

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA - AM

MANAUS – AM
2018

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA- AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Amazonas (ProfÁgua), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Ieda Hortêncio Batista

MANAUS - AM
2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

N518s	Neves, Renato Kennedy Ribeiro Subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Puraquequara - AM / Renato Kennedy Ribeiro Neves. Manaus : [s.n.], 2018. 106 f.: color.; 15 cm. Dissertação - Mestrado Profissional em gestão e regulação de recursos hídricos - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018. Inclui bibliografia Orientador: Batista, Ieda Hortêncio 1. Bacias Hidrográficas. 2. Rio Puraquequara. 3. Recursos Hídricos. I. Batista, Ieda Hortêncio (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Puraquequara - AM
-------	---

RENATO KENNEDY RIBEIRO NEVES

SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA (AM)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Amazonas (ProfÁgua), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Aprovada em 21 de setembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a): Profa. Dra. Ieda Hortêncio Batista (ENS/UEA)

Examinador (a): Prof. Dr. José Camilo Ramos de Souza (ENS/UEA)

Examinador (a): Profa. Dra. Adoreia Rabelo Albuquerque (UFAM)

MANAUS – AM
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a Jesus Cristo, a São João Bosco e a São Sebastião, esses que em momentos de desânimo me acalmaram por meio das orações; dedico a todos que me ajudaram a construir esta dissertação, em especial a minha avó Delzuita Ribeiro Lemos (in memoriam), sem vocês não seria possível sua concretização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que sempre me incentivou a estudar, em especial minha mãe, Maria Rosária Ribeiro Lemos, que mesmo não tendo condições financeiras em épocas passadas, fomentou meus estudos e me acompanhou por toda minha vida escolar.

Agradeço a Coordenação do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), todos são responsáveis pelo êxito logrado neste trabalho.

Agradeço ao meu pai, senhor Manuel Mamundes das Neves, pelos seus carões, correções e incentivos, sem eles não me tornaria um homem independente e responsável.

Agradeço a minha companheira, mulher, amiga, namorada, mãe do meu filho, Alice Oliveira Martins, por toda a ajuda desde da graduação em Geografia até a finalização deste trabalho, sua paciência foi crucial para me manter calmo e feliz durante esta caminhada.

Agradeço ao meu irmão e Geógrafo Eduardo Papi Lemos das Neves pela ajuda nas atividades de campo; a Professora e amiga Ana Noelia Nates pelas observações e correções desta dissertação; ao Geógrafo Wellington Ferreira pelas visitas técnicas ao longo do Rio Puraquequara.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Ieda Hortêncio, que sempre teve paciência ao me orientar durante o curso, agradeço pelos incentivos de almejar o doutorado e me manter sempre qualificado. Agradeço ao Professor coordenador do mestrado, Dr. Carlossandro Albuquerque, por me orientar antes da qualificação, suas indagações foram de grande importância.

Agradeço aos meus colegas de mestrado: Elton Filho, Lucianni Aguiar, Solange Damasceno, Rodrigo e o Geólogo Isaias Nascimento.

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Puraquequara é a unidade espacial geograficamente localizada na porção leste do município de Manaus. Ao longo da história contemporânea, essa região foi ocupada por pequenos aglomerados populacionais que se espacializaram na região do Baixo Puraquequara. Esse fluxo de expansão, a partir dos anos 2000, se estende para o Médio e Alto Puraquequara. Nessa bacia, inúmeras atividades se desenvolvem como: turismo, recreação, pesca de subsistência e esportiva, manutenção e edificação de balsas de pequeno e grande porte, abatimento e corte bovino, hotéis de selva, agricultura familiar e de autoconsumo. O reconhecimento dessas práticas possibilita identificar os principais atores que usufruem de forma direta ou indireta dos recursos naturais da região. Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo gerar subsídios para o Planejamento e a Gestão dos Recursos Hídricos na bacia hidrográfica do Rio Puraquequara. Para tanto, o estudo caracterizou a dinâmica do Uso e Ocupação da Terra, no período de 2005 a 2016, identificou os Múltiplos Usos da Água e avaliou parâmetros físico-químicos e biológicos em pontos de confluência de usuário. Os resultados mostram que 78,78% da área total da bacia é composta por vegetação primária e que a margem direita apresentou maior alteração nos seus aspectos naturais. Para os Múltiplos Usos de Recursos Hídricos, a unidade espacial comporta, no Alto Curso, atividades de exploração de areia, uso doméstico, barramento para agricultura e piscicultura; no Baixo Puraquequara, os usos foram abastecimento público, navegação, transporte escolar, indústria bovina, indústria naval e agricultura de subsistência. Foi possível obter o Índice de Qualidade da Água (IQA) no período da cheia, com resultados bom, ótimo, regular e ótimo, nos pontos Igarapé do Boa Vista, Igarapé do Mainã, Frigorífico e Estaleiro, respectivamente. Dessa forma, a bacia do Rio Puraquequara apresentou resultados positivos para os indicadores avaliados, porém é fundamental dar continuidade aos estudos sendo necessário realizar o monitoramento do Uso e Cobertura da Terra, expansão dos usos da água e principalmente a sua qualidade, pois estas informações subsidiam o Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos e alertam os atores sociais que usufruem do seu espaço.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas; Rio Puraquequara; Recursos Hídricos

ABSTRACT

The Puraquequara River basin is the geographically located space unit in the eastern portion of the municipality of Manaus. Throughout contemporary history, this region was occupied by small population clusters that were spatialized in the Lower Puraquequara region, this flow of expansion, from the years 2000, extends to the Middle and Upper Puraquequara. In this basin, innumerable activities are developed such as: tourism, recreation, subsistence and sport fishing, maintenance and construction of small and large ferries, cattle slaughtering and cutting, jungle hotels, family farming and self-consumption. The recognition of these practices makes it possible to identify the main actors who directly or indirectly benefit from the region's natural resources. In this context, the research aims to generate subsidies for the Planning and Management of Water Resources in the Puraquequara River basin. For this, the study characterized the dynamics of Land Use and Occupancy, from 2005 to 2016, identified the Multiple Uses of Water and evaluated physical-chemical and biological parameters at points of user confluence. The results show that 78.78% of the total area of the basin is composed of primary vegetation and that the right margin showed the greatest change in its natural aspects. For the Multiple Uses of Water Resources, the space unit comprises, in the high course, activities of exploration of sand, domestic use, bus for agriculture and pisciculture; in the low Puraquequara, the uses were public supply, navigation, school transport, bovine industry, naval industry and subsistence agriculture. In the evaluation of the water quality, the areas of confluence investigated showed, respectively, for Water Quality Index (IQA), good, optimum, regular and optimal results, in the points Igarapé do Boa Vista, Igarapé do Mainã, German Refrigerator and Shipyard DMN. Thus, the Puraquequara River basin presented positive results for the indicators evaluated, but the monitoring of Land Use and Coverage, expansion of water uses and especially its quality should continue, since its studies subsidize the Planning and Management of Water Resources and alert social actors who enjoy their space.

Keywords: Hydrographic Basins; Puraquequara River; Water Resources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração representativa dos múltiplos usos de recursos hídricos em bacias hidrográficas.....	24
Figura 2- Esquema teórico de uma nomenclatura da cobertura terrestre	28
Figura 3- Imagem Landsat 8 do município de Manaus (AM) e a respectiva classificação de cobertura da terra.....	29
Figura 4- Usos múltiplos de recursos hídricos na orla de Manaus, Rio Negro (AM)	34
Figura 5- Múltiplos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco	35
Figura 6- Mapa de localização da Bacia do Rio Puraquequara, Manaus/Amazonas	41
Figura 7- Mapa da rede de amostragem em áreas de confluência de usuários de recursos hídricos da Bacia do Rio Puraquequara (AM)	47
Figura 8- Pontos de amostragem Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2), Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4).....	48
Figura 9- Sonda multiparâmetro HANNA HI 98194 e turbidímetro HANNA HII 93703	49
Figura 10- Objetos utilizados para coleta e armazenagem das amostras: (A) conjunto balde inox e corda; (B) caixa térmica de isopor poliestireno	51
Figura 11- Aplicativo Calculadora IQA.....	52
Figura 12- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2005	54
Figura 13- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2010	56
Figura 14- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2016	58
Figura 15- Comparação do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara entre 2005 a 2016	59
Figura 16- Qualificação do Uso da Terra no Baixo Curso do Rio Puraquequara (AM)	61
Figura 17- Barramento do Igarapé do Boa Vista, afluente da margem direita da Bacia do Rio Puraquequara, região do Coliseu I e II, bairro Distrito Industrial II.....	62
Figura 18- Qualificação do Uso da Terra no Curso Médio da Bacia do Rio Puraquequara (AM).....	64

Figura 19- Predominância da classe de vegetação primária ao fundo, Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara, período da vazante	65
Figura 20- Qualificação do Uso da Terra no Alto Curso da Bacia do Rio Puraquequara (AM)	66
Figura 21- Captação de água superficial por meio de bomba submersa na Comunidade São Francisco do Mainã (margem esquerda), Bacia do Rio Puraquequara (AM).....	71
Figura 22- Escola Municipal São Luiz de Gonzaga, margem esquerda do Rio Puraquequara (AM).....	72
Figura 23- Construção de balsas metálicas na margem direita do Rio Puraquequara, estaleiro DMN Embarcações.....	72
Figura 24- Barcaças de condução bovina para abatimento, região do Baixo Puraquequara.....	73
Figura 25- Casa Flutuante nas proximidades da Comunidade Santa Luzia, margem direita da Bacia do Rio Puraquequara.....	74
Figura 26- Entrada do Hotel Amazon Village Jungle Lodge, margem esquerda do Rio Puraquequara.....	75
Figura 27- Residências no entorno da orla do Rio Puraquequara.....	76
Figura 28- Barramento do Igarapé Água Branca em benefício à agricultura e a criação de peixes no Alto Curso do Rio Puraquequara	77
Figura 29- Afloramento de areia no Alto Puraquequara. A cor esbranquiçada é característica do mineral; o formato alongado e ausência de vegetação indicam área de exploração.....	78
Figura 30- Mapa dos Múltiplos Usos dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Puraquequara.....	79
Figura 31- Gráfico do pH avaliado no período de vazante (NOV/2017) e cheia (ABRI/2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)	83
Figura 32- Gráfico da Condutividade Elétrica avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM).....	85
Figura 33- Gráfico de Sólidos Dissolvidos Totais (STD) avaliado no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)	86
Figura 34- Gráfico do Oxigênio Dissolvido (OD) avaliado no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM).....	87

