a coleta de dados e também, na interpretação dos cenários ambientais do recorte (MANZATO; SANTOS, 2012).

Na segunda etapa da pesquisa, para a elaboração dos mapas, foi realizado o levantamento no banco de dados e o processamento digital das imagens com sobreposição no QGIS. Nessa etapa foi escolhida a ferramenta de imagens de satélite Google Earth Pro que através da sua disponibilização de imagens gratuitas e das suas boas resoluções espaciais possibilitou a realização a análise temporal da Cachoeira Alta do Tarumã.

A terceira etapa, consistiu na última ida ao campo e na realização da análise físico-química da água. É fomentado por Manzato e Santos (2012), como a manipulação das variáveis. E assim, foi realizada a experimentação nos corpos hídricos relacionados com a Cachoeira Alta do Tarumã. Essa etapa foi possibilitada por meio da utilização de instrumentos de coleta como os sensores de alta resolução e de técnicas modernas de análises da água em campo.

3.2 Seleção de imagens

Para o cumprimento do primeiro objetivo específico de conhecer os impactos ambientais na cobertura vegetal, uso do solo e na qualidade dos recursos hídricos com base em imagens de satélite (2011, 2014 e 2020), foi realizada a seleção de imagens de satélite provenientes do Google Earth Pro.

A seleção contou com o critério de disponibilização de imagens dos anos de 2011, 2014 e 2020, a qualidade das imagens e a sua gratuidade para aquisição. Visto que, algumas imagens disponibilizadas no Google Earth Pro encontravam-se com cobertura de nuvens, impossibilitando a sua observação e análise.

Outro fator de escolha para as 3 (três) imagens selecionadas, é o fato de que sucedem o ano de criação do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã em 2009, o qual pertence a Cachoeira Alta do Tarumã. Dessa forma, foi possível analisar e discutir as mudanças que ocorreram na Cachoeira Alta a partir da definição do Corredor Ecológico. E as modificações nos cursos d'água à montante, que influenciam o objeto de estudo.

Ressalta-se ainda, que a partir da seleção das imagens foi realizado o processamento digital das imagens no software gratuito QGIS 3.16.7. Desse modo, foram elaborados os produtos cartográficos com a especificação do Sistema de Coordenadas Geodésicas DATUM Sirgas 2000.

3.3 Delimitação dos pontos de coleta

Para a realização da análise dos impactos ambientais e a qualidade dos recursos hídricos na Cachoeira Alta do Tarumã. E também, para verificar a qualidade da água e avaliar quais ações antrópicas impactam a qualidade da água da área protegida, foi realizada a delimitação dos pontos de coleta e campo.

A coleta de dados consistiu na definição de 4 (quatro) pontos estratégicos com base na observação de campo e nas imagens de satélite. Todos os pontos estão localizados ao longo do Igarapé Tarumã-Açu no bairro Tarumã, zona oeste de Manaus, sendo um a Cachoeira Alta e 3 (três) pontos a montante desta.

Os dois pontos iniciais foram nomeados como P1a e P1b, seguidos dos pontos P2 e P3. Destaca-se que os critérios para a nomeação dos 2 (dois) pontos iniciais assentaram-se sobre a proximidade dos corpos hídricos, o mesmo posto de acesso para a coleta e a relação do aspecto visual da água do igarapé e das suas margens.

A nomeação do trecho P2 ocorreu por ser um curso d'água localizado mais ao centro dos pontos, com maior proximidade ao P3, que é a Cachoeira Alta do Tarumã (objeto da pesquisa). Dessa forma, os trechos ao foram distribuídos e nomeados como pontos: P1a, P1b, P2 e P3. (figura 5).

Figura 5 - Localização dos pontos de coleta das amostras: Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2021).

O campo contou com a presença do orientador: professor Flavio Wachholz e da coorientadora: professora Isabela Colares. E neste dia, foram realizadas coletas de dados de localização geográfica, que contou com a utilização do GPS- Garmin 62S para o georreferenciamento dos pontos (tabela 1).

Tabela 1 - Identificação dos pontos de coleta georreferenciados

Ponto	Coordenadas Geográficas	Local de acesso
P1a	03°01'02.4"S 60°02'49.0"W	Av. Flor de Rita
P1b	03°01'02.1"S 60°02'48.6"W	Av. Flor de Rita
P2	03°00'39.4"S 60°02'54.4"W	Av. Praia da Ponta Negra
P3	03°00'29.3"S 60°03'20.9"W	Estrada do Tarumã/Av. do Turismo

Elaborada por: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Os registros fotográficos dos pontos, foram realizados com o auxílio da Máquina Canon SX700 HS. Por conseguinte, foram realizadas as análises físico-químicas, considerando os aspectos principais do objetivo específico: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

3.4 Análise físico-química da água

No dia 03 de junho de 2021, foi realizado o segundo campo com a utilização da ficha de campo impressa (figura 6) para fins de atingir os objetivos propostos. Essa ficha auxiliou nas anotações referentes aos dados alcançados sobre cada ponto como: a hora, a condição do tempo, vento, direção do vento, temperatura do ar, luminosidade, umidade, cor da água, rugosidade, transparência, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, temperatura da água, profundidade do ponto e observações.

Figura 6 - Ficha de campo para anotações dos resultados obtidos

Trabalho de campo: 03 de junho de 2021 – Rio Tarumã-Açu – Cachoeira Alta do Tarumã, Manaus

Ponto	Hora	Condição do Tempo ¹	Vento	Dir ²	T Ar	LU X	RH (%)	Cor	Rug ³	SD - cm	NTU	pH	OD	CE	TDS	TA (°C)	Prof - Total	Observações ⁴	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

1 - Condição do tempo: Claro, esparso, sol entre nuvens, parcialmente nublado, nublado, nublado com chuvisco, chuvoso.

2 - Direção do vento: NW - N - NE - E - SE - S - SW - W.

3 - Rugosidade: Lisa, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

4 - Observações: a) Uso da terra: Contempla a natureza do uso/estágio e ocupação do entorno.; b) Características visíveis na água como a presença de comunidades fitoplanctônicas e outros indicadores na formação de compartimentos aquáticos. c) Limitação para a aquisição do dado.

Fonte: WACHHOLZ, Flavio (2021).

Os procedimentos da análise foram realizados a partir dos parâmetros preestabelecidos pela Resolução n.º. 724/2011 da Agência Nacional de Águas - ANA, que define o Guia Nacional de coleta e preservação de amostras de água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes

líquidos. Os equipamentos utilizados para essa verificação foram: Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital Portátil Mod. Thal-300, o turbidímetro - Instrutherm TD-300 e a sonda multiparâmetro - Hanna HI98194 (figura 7).

Figura 7 - Procedimento de realização da análise físico-química da água



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A análise físico-química contou com o auxílio de um balde inoxidável e uma corda de 3 (três) metros para alcance do corpo hídrico de cada ponto da coleta. Os procedimentos iniciais da coleta contaram com a higienização do balde com água destilada para não ocorrência de interferências nas medições.

Os equipamentos utilizados nesse primeiro momento foram: turbidímetro e a sonda multiparâmetro, que monitora até 12 (doze) parâmetros, calibrada 12h antes do campo com os padrões: pH 4, pH7 e pH10, condutividade 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e solução zero de oxigênio dissolvido.

Por meio do uso da sonda foi possível levantar as seguintes variáveis: condutividade elétrica - CE, oxigênio dissolvido – OD, pH, temperatura da água e sólidos dissolvidos totais - TDS.

Sequencialmente, foi realizada a medição da turbidez da água, a partir da utilização do aparelho de turbidímetro, que também foi calibrado em momento anterior ao campo com o padrão zero e 100 NTU.

Ao se tratar da análise da iluminância e da umidade de cada ponto, menciona-se que foram medidas a partir do uso do Termo-Higro-Anemômetro- Luxímetro Digital Portátil Mod. Thal-300. Os parâmetros de cor da água e a transparência foram analisados em conjunto, a partir do aspecto visual entre os pesquisadores presentes, assim como, a profundidade e a rugosidade de cada ponto. Todas as análises foram realizadas exclusivamente nos pontos e anotadas na ficha de campo.

3.5 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR

Objetivando avaliar quais ações antrópicas relacionadas a expansão da zona oeste da cidade de Manaus impactam a qualidade da água da área protegida, foi realizada a análise qualitativa dos pontos com a utilização da metodologia de fácil aplicabilidade do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR, que teve como base o modelo de Callisto et al. (2002), que estabelece o parâmetro de pontuação de 0 (zero) à 4 (quatro) aos parâmetros de 1 (um) à 10 (dez) e a pontuação de 0 (zero) à 5 (cinco) aos parâmetros de 11 (onze) à 22 (vinte e dois).

Desse modo, a aplicação desse protocolo objetivou a análise a descrição de forma integrada dos ecossistemas existentes nos pontos pesquisados para apontar os possíveis impactos negativos existentes (quadros 2 e 3).

Quadro 2 - Protocolo de Avaliação Rápida – PAR: pontuação de 0 – 4

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização:			
Data da Coleta: ____/____/____		Hora da Coleta:	
Tempo (situação do dia):			
Largura média:			
Profundidade média:			
Temperatura da água:			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 Pontos	2 pontos	0 ponto
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

Fonte: CALLISTO et al. (2002, p. 93).

Quadro 3 - Protocolo de Avaliação Rápida – PAR: pontuação de 0 – 5

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de Rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de Rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de Substrato	Seixos abundantes (prevalendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de Lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos Sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.

18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das Margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Fonte: CALLISTO et al. (2002, p. 94).

No quadro 1, assentando-se sobre Callisto et al. (2002) atribui-se 4 (quatro) pontos para trechos com situações naturais, 2 (dois) e 0 (zero) pontos para trechos com situações leve ou severamente alterada. No tocante ao quadro 2, atribui-se 5 (cinco) pontos para trechos com situações naturais, 3 (três), 2 (dois) e 0 (zero) pontos para trechos com situações leve ou severamente alterada.

Considera-se os Protocolos de Avaliação Rápida, ferramentas importantes para a análise de forma integrada dos ecossistemas lóticos existentes nos pontos de pesquisa, pois captam as principais características do habitat e determinam a qualidade ambiental (OLIVEIRA; NUNES, 2015).

A aplicação do protocolo ocorreu através de uma inspeção visual, com observações e discussões realizadas em conjunto entre o professor orientador, a coorientadora e a discente pesquisadora para todos os parâmetros. Através da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR, foi possível analisar de forma qualitativa e quantificar o somatório do nível de preservação e as características ecológicas principais dos trechos delimitados para a coleta assentando-se sobre os parâmetros preestabelecidos em Callisto et al. (2002) (tabela 2).

Tabela 2 - Intervalos de pontuação para cada situação ambiental

Pontuação	Situação ambiental
0 - 40	Trecho impactado
41 - 60	Trecho alterado
> 61	Trecho natural

Adaptada de: CALLISTO et al. (2002).

Por conseguinte, menciona-se que foi realizada a tabulação dos dados coletados durante toda pesquisa do Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia. Assentando-se sobre Manzato e Santos (2012) nota-se que, a tabulação pode ser manual ou eletrônica.

Desse modo, a tabulação dos dados obtidos ocorreu de forma manual com o auxílio do programa Excel para elaboração de tabelas. Por fim, foi realizada a análise final e discussão dos resultados para a conclusão e apresentação da pesquisa.

Por fim, destaca-se a realização da sistematização e análise final dos resultados obtidos com a pesquisa desenvolvida, para fins de apresentar os resultados e associá-los ao cumprimento dos objetivos propostos.

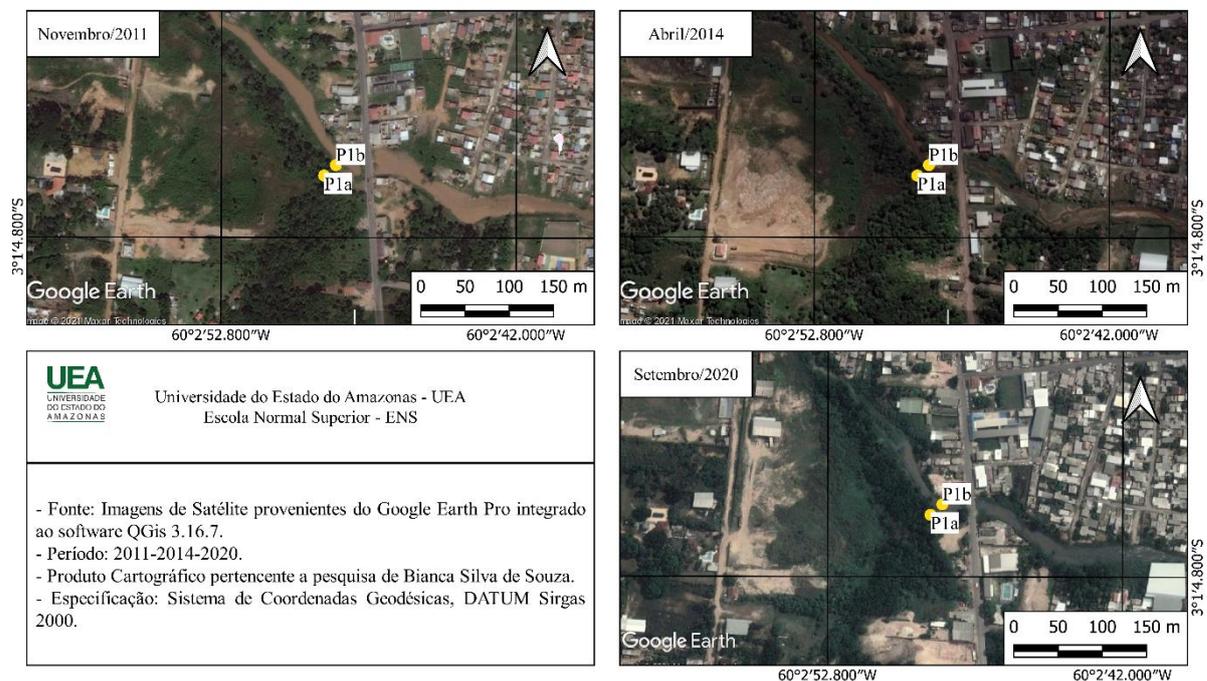
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aspectos qualitativos do mapeamento e campo

Considerando os cenários de 2011, 2014 e 2020 das imagens do satélite Google Earth Pro nos pontos 1a e 1b, nota-se que ocorreu uma intensificação do uso da terra na região, na porção mais ao sul e nas proximidades da área que abrange dos pontos.

Estes trechos estão localizados nas coordenadas geográficas: $03^{\circ}01'02.4''S$ $60^{\circ}02'49.0''W$ e $03^{\circ}01'02.1''S$ $60^{\circ}02'48.6''W$ (figura 8).

Figura 8 - Análise do uso e cobertura do solo nos pontos 1a e 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2021).

O acesso aos corpos hídricos P1a e P1b, foi possibilitado a partir da Av. Flor Rita, que é caracterizada por ser um empreendimento ponte sobre o Igarapé Tarumã-Açu, que possui um intenso movimento de veículos particulares e públicos do transporte coletivo. Por meio da observação em campo notou-se que na área com intenso uso residencial. Além, de ocorrer atividades comerciais (panificadora, farmácia, metalúrgica, material de construção, supermercado, restaurantes, lojas de roupas e acessórios, entre outras); atividade de lazer (com

a presença de um balneário particular), serviços (escritório de advocacia, transporte coletivo, entre outros).

Em relação ao canal principal denominado de P1b, destaca-se que, em novembro de 2011 ele apresenta um maior volume de água, caracterizada pela sua coloração amarelada e turva, além, da sua riqueza em material argiloso em suspensão. Este, é um indício de que em período anterior a aquisição da imagem pelo satélite Google Earth Pro, o lugar apresentava índices pluviométricos significativos e atípicos para esse período do ano. Visto que, 2011 antecedeu a segunda maior cheia histórica com a cota de 29,97m, que foi alcançada em 2012 em Manaus-AM.