Figura 35- Gráfico da Temperatura avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM).....	88
Figura 36- Gráfico da Turbidez avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)	89
Figura 37- Gráfico do parâmetro DQO avaliado no período da vazante (2017) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM).....	91
Figura 38- Gráfico do parâmetro DBO avaliado no período cheia (2018), nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)	92
Figura 39 - Gráfico do parâmetro de Coliformes Termotolerantes avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no baixo Puraquequara (AM)	93
Figura 40- Gráfico do parâmetro de Nitrogênio Total (mgN/L) avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)	95
Figura 41- Gráfico do parâmetro do Fósforo Total avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no baixo Puraquequara (AM)	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros e pesos para o cálculo do Índice de Qualidade da Água	38
Tabela 2 - Nível de Qualidade do corpo hídrico.....	39
Tabela 3- Localização dos Pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (AM).....	46
Tabela 4- Quantitativo de área coberta (Km ²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2005	53
Tabela 5 - Quantitativo de área coberta (Km ²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2010.....	55
Tabela 6- Quantitativo de área coberta (Km ²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2016	57
Tabela 7 - Parâmetros Físico-químicos e Biológicos	82
Tabela 8- Valores do IQA (índice da qualidade da água) para a região de confluências do Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2) e Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4), para o período da cheia na bacia do Rio Puraquequara (AM).....	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Usos múltiplos e conflitos decorrentes	33
Quadro 2 - Classificação das águas e usos	37
Quadro 3 - Principais características e aplicações das bandas do sensor TM do satélite Landsat- 5	43
Quadro 4 - Classes de uso e ocupação da terra	44
Quadro 5 - Múltiplos Usos de Recursos Hídricos identificados na Bacia do Rio Puraquequara (AM).....	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ANA – Agência Nacional de Águas
APA – Área de Preservação Ambiental
BHRP – Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara
BHSF – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CBH -P – Comitê de Bacia do Rio Puraquequara
CETESB – Companhia Tecnologia e Saneamento Ambiental
CONAMA – Comitê Nacional de Meio Ambiente
DF – Distrito Federal
ESRI – *Environmental Systems Research Institute*
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto ()
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia
IESA – Índice Espacial de Sustentabilidade Ambiental
INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária
INPA – Instituto de Pesquisas Nacionais da Amazônia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
IQA – Índice de Qualidade de Água
N/A – Não Aplicável
NSF – *National Sanitation Foudation* ()
ONU – Organização das Nações Unidas
PA – PARÁ
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PRH – Planos de Recursos Hídricos
SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo
SIG – Sistemas Informações Geográficas
SINGREH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SP – SÃO PAULO
UCT – Uso e Cobertura da Terra
UTM – Sistema de Coordenadas Planas
WWDR – Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	20
1 BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	20
1.2 INDICADORES DE PLANEJAMENTO INTEGRADO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS...	26
1.3 INDICADORES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	27
1.4 OS MÚLTIPLOS USOS DE RECURSO HÍDRICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	31
1.5 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	36
1.6 MATERIAL E MÉTODOS	40
1.6.1 Mapeamento das classes de uso e ocupação da terra.....	42
1.6.2 Processamento das imagens de satélite e classificação do uso e ocupação da terra .	42
1.6.3 Identificação dos usos múltiplos de recursos hídricos por meio coordenadas geográficas e poligonais	45
1.6.4 Análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de trechos da bacia	46
1.6.4.2 Análise de Campo.....	49
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA DA DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO PERÍODO 2005 A 2016, NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA.....	53
CAPÍTULO III - OS MULTIPLOS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA.....	68
CAPÍTULO IV - QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREAS DE CONFLUÊNCIA DE USUÁRIO.....	82
4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS.....	82
4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	83
4.2 Condutividade Elétrica (CE).....	84
4.3 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).....	85
4.4 Temperatura	88
4.5 Turbidez.....	89
4.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	90
4.7 Coliformes Termotolerantes.....	93
4.8 Nitrogênio Total.....	94
4.9 Fósforo Total.....	95
4.10 Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
REFERÊNCIAS	101

INTRODUÇÃO

Ao longo da sua formação histórica, o espaço brasileiro foi ampliando suas dimensões territoriais, o que permite classificar o Brasil como um país de grande extensão, sendo o quinto maior do mundo, com aproximadamente 8.516.000 Km². Tal área comporta uma rica biodiversidade e inúmeros recursos naturais, destacam-se os corpos hídricos, responsáveis pela vitalidade da população brasileira, o crescimento econômico e manutenção dos ecossistemas.

Os recursos hídricos são compostos por águas superficiais e subterrâneas e têm a missão de manter a economia brasileira em crescimento. Essa afirmativa é aceitável por conta da dependência hídrica dos diversos ramos da economia brasileira. Segundo MORI (2014), a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP) apontou os segmentos que mais consomem água: alimentos e bebidas, industrial têxtil, mineração e siderurgia. Os ramos de papel e celulose, petróleo, derivados químicos e automóveis são os demais no ranking de grandes usuários de recursos hídricos. Outra demanda de água é o abastecimento de milhares de famílias brasileiras. Atualmente, o país comporta uma população de mais de 209 milhões de habitantes que estão distribuídos de forma desigual pelo território.

Para Tundisi (2014), no Brasil, os usos múltiplos de recursos hídricos são diversificados e a sua intensidade está relacionada ao desenvolvimento social, agrícola e industrial das regiões hidrográficas. Entre os principais usos destacam-se: irrigação (69%), animal (12%), urbano (10%), industrial (7%) e rural (2%) (ANA, 2011 apud TUNDISI, 2014).

A grande preocupação no uso da água na atualidade é mantê-la em quantidade e qualidade adequada para os seus devidos usos. A Política Nacional de Recursos Hídricos, criada em 1997, destaca entre seus objetivos “assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Uma forma de avaliar as mudanças ambientais nos corpos hídricos é adotando as bacias hidrográficas como limite territorial de análise, planejamento, gerenciamento e gestão. Dentre as pesquisas que utilizaram esse recorte espacial destacam-se: Tucci e Mendes (2006); Botelho (2011); Albuquerque (2012); Martins (2012); Rocha (2014); Soares (2016); Miranda (2017) e Santos (2018).

As avaliações ambientais em uma bacia possibilitam gerar informações sobre o nível de desmatamento anual, classificação dos usos da terra, organização territorial das atividades econômicas, nível de poluição da água, além das características morfométricas que podem subsidiar o processo de planejamento integrado e o gerenciamento territorial e dos recursos hídricos (SOARES, 2016).

Na visão de Albuquerque (2012), o uso das bacias hidrográficas como unidades espaciais está associado a três parâmetros: caracterização de espaço físico, através da delimitação da área e do reconhecimento do ambiente; organização espacial, agindo como célula de análise integrada; e, por fim, gestão, por meio da aplicabilidade de legislação específica.

A avaliação do ambiente integrado de uma bacia hidrográfica varia conforme a relação entre os aspectos naturais e os grupos sociais. A qualidade da água dos rios que a compõe está relacionada ao uso do solo e ao grau de controle sobre as fontes de poluição existentes na bacia (BOTELHO, 2014). Essas unidades espaciais em fase de urbanização estão sujeitas à rápidas transformações, como alterações qualitativas da paisagem, degradação ambiental e ocupação irregular (BARROS et al, 2013).

A cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, é composta por uma grande rede de cursos fluviais delimitados por bacias hidrográficas, dentre as quais destacam-se as bacias do Tarumã, São Raimundo, Educandos e Puraquequara (MIRANDA, 2017). Devido ao processo de urbanização impulsionado pelo Polo Industrial de Manaus (PIM), a região adquiriu inúmeros problemas ambientais, entre eles, diversas ocupações irregulares em ambientes naturais, incisões erosivas em áreas de risco, supressão de áreas verdes e a grande poluição por esgoto doméstico dos igarapés.

Neste cenário, encontra-se a Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara, localizada na porção leste do município de Manaus. Sua área de abrangência engloba os bairros do Jorge Teixeira, Distrito Industrial II, Puraquequara, Reserva Adolfo Ducke, na porção ocidental, e uma extensa área verde na parte oriental. A partir de uma visão cronológica, a região começou a ser ocupada no século XX com a formação da Vila do Puraquequara. Em 1990, a Prefeitura de Manaus implantou assentamentos de aproximadamente trezentas famílias no local, e, no mesmo ano, a Vila do Puraquequara foi elevada à categoria de bairro pelo decreto municipal lei 671/02 do plano diretor do município, contribuindo para o aumento da população local (MIRANDA, 2017).

Ao longo dos anos, a bacia vem apresentando diversas mudanças ambientais, como as alterações na paisagem, ocasionadas principalmente pela expansão industrial. Segundo Molinare e Vieira (2006, p. 2), a área do Distrito Industrial II foi adquirida pela Superintendência da Zona Franca de Manaus em 1978 “para atender a instalação de empresas”. Por conta disso, a expansão urbana se intensificou na área, deflagrando diversas erosões no solo e gerando inúmeros desequilíbrios ambientais na região.

Atualmente, diversas atividades são desenvolvidas no perímetro territorial da bacia: o setor naval atua na construção e manutenção de embarcações (balsas); os frigoríficos praticam o abatimento e corte bovino, como também usufruem das águas superficiais na execução do processo de higienização e lavagem das barcas; ao noroeste da bacia, ocorre a exploração mineral voltada para exploração de areia, além da agricultura familiar que é praticada pelos moradores dos assentamento estabelecidos pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA). Nesses setores, segundo Miranda (2017), há existência de focos de desmatamento e áreas como solo exposto que se acentuam à medida em que o processo de urbanização avança para esta porção. As atividades recreativas são muito comuns, com existência de alguns flutuantes ao longo do Rio Puraquequara. Esses espaços são atrativos, principalmente aos finais de semana, para os moradores e turistas.