Em contrapartida, em setembro de 2020 no período de vazante da região amazônica, que geralmente é responsável pela mudança da cor dos recursos hídricos, observa-se que a água possui aparência escura. Um dos principais fatores apontados para tal acontecimento é a alta concentração de matéria orgânica e de óleos advindos do esgoto doméstico do recorte espacial.

Ainda em setembro de 2020 nota-se que foram intensificadas as intervenções na Área de Proteção Permanente - APP, através de uso antrópico com o assoreamento de parte do curso d'água para a construção de moradias às margens, principalmente, em se tratando da margem direita (observada no campo), a qual possui maior ocupação antrópica, que conseqüentemente ocasionaram na modificação do solo, na vegetação, no corpo hídrico e na paisagem do trecho pesquisado (figura 9).

Figura 9 - Construções de moradias às margens do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Notou-se ainda, que o curso d'água sofreu alterações decorrentes de obras de drenagem com a colocação de 5 (cinco) grandes tubulações abaixo da Av. Flor Rita, que resultaram no aumento da força e do volume de água deste canal (figuras 10 e 11).

Figura 10 - Sistema de drenagem no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Figura 11 - Sistema de drenagem no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



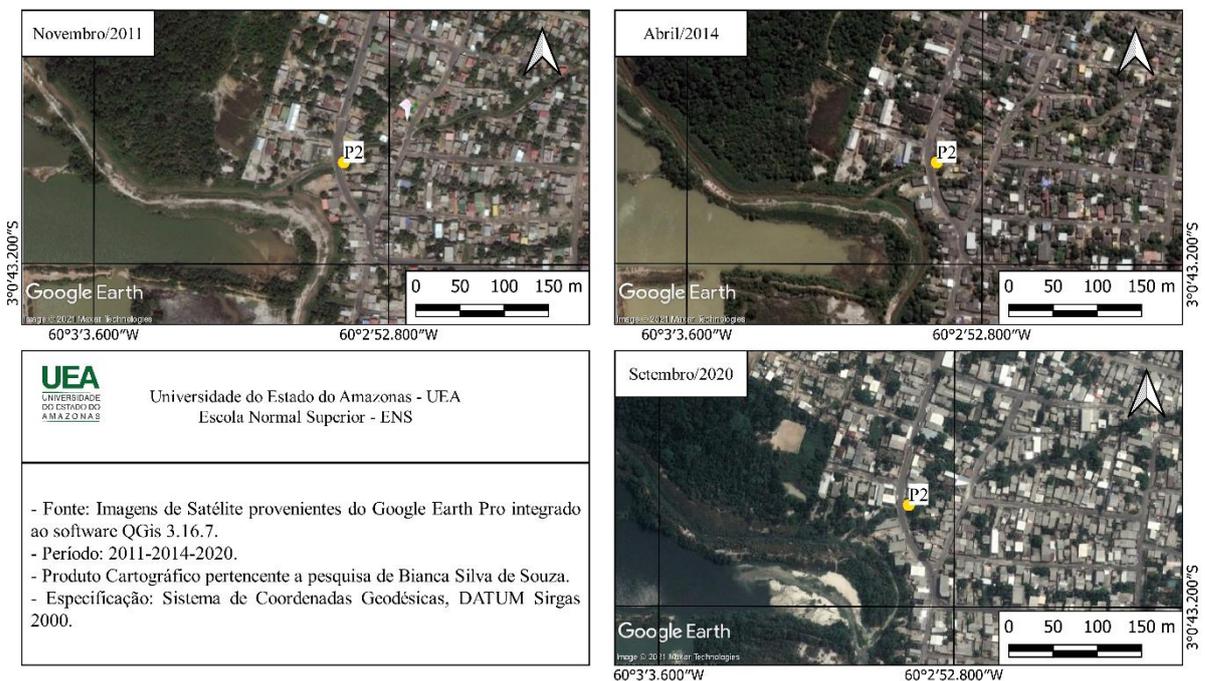
Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A partir das imagens do satélite Google Earth Pro, notou-se impactos relacionados a supressão da vegetação e diversificação do uso de algumas áreas próximas aos pontos P1a e P1b para a construção de grandes galpões, além, dos imóveis residenciais e comerciais. Ressalta-se a existência de armazéns e contêineres especificamente, em lugares de difícil acesso com solo exposto, sem vegetação e/ou sem pavimentação.

Notou-se, que as edificações existentes na região dos pontos P1a e P1b, despejam seus resíduos domésticos e comerciais nos cursos d'água, impactando de forma significativa a qualidade dos corpos hídricos dos trechos do Igarapé Tarumã-Açu.

O segundo ponto de coleta – P2, está localizado nas coordenadas $03^{\circ}00'39.42720''S$ $60^{\circ}02'54.45960''W$ e foi possibilitado, a partir da Av. Praia da Ponta Negra (figura 12).

Figura 12 - Análise do uso e cobertura do solo do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2021).

O ponto 2 da Av. Praia da Ponta Negra é caracterizado por ser um empreendimento de ponte, que assim como o recorte anterior, é utilizado por muitos veículos, incluindo os do transporte coletivo de passageiros. A avenida como um todo possui diversificadas edificações de moradias, comércio e serviços como por exemplo: oficinas mecânicas, restaurante, material de construção, loja de modulados, distribuidora, barbearias, mercadinho, escritório jurídico, entre outras. Demonstrando assim, intenso processo de urbanização.

Ao se tratar do mapa com recorte temporal de 2011, 2014 e 2021, percebeu-se em abril de 2014 a mudança na colocação do corpo hídrico influenciado pelo período de cheia. E ao analisar os anos de 2011 e 2020 nota-se a intensificação no âmbito da ocupação da Área de Proteção Permanente - APP por construções diversas e assim, a retirada da cobertura vegetal da região e o uso do solo.

A análise do mapa com recorte temporal de setembro de 2020 pode ser associada as construções de edificações na APP observadas no campo do dia 03 de junho de 2021 (figura 13).

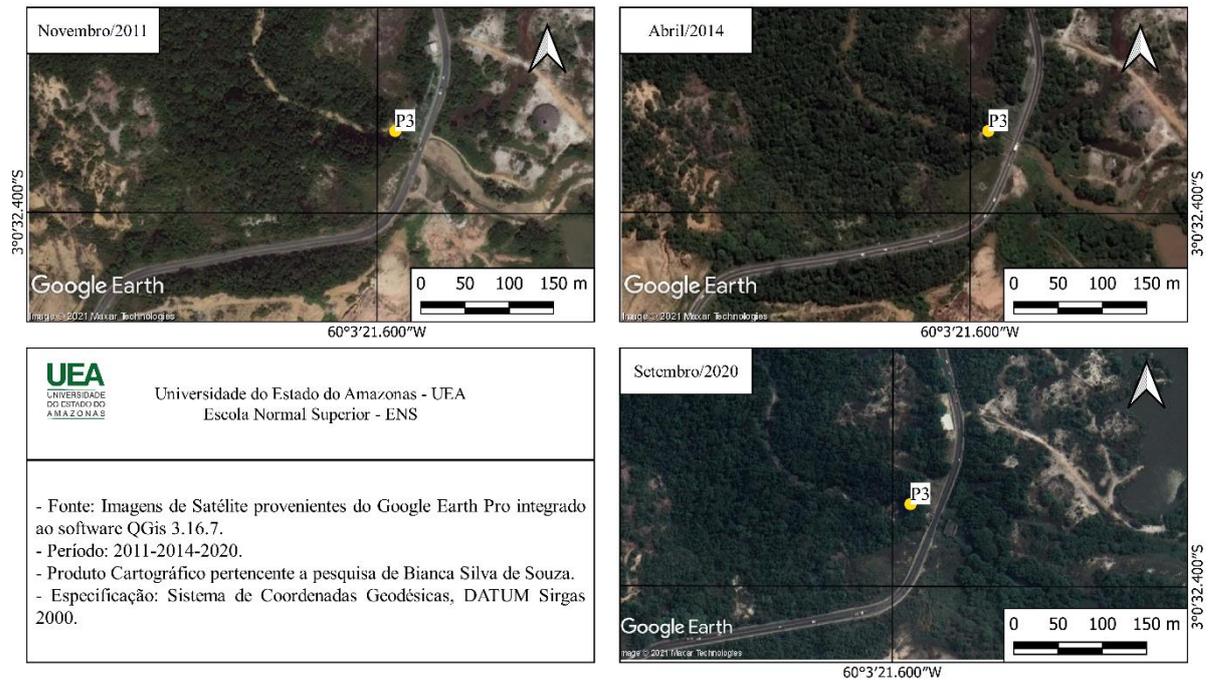
Figura 13 - Construções de moradias às margens do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

O terceiro e último ponto de coleta – P3, foi a Cachoeira Alta do Tarumã, objeto de estudo desta pesquisa. Ela está localizada nas coordenadas 03°00'29.35080"S 60°03'20.94480"W e o seu acesso foi possibilitado, a partir da Av. do Turismo, conhecida como Estrada do Tarumã (figura 14).

Figura 14 - Análise do uso e cobertura do solo do ponto 3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM

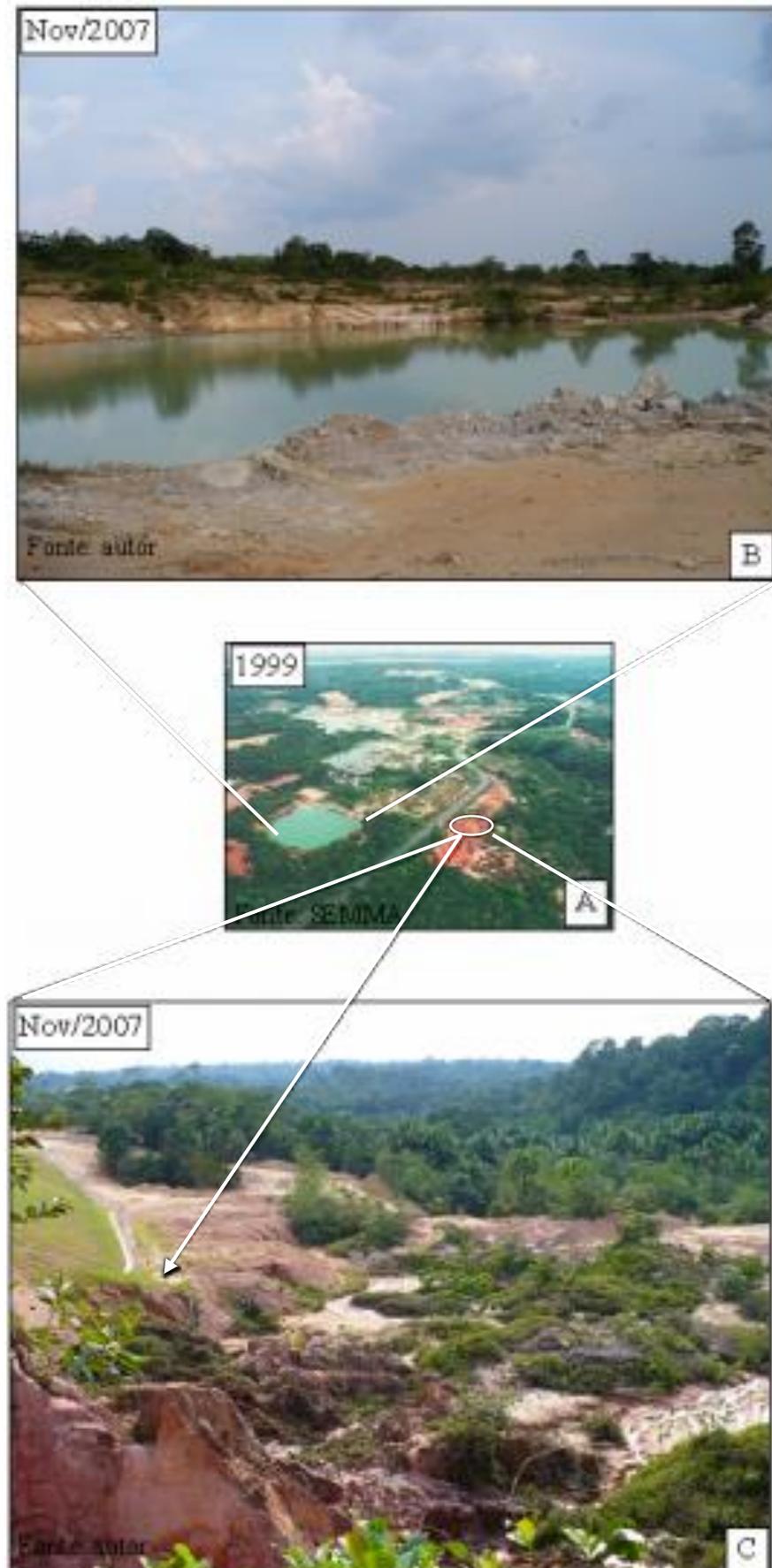


Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2021).

Nota-se a partir do mapa as modificações referentes ao uso do solo na região, com alterações referentes ao uso da terra, com presença de solo exposto. No entanto, nos anos seguintes, de 2014 e 2020, nota-se o crescimento de vegetação secundária que ocupa a maior parte da área da Cachoeira Alta do Tarumã e modifica de forma significativa a sua paisagem.

Um dos principais fatores a serem destacados sobre a região da Cachoeira Alta do Tarumã é que em décadas passadas sofreu com problemas oriundos da extração mineral irregular, que segundo Cardoso (2008) impactou de forma significativa os recursos hídricos da região (figura 15).

Figura 15 - Extração de arenito interdita em 1989 e não recuperadas no bairro Tarumã, Manaus-AM



Fonte: CARDOSO (2008, p. 28).

Visto que, o Amazonas dispõe de inúmeras reservas minerais, algumas de classe mundial. A atividade mineral foi intensificada no final da década de 60 com a implantação da Zona Franca de Manaus – ZFM (OLIVEIRA, 2020; CARDOSO, 2008).

Desse modo, para Milanez (2017) a forma mais utilizada para a extração mineral tem a sua ocorrência através das minas a céu aberto. A sua instalação tem o início com a retirada da cobertura vegetal da região. Essas intervenções podem ocasionar processos erosivos contínuos, supressão da vegetação e assoreamento dos cursos d'água (QUEIROZ et al. 2020).

Log, assentando-se sobre Oliveira (2020) entende-se que, a atividade de mineração é caracterizada pela apropriação aos recursos naturais. Ela modifica o meio natural e provoca grandes impactos ambientais negativos.

4.1.1 Verificação dos resultados do Protocolo de Avaliação Rápida – PAR

Para verificar ações antrópicas relacionadas a expansão da zona oeste da cidade de Manaus e os impactos na qualidade da água da área protegida foi realizada a aplicação do Protocolo de avaliação rápida - PAR, no dia 03 de junho de 2021 (segundo campo) em trechos do Igarapé Tarumã-Açu, bairro Tarumã, zona oeste de Manaus-AM.

Assentando-se sobre os parâmetros de Callisto et al. (2002), evidenciou-se que os pontos P1a e P3, encontram-se classificados em situação ambiental como pontos naturais. Em contrapartida, notou-se que os pontos P1b e P2 encontram-se classificados como pontos impactados (tabela 3).