Dessa forma, diante da diversidade de usos múltiplos da água e das dinâmicas ambientais acarretadas pelo desenvolvimento econômico e pelo processo de urbanização na Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (BHRP), cabe a realização de uma análise integrada, buscando diagnosticar as alterações no ambiente estudado. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo central analisar a dinâmica ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara, por meio da abordagem integrada, visando gerar subsídios e recomendações para o Planejamento Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos.

Para o alcance do objetivo geral, foram definidos três objetivos específicos como caminho metodológico para compreensão das mudanças ambientais da área de estudo:

- ✓ Investigar a dinâmica do uso e ocupação da terra no período delimitado (entre os anos de 2005 e 2016) para entender o histórico de ocupação da bacia hidrográfica.

- ✓ Identificar os múltiplos usos dos recursos hídricos por meio de coordenadas geográficas e vetorização.
- ✓ Analisar parâmetros físico-químicos e biológicos do Rio Puraquequara em áreas de confluências de usuários.

A partir do recorte espacial e suas problemáticas, a pesquisa foi estruturada da seguinte forma:

O capítulo I, **Fundamentação Teórica e Metodológica**, é destinado ao embasamento teórico sobre as bacias hidrográficas. Buscou compreender essa unidade a partir do planejamento e gestão dos seus recursos hídricos, uso e ocupação da terra e análise da qualidade da água, o capítulo descreve os procedimentos metodológicos, primordiais para aquisição dos resultados.

O Capítulo II, **Caracterização Histórica da dinâmica do uso e ocupação da terra no período de 2005 a 2016**, é dedicado a investigar por meio de imagens do satélite *Landsat 5* e 8 as mudanças temporais das classes de uso da terra decorrentes do crescimento urbano e o avanço industrial na área de estudo. O capítulo irá expor a quantificação por meio de gráficos e tabelas das classes identificadas durante o estudo.

O Capítulo III, **Os Usos Múltiplos de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Puraquequara**, apresenta os resultados do levantamento realizado por meio de coordenadas geográficas e vetorização dos múltiplos usos de recursos hídricos na bacia. Os dados foram agrupados em um quadro, as informações como localização do usuário, tipo de usuários e as atividades praticadas na bacia foram inseridas.

O Capítulo IV, **Qualidade da água em áreas de confluência de usuários**, relata os resultados referentes às análises físico-química e biológica das áreas de confluências de usuários em dois momentos, período da vazante e período da cheia, os resultados demonstram a influência dos usuários na qualidade da água do Rio Puraquequara.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

1 BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A sociedade brasileira nos dias atuais representa um quantitativo populacional de mais de 209 milhões de habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE, 2018). Essa massa populacional está agrupada de forma desigual pelo território, sendo as regiões Sul e Sudeste as de maior percentual populacional. A ocupação histórica desse espaço ocorreu em função dos seus recursos naturais, seja o pau-brasil, o ouro ou o café. O mais interessante nessa discussão é enfatizar que espaço natural brasileiro não poderia ser modificado sem o seu principal recurso, a água, elemento que contribuiu na efetivação da colonização e ocupação do nosso país.

É sabido que “a água é um recurso renovável essencial à vida no planeta Terra, seu ciclo tem continuado por séculos e milênios, sustentando a biodiversidade e mantendo em funcionamento os ecossistemas, as comunidades e as populações” (TUNDISI, 2014. pg. 1). A partir da evolução da tecnologia e explosão demográfica a exploração dos recursos hídricos tornou-se múltipla, Tudisi (2014) enfatiza que:

Antes da existência humana do *Homo sapiens* no planeta Terra a água era utilizada exclusivamente para manter o funcionamento dos ecossistemas. A presença da espécie humana, o desenvolvimento da agricultura (sobre tudo da agricultura irrigada) e da indústria, e a diversificação dos usos múltiplos da água introduziram novos tipos de apropriação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, produzindo estresse hídrico (conflito crescente entre os diversos usos de água) ou escassez de água (desequilíbrio entre disponibilidade e demanda). (TUNDISI, 2014. p.1).

É perceptível que, na visão do autor, a água adquiriu novas funções, sobretudo com o avanço tecnológico na agricultura e na indústria, sendo esses os maiores consumidores de recursos hídricos no mundo. A contramão dessa apropriação gera dois eventos: conflitos entre usuários e assimetria entre disponibilidade e demanda. Para contribuir nessa discussão, em 2003, em Kyoto, no Japão, a Organização das Nações Unidas (ONU) publica o primeiro informe sobre o Desenvolvimento dos

Recursos Hídricos no Mundo (WWDR). Os dados mostraram a desigualdade entre os países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos:

Quanto aos usos alternativos da água nos países desenvolvidos, o uso industrial é o mais representativo com 59%, seguido do agrícola com 30%, e o restante 11% destinado ao doméstico. Já nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, os números mostram que a maior parte do uso da água, 82% é destinada a agricultura, 10% para o uso industrial e somente 8% para o uso doméstico. (BORDALO, 2012, p.5).

É notório que os dados emitidos pela WWDR e citados por Bordalo (2012) quantificam e demonstram que há diferenças de consumo entre usuários e que essa demanda é mais canalizada para indústrias, nesse caso, países desenvolvidos e para agricultura, países em desenvolvimento, como, por exemplo, o Brasil. A grande questão é saber como enfrentar essa desigualdade hídrica quando a demanda de usuários aumenta em paralelo ao seu crescimento econômico. Outro fator é a qualidade da água, muito comprometida, principalmente em áreas urbanas densamente populosas com ausência de saneamento básico.

Uma forma de resolver a “crise da água” e propriamente o estresse hídrico é discutida por Bordalo (2012, p.6):

A crise da água, então, passa a ser concebida como um problema muito mais de gestão e governabilidade, do que essencialmente de escassez do recurso. A proposta de gestão dos recursos hídricos, de forma integrada, participativa e descentralizada, através de políticas públicas que priorizem a aplicação de leis e instrumentos que regulem as diferentes formas de apropriação, uso e poluição, surge como principal mecanismo de regulação entre estado e sociedade, capaz de evitar risco de escassez hídrica.

No Brasil, uma forma de enfrentar as mudanças no padrão de consumo e principalmente os conflitos por água surge em 8 de janeiro de 1997 com a criação da Lei Federal nº 9.433, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH). O documento estabelecia “a bacia hidrográfica como base territorial de planejamento e gestão da água, bem como prevendo a criação de comitês de bacia” (ANA, 2011.p.23).

Segundo Cerezini e Hanai (2017), a PNRH foi elaborada com a perspectiva de ser um moderno instrumento, contemplando a gestão democrática e sustentável da água. Para os autores, apesar da política integrar os princípios da gestão integrada e descentralizada, a lei não está promovendo a “governança dos recursos hídricos, visto que ainda existem processos de gestão local, setorial e de resposta” (SILVA, 2013

apud CEREZINI e HANAI, 2017.p.2). Apesar da postura dos autores no que diz respeito ao funcionamento da legislação, a PNRH estabelece fundamentos capazes de regular o uso das águas superficiais e subterrâneas do território brasileiro, a saber:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação de animais;

IV- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (BRASIL, 1997, p. 1)

A bacia é campo territorial de aplicação da PNRH e a gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo do recurso, ser descentralizada e participativa. No que se refere ao principal campo de atuação da PNRH, a bacia hidrográfica torna-se protagonista na aplicação da legislação hídrica brasileira. Por esse motivo, cabe apropriação da literatura científica e abordagem de seus conceitos, como do ponto de vista físico-natural e como unidade espacial de planejamento e gestão dos corpos hídricos.

Na proposta de Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é composta por um conjunto de canais de escoamento de água. “A quantidade de água que a bacia hidrográfica recebe depende do tamanho dos seus processos naturais, precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, etc.” (CAZULA e MIRANDOLA, 2010, p.101).

Segundo Neves (2015), a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem por meio de uma visão sistêmica e integrada do ambiente. Carvalho (2014, p. 27) descreve que as “bacias hidrográficas são consideradas unidades espaciais de dimensões variadas, onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas”.

O mesmo autor acredita que os componentes ambientais devem ser compreendidos de forma sistêmica e ressalta que “água não deve ser gerida sem considerar suas estreitas inter-relações com outros componentes do meio, com os

solos, a vegetação, o relevo e com a ação antrópica que altera as condições de funcionamento dos sistemas naturais” (CARVALHO, 2014, p. 28).

De acordo com Albuquerque (2012, p.204), “as bacias hidrográficas representam a área de captação de um recurso fundamental para vida, a água”. Além disso, os corpos hídricos são necessários para outras utilidades, isso vai depender dos atores sociais e dos tipos uso da água.

De acordo Burhring (2010) apud Santos (2004), a bacia hidrográfica tem como características um conjunto de terrenos drenados por um curso d’água e seus tributários, também pode ser considerada uma unidade fisiográfica, delimitada por divisores topográficos que recebem a precipitação, tendo a função de reservatório de água e sedimentos, “defluindo em uma seção fluvial única denominada de exutório” (BUHRING, 2010, p. 34).

Para Ross e Del Prette (1995), a bacia hidrográfica constitui um sistema natural cujo referencial é a água. É claro que devemos levar em consideração os demais componentes da natureza, “como relevo, solos, subsolo, flora, fauna, seja do ponto de vista social, quando se consideram atividades econômicas, e político-administrativas” (ROSS e DEL PRETTE, 1995, p.101). Observando a postura dos autores diante da temática, a degradação ambiental antropogênica interfere direta ou indiretamente nos componentes naturais da bacia hidrográfica. Nas observações dos autores:

[...] diante da importância alcançada pelo recurso natural água para nossa sociedade industrial moderna, a bacia hidrográfica passa a ser frequentemente utilizada como referencial geográfico para a adoção de práticas de planejamento ou de manejo e aproveitamento de recursos naturais. Dada a grande importância da água como via de circulação para o transporte, geração de energia elétrica, fonte de abastecimento urbano e industrial e caminho para diluição de efluentes domésticos e industriais, a bacia hidrográfica tem se transformado em uma unidade básica de planejamento [...] (ROSS e DEL PRETTE, 1998, p.102).