Tabela 3 - Classificação e pontuação do Protocolo de Avaliação Rápida do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM

Parâmetros	P1a	P1b	P2	P3
Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	2	0	0	4
Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	2	2	4	4
Alterações antrópicas	2	0	0	2
Cobertura vegetal no leito	4	0	0	4
Odor da água	4	4	2	2
Oleosidade da água	4	2	4	4
Transparência da água	4	0	2	0
Odor do sedimento (fundo)	4	4	2	2
Oleosidade do fundo	4	4	4	4
Tipo de fundo	2	2	2	4
Tipos de fundo	3	2	0	2
Extensão de rápidos	3	0	0	5
Frequência de rápidos	5	0	0	5
Tipos de substrato	0	0	0	0
Deposição de lama	5	0	0	5
Depósitos sedimentares	2	0	0	5
Alterações no canal do rio	2	0	0	3
Características do fluxo das águas	5	3	2	5
Presença de mata ciliar	3	0	0	3
Estabilidade das margens	3	2	3	5
Extensão de mata ciliar	2	0	0	3
Presença de plantas aquáticas	0	0	0	0
Total	65	25	25	71
Pontuação segundo Callisto et al. (2002)	> 61	0 - 40	0 - 40	> 61
Situação ambiental	Natural	Impactado	Impactado	Natural

Elaborada por: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

No trecho que foi classificado como ponto P1a, observou-se a ocupação das margens do corpo d'água com a presença de vegetação ripária natural, com erosão moderada. As alterações antrópicas observadas são decorrentes de ações domésticas relacionadas ao lixo e esgoto (figura 16).

Figura 16 - Alterações antrópicas decorrentes do uso doméstico no ponto 1a do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Salienta-se ainda, que no ponto P1a não foi possível sentir odor no curso d'água e nem observar a presença de oleosidade. Visto que, suas águas são transparentes com fundo arenoso. A partir da observação desses parâmetros foi alcançada a pontuação de 32 (trinta e dois) nos parâmetros de 1 (um) à 10 (dez) com a distribuição de pontos de 0 (zero) à 4 (quatro).

Em se tratando dos parâmetros de 11 (onze) à 22 (vinte e dois), com pontuação de 0 (zero) à 5 (cinco), pode-se apontar, que o primeiro observado foi o seu tipo de fundo. Notou-se que, o ponto é caracterizado por possuir habitats diversificados, adequados para a manutenção das populações e dos organismos aquáticos.

A extensão de rápidos é caracterizada como rápidos com a largura igual ao curso, mas com o comprimento menor que o dobro da largura do canal e com rápidos relativamente frequentes em todo o trecho (figura 17).

Figura 17 - Observação da largura do curso d'água do ponto 1a que desagua no canal principal do ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

O tipo de substrato encontrado é o de fundo arenoso, com deposição de areia entre 0 e 25% no seu fundo e deposição moderada entre 30 e 50% nas margens do curso d'água. Nota-se alguma modificação nas duas margens, entre 40 a 80% com fluxo relativamente igual em toda largura do ponto. Salienta-se ainda, a inexistência de plantas aquáticas neste ponto.

Um fator importante a ser destacado, é que a presença de mata ciliar observada é caracterizada com 70 e 90% de vegetação nativa. Entretanto, aponta-se o desflorestamento evidente na margem direita do curso, afetando o desenvolvimento da vegetação. Com margens moderadamente estáveis e pequenas áreas de erosão. A vegetação deste ponto também sofre influência antrópica.

À vista de todos os parâmetros qualificados de 11 (onze) à 22 (vinte e dois), foram contabilizados 33 (trinta e três) pontos, que somados com os 32 (trinta e dois) pontos anteriores, resultam em uma contabilização final de 65 (sessenta e cinco) pontos. Logo, estes pontos qualificam o primeiro corpo hídrico - P1a como um trecho de situação ambiental natural.

No trecho do Igarapé Tarumã-Açu, que foi identificado como ponto P1b, observou-se a ocupação das suas margens por residências e comércios, com processos erosivos e alterações

antrópicas de origem urbana (figura 18). Isto, a partir da observação de uso do curso d'água por atividades domésticas referentes ao esgoto despejado no corpo hídrico, presença de lixo e das obras de drenagem que foram realizadas neste canal, que alteraram o seu curso.

Figura 18 - Erosão moderada e ações antrópicas no ponto 1b do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A cobertura vegetal no leito do rio foi caracterizada como ausente. Não foi possível sentir odor no curso d'água e nem no seu sedimento do fundo. Entretanto, observou-se a presença de oleosidade na superfície do corpo hídrico, tendo o fundo do tipo lamoso.

Apointa-se ainda, que suas águas possuem coloração turva e amarelada, com a presença de materiais em argila em suspensão, alcançando assim, a pontuação de 18 (dezoito) nos parâmetros de 1 (um) à 10 (dez) com pontos de 0 (zero) à 4 (quatro).

O tipo de fundo do corpo hídrico foi classificado como de 10 a 30% de habitats diversificados. Visto que, apresenta disponibilidade de habitats insuficientes com substratos modificados de forma constante. Enfatiza-se que, o curso não possui extensão de rápidos, com lâmina d'água lisa, fundo com mais de 75% de cobertura por lama, decorrentes de grandes depósitos de sedimentos.

Desse modo, observou-se que, as margens do P1b estão acima de 80% modificadas com um o desflorestamento acentuado, ocasionando assim, em margens instáveis com risco elevado de erosão durante enchentes. Percebeu-se que esse ponto sofre intensa influência antrópica, o que interfere na largura da vegetação riparia que alcança menos que 6 m.

Por fim, foi analisada a ausência de vegetação aquática no leito do canal. E assim, foram somados mais 7 (sete) pontos aos 18 (dezoito) dos parâmetros anteriores, que gera um somatório de 25 (vinte e cinco) pontos, demonstrando que esse trecho do Igarapé Tarumã-Açu é classificado como impactado, de acordo com os parâmetros preestabelecidos por Callisto et al. (2002).

No trecho do Igarapé Tarumã-Açu, que foi identificado como ponto P2, a partir dos parâmetros de 1 (um) à 10 (dez) com pontuações de 0 (zero) à 4 (quatro), percebeu-se assim como o ponto anterior, a ocupação das suas margens por residências e comércios.

No entanto, o que difere esse ponto dos anteriores é a observação da ausência em erosão decorrente da existência de uma contenção denominada de gabião ou cestão, na qual malhas de arames galvanizados são dispostos nas margens do trecho do igarapé e preenchidos com rochas resistentes. Desse modo, foi possibilitado a integração dessas rochas ao meio e essas margens tornaram-se permeáveis e com erosão controlada (figura 19).

Figura 19 - Estrutura de gabião nas margens do ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

As alterações antrópicas existentes nesse trecho são oriundas do processo de urbanização da área. Isto, a partir da observação de uso do curso d'água por atividades domésticas e comerciais, que lançam o esgoto e resíduos diversos no corpo hídrico, alterando a sua qualidade ambiental (figura 20).

Figura 20 - Lançamento de esgoto no ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Pontou-se a ausência de cobertura vegetal no leito do igarapé e de oleosidade superficial e no fundo da água. No entanto, observou-se que o corpo hídrico possui um odor forte, caracterizado como esgoto (ovo podre) tanto na superfície, quanto no fundo do curso d'água. O tipo de fundo encontrado foi o de areia, totalizando 20 (vinte) pontos nos primeiros 10 (dez) parâmetros analisados.

Em seguida, ao analisar os parâmetros de 11 (onze) à 22 (vinte e dois) com pontuações de 0 (zero) à 5 (cinco) averiguou-se que o ponto P2 possui ausência de habitats com substrato instável para fixação dos organismos.

Salienta-se ainda, a não existência de extensão de rápidos ou corredeiras. Além, de possuir seu substrato de fundo com a presença de areia e pedregosidade (figura 21) que cobre mais de 75% do corpo hídrico.

Figura 21 - Substrato do fundo do corpo hídrico do tipo pedregoso e arenoso no ponto 2 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A modificação de suas margens é evidenciada por muitas construções antrópicas e pelo acentuado desflorestamento do recorte. Dessa forma, suas margens são moderadamente estáveis e a largura da vegetação ripária é caracterizada pela ausência devido a intensa atividade antrópica. Por fim, menciona-se que, não existe vegetação aquática no leito deste igarapé, alcançando apenas mais 5 (cinco) pontos entre os parâmetros observados.