Analisando as indagações dos autores, a bacia hidrográfica passa a ganhar uma nova roupagem no período atual. A água como fator de localização industrial e adensamento populacional dinamiza o uso e ocupação da terra, ela é utilizada em processos agrícolas e industriais, alimenta comunidades ribeirinhas na Amazônia, gera energia elétrica para as famílias brasileiras e é fonte de disputa entre usuários. Por essas razões que a PNRH adotou a bacia hidrográfica como espaço de planejamento e gestão, onde este deve sempre proporcionar o uso múltiplo das

águas, como também contar com a participação dos poderes públicos, usuários e comunidade local (inciso VI). Uma forma didática de observar a bacia como unidade territorial de implementação da política da água está ilustrada na Figura 1.

Figura 1- Ilustração representativa dos múltiplos usos de recursos hídricos em bacias hidrográficas



Fonte: UNESCO apud ANA, 2011.

É perceptível que os autores descrevem os principais múltiplos usos inseridos na bacia. Uma forma que a legislação encontrou para regular essa demanda, tanto de uso, quanto de degradação da qualidade da água ocorreu por meio dos instrumentos de regulação das águas, legislado no Artigo 5º da (PNRH).

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios;
- VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. (BRASIL, 1997, cap. IV)

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), a Lei das águas (Lei 9.433/1997) prevê os instrumentos da PNRH, dos quais dois são de planejamento, “os Planos de Recursos Hídricos (PRH) e o Enquadramento dos Corpos de Água em Classe, segundo os usos preponderantes” (ANA, 2013.p.11).

Os Planos de Recurso Hídricos são instrumentos de planejamento que orientam a sociedade, mais particularmente a atuação dos gestores quanto ao “uso, recuperação, proteção, conservação e desenvolvimento dos recursos hídricos” (ANA, 2013. p13). Segundo Setti et al. (2000) apud Rando e Galvão (2016), os planos de recursos hídricos são documentos programáticos para o setor no espaço de cada bacia, procurando-se definir a repartição das vazões entre os usuários. É um instrumento de planejamento que conduz a sociedade e a atuação dos gestores em relação ao uso da água.

Os planos seguem uma escala geográfica e de competências. O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) abrange o território nacional, deve ser estratégico, contendo metas, diretrizes e políticas públicas, sempre buscando a melhoria na oferta, qualidade e quantidade do recurso. O Plano Estadual abarca os estados ou o Distrito Federal (DF), dando sempre ênfase aos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos. O Plano de Bacia Hidrográfica, também “denominado de plano diretor de recursos hídricos, é um documento programático para bacia, contendo diretrizes de usos de recursos hídricos e medidas correlatas” (ANA, 2013.p.15).

No trabalho de Silva e Cirilo (2017), os autores destacam que no Brasil existem quatro níveis de planejamento de recursos hídricos: plano nacional, planos estaduais, plano de bacia hidrográfica de rio federal e plano de bacia hidrográfica de rio estadual. Essa discussão sobre os planos de bacia é importante para entendermos que esse instrumento procura definir melhores possibilidades de uso dos recursos hídricos, buscando a produção de melhores resultados na economia, qualidade de vida das populações que habitam esses espaços e a conservação ambiental, por isso, é dada a grande importância à bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

Para contribuir na elaboração dos planos de recursos hídricos, a Lei das águas destaca os conteúdos que devem constar em sua criação, entre eles o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e a análise de alternativas de crescimento demográfico, das atividades produtivas e as modificações dos padrões de ocupação do solo. Para observarmos essas mudanças no uso da bacia hidrográfica, são necessárias metodologias eficazes, por isso, vamos adotar os indicadores de planejamento integrado em bacias hidrográficas.

1.2 INDICADORES DE PLANEJAMENTO INTEGRADO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

O termo “indicador é originário do latim do *‘indicare’*, que significa revelar ou apontar para anunciar ou tornar-se de conhecimento público, ou para estimar ou colocar valor” (HAMMOND et al., 1995, apud SOARES, 2016, p. 32).

Nas reflexões de Maynard et al. (2014), os índices ou indicadores podem expressar a situação atual de uma bacia hidrográfica em resultados quantitativos, tornando a análise de uma situação mensurável.

Para Tucci e Mendes (2006, p.172), “os indicadores constituem hoje um componente de avaliação espacial de grande importância, capazes de desencadear processos de observação territorial coerentes e adequados à realidade espacial”.

Soares (2016) argumenta que os indicadores podem ser utilizados como ferramentas que subsidiam compreender a complexidade e os movimentos de transformação em bacias hidrográficas, seu trabalho contribuiu para a elaboração do Planejamento Ambiental Integrado das Sub-bacias Hidrográficas do Baixo Curso do Rio Itapecuru, estado do Maranhão.

O autor descreve em sua pesquisa quatro grupos de indicadores para compreensão do funcionamento da dinâmica ambiental da bacia, tais como aspectos morfométricos, uso e cobertura do solo, potencial erosivo e qualidade da água (SOARES, 2016).

O trabalho de Rocha (2008) apresenta o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), ferramenta desenvolvida pela Câmara Técnica de Planejamento do Conselho Estadual de Saneamento de Estado de São Paulo (CONESAN), “os indicadores abrangem a caracterização qualitativa e quantitativa dos serviços de abastecimento de água, esgoto sanitário e limpeza pública, controle de vetores” e situação socioeconômica da área de aplicação (ROCHA, 2008.p 17).

Silva (2016), em sua proposta metodológica intitulada “Índice Espacial de Sustentabilidade Ambiental aplicado a Bacias Hidrográficas”, buscou integrar informações morfométrica, uso do solo e cobertura vegetal.

O autor procurou compreender as influências desses fatores na capacidade do sistema ambiental de se manter sustentável ao uso e manejo imposto pelas atividades antrópicas (SILVA, 2016).

Na pesquisa, foram discutidos indicadores que subsidiam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, entre eles, o de Uso e Ocupação da Terra, abordando as mudanças nos padrões de ocupação e Qualidade da Água, destacando os parâmetros físico-químicos e biológicos e as influências antropogênicas nos corpos hídricos. Adotamos um novo indicador para análise, Formas de Uso da Água nas Bacias Hidrográficas, indicador que busca identificar os atores e as atividades praticadas na bacia, como pesca, turismo, transporte e outros.

1.3 INDICADORES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o “levantamento de Uso e Cobertura da Terra (UCT) indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre”. (IBGE, 2013.p.36).

A questão do uso e cobertura da terra confunde ainda alguns pesquisadores. O conhecimento atualizado das formas de uso e ocupação do espaço terrestre constitui uma importante “ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão” (IBGE, 2012. p.36). Os conceitos referentes ao uso e cobertura da terra parecem indistintos em algumas pesquisas, desse modo, Araújo Filho et al. (2007) desmistificam essas diferenças:

Os conceitos relativos ao uso da terra e cobertura da terra são muito próximos, por isso, muitas vezes são usados indistintamente. Cobertura da terra está diretamente associada com os dois tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades diretamente. Cabe ao intérprete buscar as associações de reflectâncias, texturas, estruturas e padrões de formas para derivar informações acerca das atividades de uso, a partir do que é basicamente informações de cobertura da terra” (ARAÚJO FILHO et al., 2017.p.172).

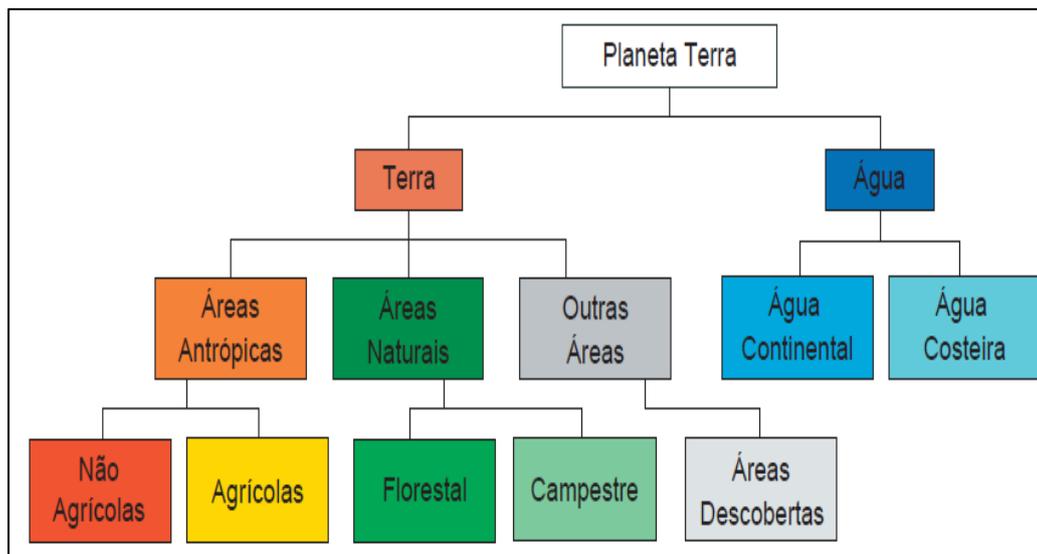
Para Novo (1988), citado por Petta et al. (2008), o termo “cobertura” refere-se a todo revestimento do terreno, “incluindo os recursos naturais renováveis e não renováveis e a utilização cultural da terra, ou seja, o uso da terra” (ALVES, 2004 apud PETTA et al., 2008).

O uso da terra, dentre várias definições existentes, está relacionado às atividades conduzidas pelo homem, já a cobertura foi definida como “a vegetação

(natural ou plantada), água, gelo, rocha nua e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem” (BIE et al., 1996 apud IBGE, 2013, p.44).

Uma forma que o IBGE encontrou para o mapeamento do UCT foi estabelecendo uma nomenclatura com base na cobertura da terra, tal concepção abrange dois níveis hierárquico propostos, a seguir, na Figura 2:

Figura 2- Esquema teórico de uma nomenclatura da cobertura terrestre



Fonte:

Heymann, 1994, apud IBGE, 2013.

A imagem não identifica o terceiro nível, que representa uso da terra por meio das atividades humanas, o que cabe ao pesquisador qualificar conforme as características da área de estudo e a disposição de recursos, como, por exemplo, imagens de satélite de alta resolução espacial.