A partir de todos os parâmetros analisados e com a somatória dos 20 (vinte) pontos iniciais e 5 (cinco) finais, tem-se o total de 25 (vinte e cinco) pontos o que caracteriza o trecho denominado de P2 como um trecho impactado, assim como o P1b.

O último Protocolo de Avaliação Rápida – PAR, foi aplicado na Cachoeira Alta do Tarumã, que também faz parte do Igarapé Tarumã-Açu e que está a jusante dos pontos de coletas e análises anteriores. Esse trecho foi identificado como ponto P3.

A partir dos parâmetros preestabelecidos pro Callisto et al. (2002) de 1 (um) à 10 (dez) com pontuações de 0 (zero) à 4 (quatro), observou-se que, a ocupação das margens do recurso hídrico por área de vegetação natural e secundária.

No entanto, destaca-se a presença da estrutura da ponte (figura 22) da Av. do Turismo (Estrada do Tarumã), que está em constantes uso e modificações decorrentes de obras públicas de recapeamento e duplicação da via.

Figura 22 - Ponte de acesso à Cachoeira Alta do Tarumã – P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Não foi possível notar processos erosivos nas margens da cachoeira, e as ações antrópicas observadas são de origem doméstica de esgoto e lixo advindos do montante especificamente, dos pontos P1a, P1b e P2 e ações passadas de extração mineral foram realizadas no próprio ponto.

A cobertura vegetal do leito é caracterizada como parcial, sem a presença de oleosidade, o tipo de fundo observado foi de rochas, denominado como pedregoso (figura 23). No entanto, o curso d'água possui coloração com material argiloso em suspensão caracterizando a água como amarelada e turva e com a presença de odor forte de esgoto. Somando assim, 30 (trinta) pontos para os primeiros parâmetros observados.

Figura 23 - Fundo pedregoso na Cachoeira Alta do Tarumã - P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: COLARES, Isabela Soares (2021).

Ao se tratar dos parâmetros de 11 (onze) à 22 (vinte e dois) com pontuação de 0 (zero) à 5 (cinco), averiguou-se a presença de cerca de 10 a 30% de habitats diversificados, mas com

disponibilidade de habitats insuficiente em decorrência da frequência de modificação dos substratos.

A extensão de rápidos foi observada e pontuada como bem desenvolvidos e frequentes (figura 24). notou-se a presença de canalização próxima a construção da ponte de acesso ao lugar e com fluxo relativamente igual em todo o curso d'água.

Figura 24 - Queda d'água da Cachoeira Alta do Tarumã - P3 do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM



Fonte: COLARES, Isabela Soares (2021).

Pontuou-se a presença de vegetação riparia nativa, com desflorestamento evidente, mas com mínima influência antrópica, não afetando o desenvolvimento da vegetação com a estabilidade das margens observadas como estáveis e a não existência de vegetação aquática, somando-se mais 41 (quarenta e um) pontos nos parâmetros observados, totalizando 71 (setenta e um) pontos e caracterizando a Cachoeira Alta do Tarumã – P3 como um ambiente natural.

4.2 Características físico-químicas

As amostras foram coletadas no período de cheia dos rios amazônicos e com intensidade de chuvas nessa região. Desse modo, as duas coletas iniciais foram realizadas às 8h30 e 8h31 nos pontos 1a 1b com condições do tempo parcialmente nubladas, sem a presença de vento. As coletas seguintes foram realizadas às 9h16 e 9h59 nos pontos 2 e 3 com as condições do tempo nubladas, também sem a presença de vento.

De acordo com Oliveira e Nunes (2015) o aumento no nível do rio, em decorrência das chuvas, tende a descaracterizar os corpos hídricos alterando, principalmente, sua coloração, o fluxo hídrico, a quantidade de sedimentos nos leitos.

Os primeiros parâmetros observados e anotados na hora de coleta, foram: a condição do tempo, a ocorrência de ventos e a sua direção, a temperatura do ar, a luminosidade, a umidade do ar, a cor do curso d'água e a rugosidade (tabela 4).

Tabela 4 – Resultado dos primeiros parâmetros da análise físico-química da água do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM

Ponto	T Ar	LU X	RH		
			(%)	Cor	Rug ³
1a	30,2	11.600	71,8	Transparente	Corrente
				Amarelada e	
1b	34,6	20.000	64	turva	Lisa
2	32,7	20.000	70	Acinzentada	Lisa
				Amarelada e	
3	30,8	12.400	84	turva	Corrente

Elaborada por: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

A temperatura do ar variou entre 30,2°C e 34,6°C e luminosidade dos pontos P1b e P2 foram maiores que 20.000, máximo quantificado na ferramenta do luxímetro. Ao se tratar da umidade, destaca-se que, não houve grandes variações, visto que, o mínimo valor verificado foi de 64% no trecho P1b e o máximo foi de 84% no trecho da Cachoeira Alta do Tarumã, P3. Salienta-se que, esses parâmetros de temperatura do ar e umidade são considerados normais para a região.

Analisando o parâmetro da cor de forma visual dos corpos hídricos, observou-se três denominações encontradas: a cor transparente no trecho P1a, cor amarelada e turva com

materiais argilosos em suspensão nos trechos P1b e P3 e coloração acinzentada no curso d'água P2.

Salienta-se ainda, que a rugosidade dos corpos hídricos foi avaliada também de forma visual, tendo como resultados dois cursos com rugosidades lisas: P1b e P2 e dois cursos d'água com rugosidades correntes, pontos P1a e P3.

A tabela 5 apresenta a análise dos parâmetros de transparência, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais, temperatura da água e profundidade de cada ponto.

Tabela 5 – Resultado dos parâmetros finais da análise físico-química da água do Igarapé Tarumã-Açu, Manaus-AM

Ponto	SD - cm	NTU	pH	OD	CE	TDS	TA (°C)	Prof. Total.
	Transp.							
1a	até fundo	5,71	5,61	3,4	94	47	27,15	30 cm
1b	Turva	43,73	5,9	1,68	111	55	26,24	1 m
2	Turva	18,17	6,74	1,26	314	157	27,74	30 cm
3	Turva	56	6,73	0,7	147	74	27,86	30 cm

Elaborada por: SOUZA, Bianca Silva de (2021).

Averiguou-se a transparência até o fundo no trecho P1a e os demais pontos P1b, P2 e P3 foram caracterizados como corpos hídricos com águas turvas. A turbidez foi discrepante entre os pontos coletados e que todos estão acima do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2006d) que é de 5,0 NTU para água consumível (tabela 5).

À vista disso, aponta-se os valores de 5,71 NTU no trecho P1a, 43,73 NTU no trecho P1b, 18,17 UNT no trecho P2 e 56 UNT no trecho P3 na Cachoeira Alta do Tarumã. Essa variável pode ser atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão. Desse modo, é reduzido a transparência da água e é diminuída a transmissão de luz no meio (FIGUR; REIS, 2007).

O Potencial Hidrogeniônico - pH não sofreu grandes alterações de um ponto para o outro, sendo averiguado os valores de 5,61 mV/pH no P1a, 5,9 mV/pH no P1b, 6,74 mV/pH no P2 e 6,73 mV/pH no P3, demonstrando a presença de acidez nos corpos hídricos e a distância das condições naturais dos cursos d'água. Um dos principais fatores que propiciaram tais resultados é a elevada carga orgânica oriunda do lançamento de resíduos domésticos e esgoto

nos corpos hídricos P1a, P1b, P2 que estão a montante do P3 e que influenciam de forma significativa esse ponto de estudo.

O valor do pH da água segundo observado em Brasil (2006d) varia de 0 a 14. Abaixo de 7 é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. Quanto mais próxima de 0 maior é a acidez da água. Em igarapés localizados em áreas urbanas (por exemplo, Manaus), observa-se que existem áreas críticas devido às maiores cargas orgânicas lançadas nesses corpos d'água, serem de menor porte (ANA, 2012).