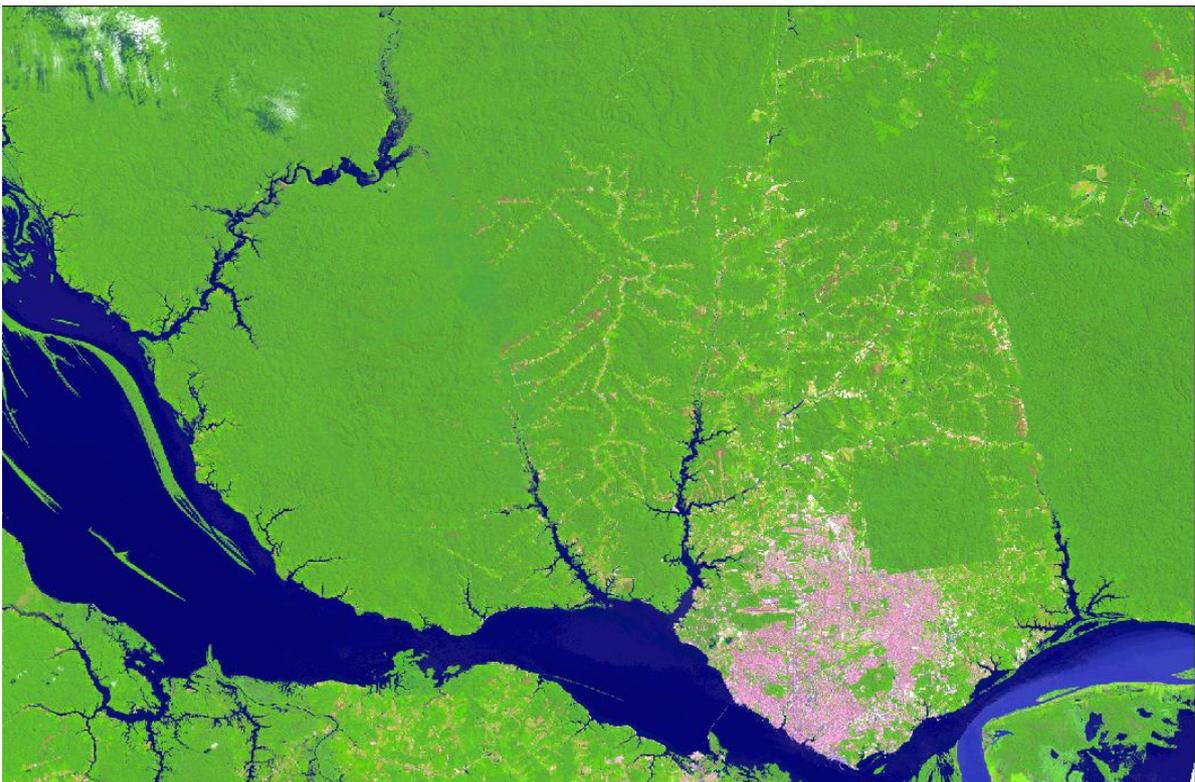
Uma forma de classificarmos e qualificarmos o padrão de UCT da superfície surgiu a partir de 1970, com o aparecimento do sensoriamento remoto (SR) como tecnologia de observação da Terra. Florenzano (2011) apud Miranda (2017) aponta que essa ferramenta:

[...] permite obter imagens, outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves), orbitais (satélites artificiais). O termo remoto, [...] é utilizado porque é feita a distância, sem contato físico entre sensor e objetos na superfície terrestre (FLORENZANO, 2011, apud MIRANDA, 2017, p.62).

O Sensoriamento Remoto, para Almeida (2010), pode ser entendido como um conjunto de atividades que tratam da obtenção de informações dos recursos naturais da Terra ou do meio ambiente “por meio de sensores instalados a bordo de plataforma em altitudes (balões, foguetes, aviões e satélites), os quais coletam radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo [...]” (ALMEIDA, 2010, p.102).

As imagens adquiridas a partir da técnica de Sensoriamento Remoto são processadas nos Sistemas Informações Geográficas (SIG), que “constitui uma ferramenta ampla e complexa de análise, que permite que várias possibilidades, tanto dos aspectos de planejamento da organização sócio-espacial quanto dos recursos hídricos em bacias hidrográficas” (PINHEIRO, 2009, p.4248). A Figura 3 mostra a imagem satélite *Landsat 8*, do ano de 2016, gerada pelo sensoriamento remoto e processada pelo (SIG):

Figura 3- Imagem Landsat 8 do município de Manaus (AM) e a respectiva classificação de cobertura da terra



Fonte: INPE, 2016

A intenção da pesquisa não é dar densidade aos conceitos de Sensoriamento Remoto e aos sistemas de informações geográficas. No entanto, para interpretação do Uso e Ocupação da Terra em bacias hidrográficas, a aplicação dessas tecnologias viabiliza as interpretações dos gestores em recursos hídricos, para isso, os mesmos, devem ter uma visão técnica desses recursos.

Nesse sentido, essas ferramentas contribuem para elaboração de mapas temáticos que vão ajudar na construção do planejamento urbano e regional, atendendo as necessidades dos interessados. Alguns pesquisadores, em seus trabalhos, estabelecem a classificação por meio desse recurso, gerando informações úteis e confiáveis para sociedade.

Um exemplo disso, foi a criação do Projeto TerraClass, em 2010, parceria entre Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro Regional da Amazônia (CRCRA), Embrapa da Amazônia Oriental (CPATU) e Embrapa Informática Agropecuária (CNPTIA). O objetivo do projeto é produzir mapas sistêmicos de uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira por meio das imagens de satélite (TERRACLASS, 2013).

Outro, o projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), que “é operado pelo INPE desde 1988 para estimar a taxa anual de desmatamento por corte raso, quando ocorre a retirada total da cobertura florestal” (INPE, 2008.p.11). A intenção do PRODES é gerar resultados para o governo brasileiro, que posteriormente se aplicará em políticas públicas.

Santos (2018), em seu estudo sobre dinâmica ambiental da paisagem no Alto Curso da bacia do Rio Igarapé Açu (PA), constatou um elevado grau de intervenção antrópica por conta do intensivo uso da terra e da água na região. Na bacia hidrográfica do Córrego Lavapés (SP), as autoras Fagundes e Lupinnaci (2016) registraram as alterações no curso fluvial, entre elas, nascente aterrada, leito retificado e canalizado. “Além disso, a ocupação predominantemente urbana das vertentes alterou a topografia e o sistema de circulação das águas” (FAGUNDES E LUPINNACI, 2016.p.47).

Silva Neto (2013) realizou o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra, serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. Em suas análises, constatou que o principal problema do uso da terra são áreas de incompatibilidade do uso, que correspondem às áreas utilizadas de maneira inadequada para fins de pecuária extensiva e atividades agrícolas (SILVA NETO, 2013).

Na visão de Soares (2016, p.42), “o uso e cobertura inadequada do solo podem acarretar interferências expressivas na dinâmica das bacias hidrográficas, tais como alteração do microclima, perda de terras produtivas e redução da qualidade da água”.

Franco (2016) descreve que a análise do uso da terra e cobertura vegetal são de grande importância para os parâmetros utilizados no Índice de Qualidade de Água

(IQA). Para o autor, alguns aspectos podem aumentar ou diminuir os valores de vários parâmetros.

Portanto, as informações geradas e processadas por meio do Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas contribuem de maneira decisiva para gestão dos recursos hídricos, os indicadores de (UCT) são dados que vão auxiliar os gestores a visualizarem em escala temporal as mudanças nos padrões de uso da terra, além de prognosticar futuros conflitos por água entre usuários.

1.4 OS MÚLTIPLOS USOS DE RECURSO HÍDRICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

As formas de uso da água podem ser identificadas nas bacias hidrográficas, fato que viabiliza o planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois esse indicador procura identificar os atores que usufruem da água, seja para irrigação, produção industrial, recreação e etc. A competição por esse recurso, principalmente em áreas cuja demanda é maior, acentua os conflitos entre usuários, cabendo aos órgãos competentes a resolução do evento.

De acordo com o site da ANA, qualquer atividade humana que altere as condições naturais das águas é considerada um tipo de uso. Os usos podem ser classificados em consultivos e não consultivo. Os usos consultivos retiram água da bacia para destinação, como irrigação, utilização nas indústrias e no abastecimento humano. As atividades de recreação, lazer, pesca, navegação, geração de energia hidrelétrica, são consideradas não consultivas, pois não consomem a água.

O uso da água em bacias hidrográficas pode se tornar competitivo, principalmente quando a demanda for maior que a disponibilidade. Um bom exemplo disso são os municípios irrigantes que, por consumirem bastante água, podem interferir em outros usos.

Segundo Meinzen-Dick e Jackson (1996), as crescentes demandas por água para irrigação, usos municipais, industriais e ambientais estão criando escassez e competição por recursos vitais em muitas partes do mundo. As autoras ainda descrevem que:

Normalmente, essas demandas conflitantes são consideradas em uma escala inter-setorial macro e os formuladores de políticas estão primariamente preocupados em lidar com a concorrência entre a agricultura, a indústria e os sistemas municipais de abastecimento de água. Entretanto, a competição pela água também é importante no nível local, afetando a

disponibilidade de água dentro do setor para vários usos (MEINZEN-DICK e JACKSON, 1996.p.1).

Uma forma que o Equador encontrou para resolver esses problemas por competição de água surgiu na década de 1960, quando a gestão da água passou a ser nacionalizada e centralizada. Hoogesterger et al. (2016) destaca que a política hídrica equatoriana estabelece o controle sobre a alocação de direitos sobre água, mediação de conflitos, aplicação de normas legais, além do controle da expansão e gestão da irrigação.

Os pesquisadores Galvão e Bermann (2015, p.43) acrescentam que “a gestão da água no Brasil encontra um conflito que é histórico e que envolve a geração de energia elétrica nos reservatórios das usinas hidrelétricas e os demais usos múltiplos da água”. No trabalho desenvolvido pelos autores, intitulado “Crise Hídrica e Energia: conflitos no uso múltiplo das águas”, os pesquisadores ressaltam a relação entre geração de energia e os demais usos de água:

O conflito geração de eletricidade versus usos múltiplos se ampliou na operação da UHE Ilha Solteira em razão da crise hídrica. A redução do nível de água prejudicou também as outras atividades econômicas: o turismo nas praias artificiais em torno do lago, a piscicultura baseada na criação de tilápias em tanques-rede por cerca de quarenta produtores (pequenos, médios e grandes) e a pesca artesanal, além de faltar água para a irrigação de plantações [...] (GALVÃO E BERMANN, 2015.p.49).

No Brasil, os usos múltiplos dos recursos hídricos são diversificados e a sua intensidade está relacionada não só ao desenvolvimento social, agrícola e industrial, como também à densidade populacional e ao grau de urbanização nas bacias hidrográficas (TUNDISE, 2014). Para o autor, os usos múltiplos das águas superficiais e subterrâneas acompanhados do desenvolvimento econômico geram conflitos em algumas áreas (Quadro 1).

Quadro 1 - Usos múltiplos e conflitos decorrentes

ÁREAS DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	CONFLITOS
Agricultura e Suprimento Urbano da Água	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A pressão sobre os recursos hídricos da superfície e a água subterrânea afeta os mananciais de abastecimento para as populações urbanas. ✓ A contaminação por substâncias tóxicas, metais pesados, fertilizantes, pesticidas e herbicidas utilizados na agricultura, é outro fator que impacta a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.
Suprimento Público da Água e Agronegócio	O desenvolvimento do agronegócio e os usos múltiplos na indústria afetam a qualidade da água, provocam a recarga de aquíferos e aumentam os custos de tratamento para a produção de água potável.
Disposição de Resíduos Sólidos	A expansão da disposição de resíduos sólidos do sistema urbano afeta águas superficiais e subterrâneas, impactando a qualidade das águas.
Esgoto não tratado	O aumento da descarga de águas residuárias de populações urbanas (esgoto não tratado) tem enorme impacto sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.
Reservatórios	A construções de reservatórios nas bacias hidrográficas afetam os ciclos hidrológicos, biológicos e os ciclos hidrossociais.

Fonte: Adaptado de Tundisi, 2013.

A identificação dos múltiplos usos de recursos hídricos é de grande importância para o planejamento integrado, seja do ponto de vista ambiental (vegetação, solo, hidrografia, geomorfologia) ou social (comunidades ribeirinhas, agricultores, população urbana, empresários entre outros).

É a partir desse reconhecimento que se constrói uma visão espacial dos principais atores que utilizam a água como meio econômico e de subsistência. Nesse sentido, a bacia hidrográfica, por englobar um limite territorial e comportar os aspectos físico-naturais e sociais, passa a ser considerada uma unidade de planejamento. Na Figura 4, algumas atividades estão espacializadas na orla da cidade de Manaus, entre elas, destacam-se a indústria, a navegação e a manutenção dos ecossistemas amazônicos.

Figura 4- Usos múltiplos de recursos hídricos na orla de Manaus, Rio Negro (AM)



Fonte: IMPLURB, 2012

De acordo com Lei Federal 9.433, de 1997, artigo 1º, “a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”.

Na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, “a concorrência pelo uso da água é bem diversificada, a região tem 504 municípios, sete Unidades da Federação e cerca de 16 milhões de pessoas” (ANA, 2011, p. 12). Entre as atividades praticadas, destacam-se a produção industrial, a agricultura irrigada, a navegação, o abastecimento humano e diluição de efluentes, a pesca artesanal e a geração de energia por meio das hidrelétricas. Na Figura 5, é possível visualizar algumas dessas atividades.

Figura 5- Múltiplos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco



Fonte: Banco de imagens da ANA, 2011.

Nascimento et al. (2015, p. 11), analisando os usos múltiplos da Bacia do Rio São João, no Estado do Rio de Janeiro, chegou à conclusão de que “a bacia desempenha função vital para os municípios”. Segundo os autores, a região abastece a população urbana, os setores industrial e agropecuário, entre outros.

Rocha (2014), em seu trabalho “Gestão da água em Manaus: criação do Comitê de Bacia do Rio Puraquequara”, discutiu os pilares que levaram à criação do comitê na região. A autora descreve que o parlamento surgiu em função da degradação ambiental dos múltiplos usos que foram se consolidando na bacia.

De acordo a Lei Federal 9.433/97, no seu artigo 31, o Comitê de Bacia Hidrográfica integra o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, uma das atribuições é

estabelecer mecanismos e regras, decididas coletivamente, de forma que usos da água da bacia sejam discutidos e negociados democraticamente.

Damasceno et al. (2017) identificou os principais usos na bacia do Rio Miriti, no município de Manacapuru, Amazonas, destacando-se as atividades de pesca artesanal e comercial, ecoturismo, bares, restaurantes e recreação. Os autores afirmam que “são perceptíveis os conflitos pelo uso da água, porém, acordos podem ser criados para o gerenciamento do manancial” (DAMASCENO et al., 2017, p. 4).

Portanto, realizar a identificação dos múltiplos usos em uma bacia hidrográfica passa a ser prioridade, principalmente quando o recurso se torna elemento de disputa entre usuários e usos múltiplos da água.

1.5 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água é considerada um recurso natural de grande importância para manutenção da natureza e sociedade. O processo de urbanização e a consequente expansão urbana demandam medidas técnicas e científicas para avaliação da qualidade dos corpos hídricos, principalmente para consumo humano.

“As atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para saúde humana e do ecossistema” (ANA, 2011, p.20).

As fontes de poluição da água podem ser classificadas em pontuais e difusas. As pontuais referem-se aos lançamentos diretos de esgotos domésticos e industriais nos corpos d'água, as difusas são materiais (lixo, sedimentos, esgoto não canalizado e etc.) carreados pelo leito do rio e conduzido pelo escoamento superficial (BOTELHO, 2011).

No Brasil, algumas resoluções são de grande importância, principalmente quando se trata dos recursos hídricos, como a resolução 357/2005 do Comitê Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que classifica as águas e estabelece parâmetros físico-químicos e biológicos como indicadores da qualidade da água e a portaria 2.914/2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O quadro 2 destaca a classificação das águas e seus usos no território brasileiro conforme a resolução 357/2005.

Quadro 2- Classificação das águas e usos

CLASSE	USOS
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; ✓ Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; ✓ Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; ✓ Proteção das comunidades aquáticas; ✓ Recreação de contato primário; ✓ 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; ✓ Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; ✓ Recreação de contato primário; ✓ 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; Aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; ✓ Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; ✓ Pesca amadora; ✓ Recreação de contato secundário; ✓ Dessedentação de animais.
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Navegação; ✓ Harmonia paisagística.

Fonte: Resolução do CONAMA 357, 2005.

Segundo Franco (2016, p.26), “a resolução define as concentrações máximas permitida de substâncias, bem como os valores máximos permitidos, dos aspectos físicos, químicos e biológicos”.

A importância da qualidade da água é conceituada pela Política Nacional de Recursos Hídricos. O objetivo principal da lei é “assegurar a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (ANA, 2005, p.11).

Uma das formas de avaliar a qualidade dos corpos hídricos é por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA). Segundo a ANA (2005, p.15), os índices de qualidade das águas são necessários para sintetizar informações sobre vários parâmetros físico-químicos e biológicos para, posteriormente, informar ao público leigo e aos órgãos públicos.

O Índice de Qualidade da Água foi elaborado em 1970 pelo *National Sanitation Foundation* (NSF), órgão pertencente aos Estados Unidos. No Brasil, a Companhia Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) do estado de São Paulo utiliza o parâmetro desde 1975, com algumas alterações. A Tabela 1 mostra os parâmetros adotados no cálculo do IQA.

Tabela 1- Parâmetros e pesos para o cálculo do Índice de Qualidade da Água

NÚMERO	PARÂMETRO	UNIDADE	PESO (W)
1	Oxigênio Dissolvido	% saturação	0,17
2	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	0,15
3	Potencial Hidrogeniônico	-	0,12
4	Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O ₂ /l	0,10
5	Nitrogênio Total	-	0,10
6	Fósforo Total	mg/L	0,10
7	Temperatura da água	C°	0,10
8	Turbidez	Ut	0,08
9	Sólidos Totais	mg/L	0,08

Fonte: Adaptado do Portal da Qualidade das Águas, 2018.

O cálculo do IQA é realizado por meio produtório ponderado dos nove parâmetros, de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação 1

Onde:

IQA: Índice de Qualidade da Águas, um número entre 0 e 100.

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 100, obtido a partir da respectiva curva média de variação de qualidade.

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetros fixados em função de sua importância para a conformação global da qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Equação 2

onde **n** corresponde o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. Os valores dos Índice de Qualidade da Água são classificados em faixas que variam entre unidades federativas do território brasileiro, a seguir tabela na Tabela 2.

Tabela 2 - Nível de Qualidade do corpo hídrico

Níveis de Qualidade	Faixa
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: Silva, 2017

Botelho (2011) alerta que o IQA reflete, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos e afirma que o índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas.

De acordo com ANA (2005), cada parâmetro tem um peso (w) de conformação global da qualidade da água e uma qualidade (q) em função da concentração ou de medidas. Para Soares (2016, p. 169), o IQA deve “ser adaptado em função da realidade de cada local ou região” e os resultados ajudarão a compreender a especificidade de cada recurso hídrico.

Santos et al. (2015) realizaram estudos da qualidade da água em alguns igarapés da Bacia do Tarumã-Açu, na cidade de Manaus/AM. A pesquisa analisou as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, por método de Winkler; condutividade elétrica, por condutivimetria; Ph por potenciometria e Íon amônio por espectrofotometria.

Já Diniz e Silva (2015) estudaram o impacto da urbanização na qualidade da água da Bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá, Minas Gerais. Os autores buscaram avaliar a qualidade da água por meio da sonda multiparâmetros AquaMeter. Tal equipamento possui capacidade de medir mais de um parâmetro. Os índices medidos

pela sonda foram: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TSD), resistividade elétrica, salinidade, pH, potencial de oxido-redução (ORP), temperatura e turbidez.

É notório que o monitoramento e avaliação da qualidade das águas superficiais são fatores primordiais para a adequada gestão das águas. A caracterização e a análise sistêmica da bacia hidrográfica são essenciais para o planejamento, outorga, cobrança e enquadramento do curso de água.