Ao se tratar do parâmetro do oxigênio dissolvido, aponta-se uma modificação significativa na Cacheira Alta do Tarumã (P3). À vista disso, destaca-se que anterior a essa análise ocorreu precipitação, que pode ter influenciado na redução do oxigênio do corpo hídrico.

Dessa forma, tem-se como resultados de 3,4 mg/L no trecho P1a, 1,68 mg/L no trecho P1b, 1,26 mg/L no trecho P2 e 0,7 mg/L no trecho P3. A condutividade elétrica dos pontos coletados variou de 94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P1a até 314 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P2, tendo o resultado de 111 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P1a e 147 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no P3. Desse modo, compreende-se que, tais pontos apresentam uma alta interferência antrópica.

Os resultados obtidos na análise e averiguação dos sólidos dissolvidos totais, foram de 47 mg/L no P1a, 55 mg/L no P1b, 157 mg/L no P2 e 74 mg/L no P3. A temperatura não sofreu grandes variações, sendo anotadas e observadas as seguintes temperaturas: 27,15 °C no P1a, 26,24 °C no P1b, 27,74 °C no P2 e 27,86 no P3.

Segundo Brasil (2006d) a temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc. Para Figur e Reis (2017) essa variável pode ser considerada a mais relevante em se tratando do meio aquático. Visto que, influencia outros parâmetros físico-químicos da água.

A profundidade de cada corpo hídrico analisado foi averiguada de forma visual e aponta-se que ela variou de 30 cm nos trechos P1a, P2 e P3 até 1 m no trecho P1b. Por isso, a partir de todos os resultados obtidos compreende-se que, o monitoramento da qualidade da água é uma sugestão para trabalhos futuros, de forma a contribuir com o levantamento dos múltiplos usos da bacia (NEVES et al. 2020).

4.3 Ações antrópicas sobre a Cachoeira Alta do Tarumã

Como acontece nas amplas cidades brasileiras, a inexistência do planejamento urbano de forma sistêmica atrelado a ausência de controle do crescimento da cidade, ocasionaram sérios problemas ambientais (NOGUEIRA; SANSON; PESSOA, 2007).

Dessa forma, Souza Filho et al. (2020) aponta que a cidade de Manaus vive um paradoxo entre a abundância das águas e a degradação e poluição águas urbanas. Nota-se que os empreendimentos de condomínios residenciais de alto padrão estão entre os responsáveis por alguns dos impactos, que na maioria das vezes não respeitam as regras relativas à proteção das áreas de Áreas de Preservação Permanente – APP (NASCIMENTO, 2009).

Além disso, ocasionam descobrimento do solo, remoção da camada fértil, assoreamento dos recursos hídricos através do processo de terraplenagem sem os cuidados técnicos adequados para as Estações de Tratamento de Efluentes - ETE's, afugentamento de fauna, geração de ruídos e vibrações pela operação da usina de concreto e movimentação de máquinas, disposição de resíduos da construção e efluentes no local da obra, entre outros (COSTA et al. 2012).

Segundo Bringel; Cunha e Cabral (2010) parte dos afluentes do rio Tarumã-Açu está com algum tipo de contaminação incluindo, as Cachoeiras do Tarumã, que estão contidas dentro do Corredor Ecológico, mas que, sofrem com tais contaminantes advindos de regiões próximas e mais distantes.

Por sua vez, as intervenções na Área de Proteção Permanente – APP, na bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu e no Corredor Ecológico, conforme aponta Melo (2017), ocasionam sérios problemas ambientais. Como os observados nos trechos P1a, P1b, P2 do Igarapé Tarumã-Açu, que caracterizam a região como uma área de vulnerabilidade socioambiental.

Além, da observação do despejo inadequado de resíduos oriundos de esgoto doméstico no solo e na água dos pontos pesquisados, destaca-se que foram muitas as modificações que ocorreram e que ainda podem ocorrer ao decorrer dos anos nessa região se medidas intervencionistas não forem tomadas.

A partir de Queiroz et al. (2020) nota-se que, a prática negligente do descarte incorreto de lixo e resíduo provoca desconforto visual, o risco socioambiental, atrai vetores transmissores de doenças, ocasionam a contaminação da água e degradação do meio.

Na Cachoeira Alta do Tarumã – P3, o conjunto de poluentes orgânicos e inorgânicos são advindos de montante, os quais menciona-se os trechos P1a, P1b e P2. Dessa forma, os poluentes se acumulam de forma gradativa na Cachoeira Alta e percorrem até a foz.

Segundo Santana e Barroncas (2007) esse ocorrido causa alterações drásticas nas características físicas da água e se agrava no período da vazante, onde a água assume uma coloração amarela e tem o aumento nos seus materiais em suspensão.

Considera-se a partir da lei n. 6.938/1981, que o meio ambiente é visto e tido como um patrimônio público, que deve ser assegurado e protegido para o uso coletivo da sociedade. Por isso, analisa-se a necessidade da efetivação de políticas públicas que são responsáveis pela área da Bacia, do Corredor Ecológico, da Cachoeira Alta do Tarumã, para fins de trabalhar meios de gerir os cursos d'água existentes na região de estudo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, através da realização da pesquisa do Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia, que foi intitulada “Impactos ambientais e a qualidade dos recursos hídricos: uma análise sobre a Cachoeira Alta do Tarumã (Manaus-AM), analisou-se que, a área que abrange a Cachoeira Alta do Tarumã situada dentro do Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã, encontra-se antropizada e abandonada pelo poder público.

Desse modo, aponta-se como um dos fatores principais para as transformações ocorridas, o aumento significativo da população nas últimas décadas na região oeste da cidade de Manaus-AM.

No entanto, é importante mencionar acerca das alterações decorrentes do marco histórico de atividades de origem autóctone (da região), a partir da extração ilegal de mineração na região da Cachoeira Alta do Tarumã, que gerou o assoreamento no leito do curso d’água e intensificou processos erosivos na área estudada, propiciando alterações na qualidade dos recursos hídricos

Através dos parâmetros da qualidade da água que foram utilizados para a análise físico-química, foram verificados impactos ambientais negativos oriundos de ações alóctones (de outras regiões), advindos dos trechos analisados P1a, P1b e P2 (fora do Corredor Ecológico), que estão em constante processo de crescimento urbano e que, estão localizados à montante da Cachoeira Alta do Tarumã (P3)

Observou-se nos pontos 1a, 1b e 2, usos diversos de cunho residencial, comercial e de serviços, que ocasionaram a supressão da vegetação, que é substituída por vegetação secundária na qual capoeiras e capoeirões constituem a nova fisionomia de sucessão vegetal. Além, da notória degradação e modificação nos recursos hídricos com o lançamento de efluentes domésticos diretamente ao corpo hídrico dos pontos 1a, 1b e 2.

As consequências dos referidos impactos ambientais negativos associadas a falta de disciplinamento do uso e ocupação do solo e à falta de gerenciamento do uso dos recursos hídricos têm interferido diretamente na sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu e do Corredor Ecológico das Cachoeiras do Tarumã, que são recortes amparados por lei.

Notou-se que, a Cachoeira Alta do Tarumã possuiu alguns projetos de revitalização, mas que não conseguiram êxito e nem mudanças na real situação do lugar. Com isso, os ecossistemas existentes dentro deste ambiente encontram-se vulneráveis e propícios a impactos ainda maiores.

Dessa forma, observa-se a necessidade de incentivos à pesquisa e ao estudo de áreas protegidas, que trabalhem ações para a proteção dos recursos ambientais, o acompanhamento da qualidade ambiental, a recuperação de áreas degradadas, a proteção de áreas ameaçadas de degradação e a educação ambiental, como deveria ocorrer na prática, na área das Cachoeiras do Tarumã.