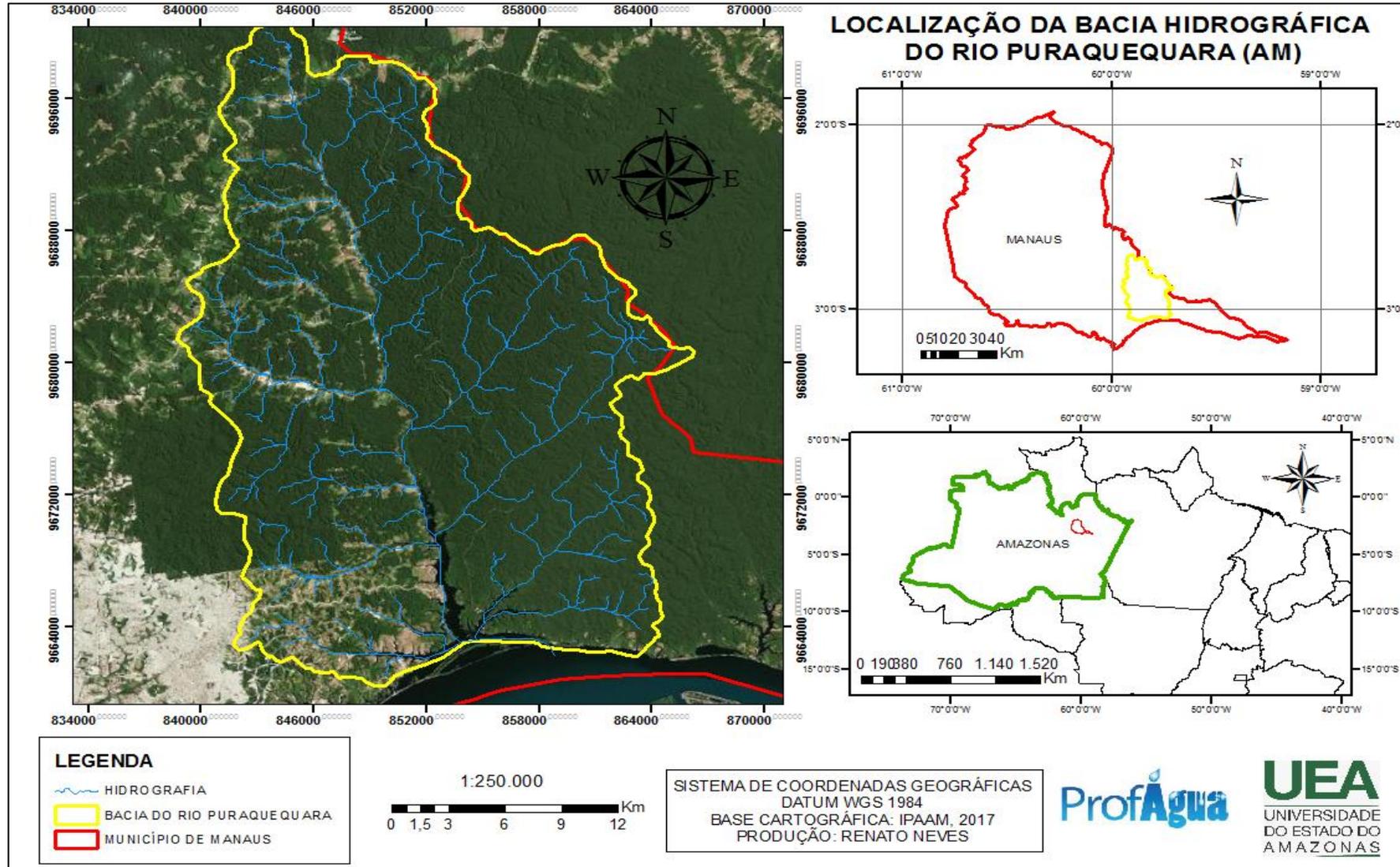
1.6 MATERIAL E MÉTODOS

Para o alcance dos objetivos, o processo metodológico foi dividido em três etapas: mapeamento das classes de uso e ocupação da terra, identificação dos usos múltiplos de recursos hídricos por meio de poligonais e avaliação da qualidade da água.

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Puraquequara, localizada na porção extremo leste do município de Manaus. Oficialmente, possui uma área 694,834 Km² e seu espaço territorial alcança os limites urbanos da cidade de Manaus, tendo como adjacência a zona administrativa Leste, representada pelos bairros Jorge Teixeira e Puraquequara.

De acordo com Projeto Geo Cidades (2002), o Rio Puraquequara é afluente da margem esquerda do Rio Amazonas, apresenta parte de sua bacia localizada dentro do perímetro urbano. Na Figura 6, pode-se observar o mapa de localização da área da pesquisa.

Figura 6- Mapa de localização da Bacia do Rio Puraquequara, Manaus/Amazonas



Fonte: Neves, 2018.

1.6.1 Mapeamento das classes de uso e ocupação da terra

A primeira etapa do trabalho teve início com a aquisição de dados cartográficos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e do Instituto Municipal de Planejamento Urbano (IMPLURB/PMM) em formato digital. Para construção do banco de dados cartográficos e a elaboração dos mapas temáticos, foram utilizados os seguintes arquivos:

- Imagem do sensor *Thematic Mapper* – TM do satélite *Landsat 5*, com resolução espacial de 30 metros, bandas espectrais 3, 4, 5, referentes ao vermelho (0,63 – 0,69 μ s), infravermelho próximo (0,76-0,90 μ s) e infravermelho médio (1,55- 1,75 μ s);
- Imagem do sensor OLI *Landsat 8*, com resolução espacial de 30m, bandas espectrais 4,5 e 6 e 15m para banda pancromática;
- As cenas são referentes às orbitas 230 e 231, ponto 062: 24 de setembro de 2005; 27 de julho de 2010; 20 de setembro de 2016;
- Imagem Quickbird (2016) da área urbana e periurbana da cidade de Manaus, fusionada com imagem pancromática resolução espacial de 0,61m.
- Base vetorial do município de Manaus, contendo perímetro urbano, zonas administrativas, hidrografia, curvas de nível e arruamento, em formato *shapfile*, referente ao ano de 2010;
- Programa *Arcgis 10.2*, da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), versão demo.

1.6.2 Processamento das imagens de satélite e classificação do uso e ocupação da terra

Para extração das classes de uso e ocupação da terra, foi realizada a aquisição das imagens junto ao site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Os dados foram armazenados no banco de dados específico para área de estudo.

Por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), mais especificamente o *Arcgis 10.2*, as bandas espectrais foram exportadas para *ArcMap*, através da

ferramenta *Add Data*. Após o descarregamento das cenas, foi gerada no algoritmo *Image Analysis>composite bands*, a composição RGB filtro-banda, a melhor composição foi composta pelas bandas 3, 4 e 5 (*Landsat 5*, anos 2005 e 2010) e bandas 4,5 e 6 (*Landsat 8*, ano 2016). O quadro 3 caracteriza as aplicações, bandas e faixas espectrais utilizadas para a classificação das classes de uso e ocupação da terra.

Quadro 3 - Principais características e aplicações das bandas do sensor TM do satélite Landsat- 5

BANDA	FAIXA ESPECTRAL (μm)	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DAS BANDAS TM DO SATÉLITE LANDSAT 5
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> . Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

Fonte: Divisão de Geração de Imagens (INPE, 2009)

Além das bandas do satélite *Landsat 5*, para a classificação do ano de 2016, foram utilizadas as bandas espectrais 4 (0,64 -0,67 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm), 6 (1,57 – 1,65, 5 μm) e a banda pancromática 8 (0,50 – 0,68 μm) (NASA,2013). As bandas são referentes ao sensor espectral OLI (*Operation Land Imager*) do satélite *Landsat 8*. As principais características e aplicações dessas bandas são similares às bandas 3,4 e 5 do *Landsat 5*, a principal diferença está na resolução espacial, que passa de 30m para 15m, após o fusão com banda pancromática.

Após a composição das bandas, foi adotado o *Datum Horizontal WGS 1984* e o Sistema de Coordenadas Planas UTM, Zona 21 Sul. As imagens compostas foram equalizadas (realce e contraste) através do *Image Analysis*, nas funções *Percent Clip* e *Histograma*. Segundo Martins (2012, p. 29), “o ajustamento do histograma melhora o realce e o contraste das cenas, facilitando a diferenciação visual para o intérprete entre as diferentes formas de uso do solo e cobertura vegetal”.

Para agrupamento das cenas 230/062 e 231/062, conforme a temporalidade estabelecida, as imagens foram mosaicadas com aplicação do algoritmo *Mosaic To New Raster*. Após esse procedimento, a função *Clip* foi aplicada para o recorte da área de estudo.

O levantamento do uso e ocupação da terra foi realizado por meio da “Classificação não Supervisionada”, gerado pelo processamento automático de geração de classes (IBGE, 2013). Nesse procedimento, os recortes espaciais foram classificados pelos algoritmos *Image Classification* > *Iso Cluster Unsupervised Classification*.

Para o mapeamento, foram selecionadas as seguintes classes: águas continentais, vegetação primária, vegetação secundária, solo exposto e mancha urbana (Quadro 4).

Quadro 4- Classes de uso e ocupação da terra

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

Fonte: Adaptado do “Manual Técnico de uso da Terra” (IBGE, 2013)

1.6.3 Identificação dos usos múltiplos de recursos hídricos por meio coordenadas geográficas e poligonais

Na segunda etapa, foi realizada a identificação dos usos múltiplos de recursos hídricos na Bacia do Rio Puraquequara. Esses resultados foram adquiridos por meio de dados primários (pesquisa de campo) e secundários (documentos, artigos, dissertações, estudos técnicos e dados vetoriais). Para construção do banco de dados, foram necessários os seguintes arquivos e materiais:

- Base Vetorial dos Assentamentos espacializados no perímetro da bacia, adquirido no site: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.htm>;
- Base Vetorial da cidade de Manaus, bairros Jorge Teixeira e Puraquequara (IBGE, 2010);
- Base Vetorial do limite da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (IPAAM, 2010);
- GPS cartográfico com sensores, modelo Garmin map76CSx;
- Máquina fotográfica, modelo Canon T6 Wifi 18-55mm;
- Transporte terrestre e transporte fluvial;
- Caderneta de campo;
- Software *Google Earth Professional*;
- Programa *Arcgis 10.2*, da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), versão demo.