Portanto, analisa-se que são necessárias efetivações de políticas públicas e ambientais com a realização de ações urgentes para minimizar os impactos negativos existentes nesta região. Destaca-se ainda a necessidade de fiscalização e implementação de medidas que solucionem problemáticas referentes ao uso do solo, e também, o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais existentes no recorte espacial para que ocorra a proteção dos ecossistemas e o controle e zoneamento das atividades poluidoras.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. C. de. **Análise geocológica da paisagem de várzea na Amazônia Central: um estudo estrutural e funcional no Paraná de Parintins-AM**. 2012. 224f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ALMEIDA, S. R. V. de. A criança como agente de mudança para a preservação do meio ambiente em Tarumã-Açu Manaus (Amazonas). **Revista Amazônica de Psicopedagogia, Psicologia escolar e Educação**, v. 13, n. 2, jul./dez, 2021, p. 434-451. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/amazonica/article/view/9061>. Acesso em: 12 maio 2021.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, 2007, p. 303-308. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200019>. Acesso em: 10 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Agência Nacional das Águas**. Brasília: ANA, 2011, 326p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA). **Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil. **Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2012, 264p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. **Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2013, 265p.

BRASIL. **Resolução Conama n.º. 001, de 23 de janeiro de 1986**. Regulamenta o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília: DF, 1986.

BRASIL. **Resolução Conama n.º. 357, de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2005, p. 58-63.

BRASIL. **Lei n.º. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: DF, 1997, 470p.

BRASIL. **Lei n.º. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília: DF, 1981.

BRASIL. **Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Ministério do Meio Ambiente. SNUC Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente.** Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: DF, MMA, 2006a, 124p.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente.** Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: DF, MMA, 2006b, 74p.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente.** Plano Nacional de Áreas Protegidas - PNAP. Brasília: DF, MMA, 2006c.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água.** 2. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006d, 150p.

BRITO, F. **Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas.** 2. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2012. 264p.

BRINGEL, S. R. B.; CUNHA, H. B.; CABRAL, F. N. **Estudo das variáveis físico-química, química e bacteriológica das Bacias Hidrográficas do São Raimundo, Educandos e Tarumã.** Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 2010.

BÜHRING, R. **Estudo da Dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Tarumã, Manaus-AM.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Manaus, 2010.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, 2002, p. 91-98. Disponível em: https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents. Acesso em: 20 maio 2021.

CARDOSO, M. J. S. **Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental da região de Manaus-AM.** 2008. 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de Brasília: UnB-IH-GEA, 2008.

COLARES, I. S. et al. Uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu. Boletim da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu. Monitoramento das águas do rio Tarumã-Açu por sensoriamento remoto, **Geotecnologias e Análise da Paisagem – GEOTAP**, n. 2. ago, 2019, p. 1-2.

COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterização física das Bacias Hidrográficas na região de Manaus (AM). **Caminhos da Geografia: Uberlândia**, v. 14, n. 46, 2013. p. 93-100. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/19846/12812>. Acesso em: 10 maio 2021.

COSTA, F. E. V. **Uma experiência amazônica de gestão dos recursos hídricos: a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus - AM - Brasil.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2011.

COSTA, J. et al. Conflitos na Área de Preservação Ambiental Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim: proteger para quem? VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2. Fortaleza, 2012, p. 1-5. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54081/1/Agroecologia-Joanne>. Acesso em: 15 jul. 2020.

DAGNINO, R. de S. CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e estudos da paisagem: Rio Claro**, v. 2, n. 2, jul./dez. 2007, p. 50-87. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32431310/Risco/Ambiental/Conceitos/e/Aplicacoes> with. Acesso em: 12 jul. 2021.

DAMASCENO, S. B. **Reestruturação do comitê de bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus, AM.** 2018. 82f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA). Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018.

FERREIRA, A. R. A. S. **Gestão de recursos hídricos no Estado do Amazonas: uma análise comparativa.** 2008. 87f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública). Rio de Janeiro: FGV, p. 114, 2008.

FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Ciência e Natura: Santa Maria** v. 39 n. 2, mai./ago. 2017, p. 352-365. Disponível em: Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467551029013>. Acesso em: 12 jul. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2010.** Características da população e domicílios: resultados do universo. Manaus: AM, IBGE, 2010.

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica amazônica. **Revista GEONORTE**, v. 1, n. 1, 30 nov. 2010, p. 71 – 89. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1117/1009>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MAIA, M. A. M. **Geodiversidade do estado do Amazonas.** MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (Orgs.). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. CPRM, Manaus, Amazonas, 2010. 275p.

MAIA, S. A. et al. Caracterização e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. Boletim da Bacia Hidrográfica do Rio do Tarumã-Açu. Monitoramento das águas do rio Tarumã-Açu por sensoriamento remoto. **Geotecnologias e Análise da Paisagem – GEOTAP**, n. 1, jul., 2019, p. 1-3.

MANAUS. **Decreto n.º. 0022, de 04 de fevereiro de 2009.** Diário Oficial da Prefeitura de Manaus. Poder Executivo, N.º 2140, Ano X. Disponível em: semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/Decreto-022-de-04-de-fevereiro-de-2009.pdf. Acesso em: 13 mar. 2020.

MANZATO, A. J.; SANTOS, A. B. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa.** Departamento de Ciência da Computação e Estatística. Universidade Federal de Santa Catarina, São José do Rio Preto, 2012.

MELO, S. F. S. **Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: o Caso da Bacia do Tarumã-Açu.** 2017. 110f. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC. Rio de Janeiro: RJ, 2017.

MELO, S. F. S.; ROMANEL, C. **Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: O Caso da Bacia do Tarumã-Açu. 29º Encontro Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.** Associação dos Engenheiros da Sabesp. São Paulo: AESABESP, 2018. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/04/9640.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

MENEGUZZO, I. S; CHAICOUSKI, A. **Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. Geografia: Londrina,** v. 19, n. 1, 2010, p. 181-185. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em: 7 jul. 2021.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável:** Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002, p. 33-38. Disponível em: https://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso em: 7 abr. 2021.

MILANEZ, B. **Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. Boletim Regional, Urbano e Ambiental. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea,** v. 16, 2017, p. 93-101. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7936>. Acesso em: 29 set. 2020.

NASCIMENTO, W. H. S. **Impactos Ambientais provocados pela implantação de loteamentos urbanos na Área de Proteção Ambiental Tarumã/Ponta Negra no Município de Manaus (AM).** 2009. 156f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências do Ambiente). Manaus: UFAM, 2009.

NEVES, R. K. R. et al. **Multiple uses of water in the Puraquequara River Basin, Manaus, Amazonas. Research, Society and Development,** v. 9, n. 12, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11060>. Acesso em: 21 jun. 2021

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. Anais XIII do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto:** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.45/doc/5427-5434.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2021.

OLIVEIRA, F. M.; NUNES, T. S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza online**, fev./abr. v. 13, n. 2, 2015. p. 86-91. Disponível em: - <http://www.naturezaonline.com.br>. Acesso em: 24 maio 2021.

OLIVEIRA, J. F. de. **Monitoramento dos impactos ambientais causados pela extração de areia na região metropolitana de Manaus**. 2020. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, 2020.

QUEIROZ, M. S. et al. Expedição Mindu: análise geográfica do igarapé do Mindu. In: ALBUQUERQUE; C. C.; BATISTA, I. H. (Orgs.). **Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. Boa Vista: Editora da UFRR, v. 1, 2019. p. 922-930.

RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Belo Horizonte, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, jan./abr. 2016, p. 134-150. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/>. Acesso em: 2 mar. 2020.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo dos metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu (AM). Manaus: **Acta Amazônica**, n. 37, 2007. p.111-118. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000100013>. Acesso em: 2 mar. 2020.

SOUSA, D. V. de S. O conceito de impacto ambiental no quadro do conceito de sustentabilidade. **Caminhos de Geografia: Uberlândia**, v. 7, n. 19, 2006, p. 126-129. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15494>. Acesso em: 19 mar. 2021.

SOUZA FILHO, E. A. et al. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. **Revista Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, 2020. p. 2419-2433. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/6156>. Acesso em: 8 jul. 2021.

VASCONCELOS, M. A.; COSTA, L. A.; OLIVEIRA, M. A F. Estudo da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, Amazonas, utilizando imagens de radar. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE, João Pessoa: PB, 25 a 29 de abril de 2015, p. 6459- 6466. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1403.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.