As bases vetoriais secundárias dos usos múltiplos e o polígono da área de estudo foram exportadas no modelo *shapfile* para *ArcMap* através do *Add Data*. Esse processo permitiu identificar os primeiros usos múltiplos da Bacia do Rio Puraquequara.

Para construção da base vetorial dos demais usos, foram realizadas visitas técnicas por via terrestre na estrada do Puraquerara, Ramal do Brasileirinho e Rodovia AM-010, e por via fluvial, percorrendo o rio principal e alguns tributários, com utilização do Gps Garmin map76CSx. Nessas visitas, foi realizada a coleta das coordenadas geográficas dos usos, além dos registros fotográficos.

As informações foram armazenadas no “Banco de Dados de Usos Múltiplos da Bacia”. No Laboratório de Geografia, as coordenadas geográficas foram tabuladas no *Microsoft Excel 2010*, e, posteriormente, armazenada no modelo *xls*. Com a utilização

do programa *Google Earth Professional*, as coordenadas foram válidas e os usos múltiplos vetorizados e, em seguida, georreferenciados no Programa *Arcgis 10.2*.

1.6.4 Análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de trechos da bacia

1.6.4.1 Planejamento da Amostragem

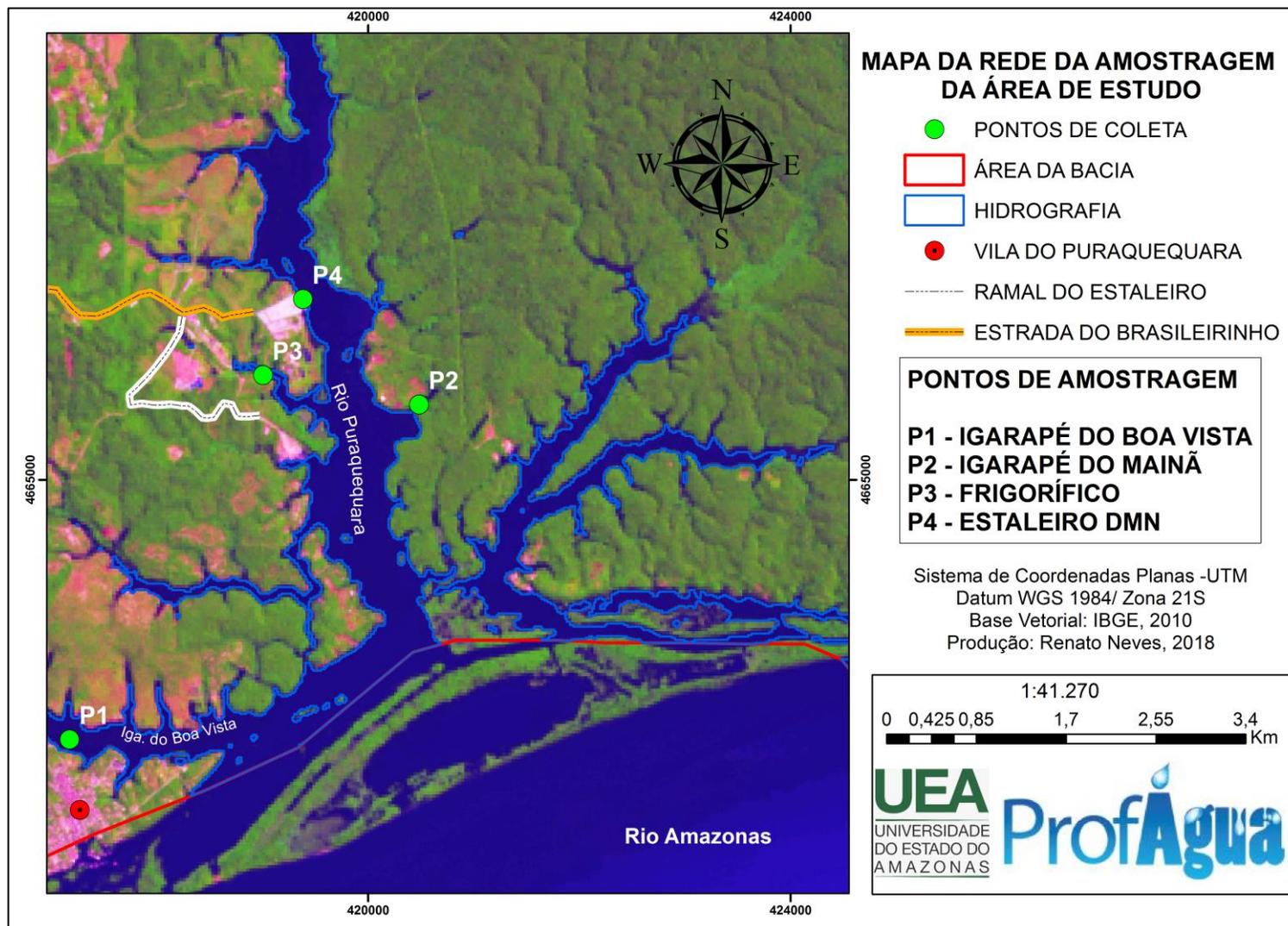
Para realização desta etapa foram realizadas visitas técnicas, com o objetivo de fazer o reconhecimento da área e selecionar os pontos de maior acessibilidade e com indícios de degradação da qualidade da água. Após a identificação dos múltiplos usos de recursos hídricos espacializados na bacia, 4 (quatro) áreas de confluências foram selecionadas para coleta: Igarapé do Boa Vista (P1); Igarapé do Mainã (P2); Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4), a tabela 3 apresenta as coordenadas de localização de cada ponto e a Figura 7 a espacialização dos locais de coleta ao longo do Baixo Puraquequara.

Tabela 3- Localização dos Pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (AM)

PONTOS DE AMOSTRAGEM	DESCRIÇÃO DOS PONTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
P1	Igarapé do Boa Vista, margem direita	S 03° 03' 09.2" W 059° 50' 17.5"
P2	Igarapé do Mainã, margem esquerda	S 03° 02' 21.7" W 059° 48' 50.9"
P3	Frigorífico, margem direita	S 03° 01' 15.2" W 059° 49' 41.5"
P4	Estaleiro DMN, margem direita	S 03° 00' 55.2" W 059° 49' 27.8"

Fonte: Neves, 2018.

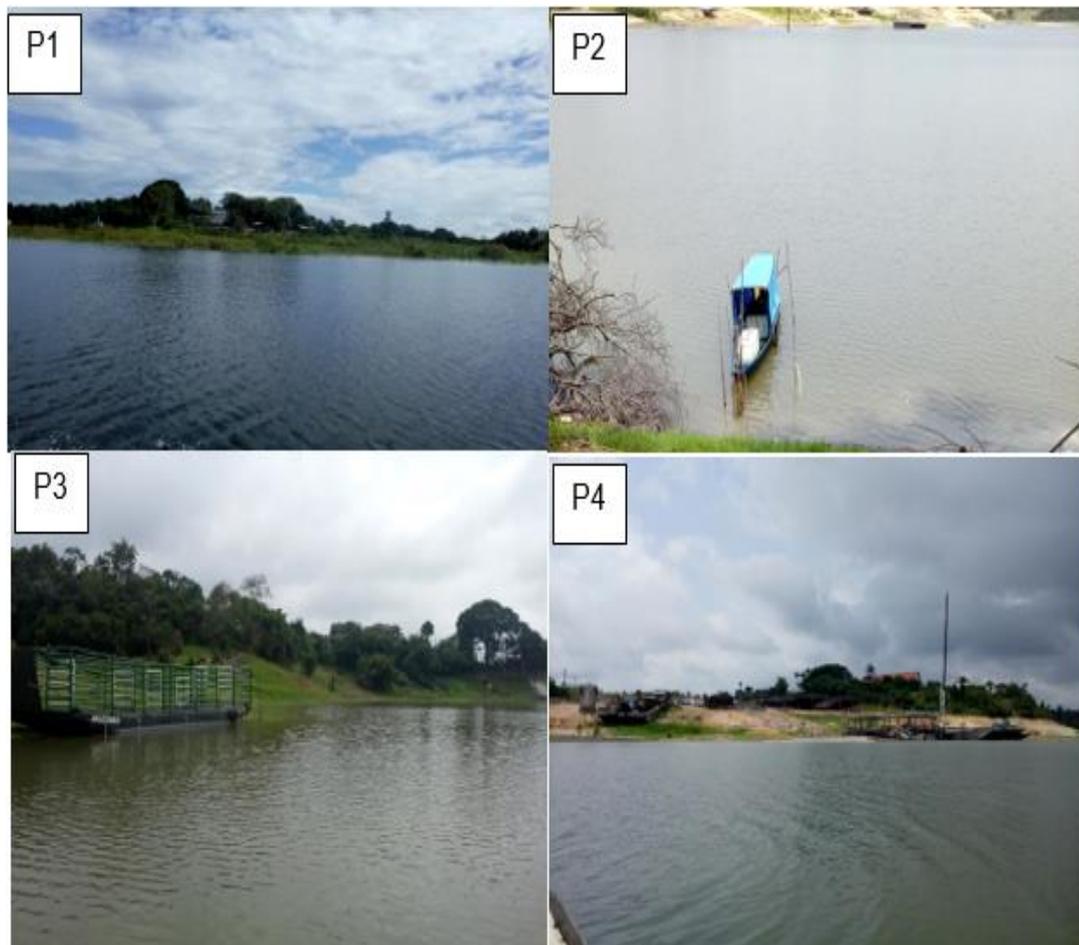
Figura 7- Mapa da rede de amostragem em áreas de confluência de usuários de recursos hídricos da Bacia do Rio Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

As escolhas dos ambientes (Figura 8) de coleta levaram em consideração locais influenciados pela área urbana e as atividades econômicas desempenhas nas áreas de confluência, o ponto 1 está especializado em classe de solo exposto e nas proximidades da Vila do Puraquequara, considerada uma mancha urbana. O ponto 2 está na região com predominância de vegetação primária e baixa concentração populacional, o ponto 3, local onde se desempenha a atividade abatimento bovino, sendo a classe de solo exposto característico do ambiente. O ponto 4 fica no rio principal, nesse local ocorre a manutenção e produção de balsas, a margem esquerda é preservada, porém a margem direita há predominância da classe de solo exposto.

Figura 8- Pontos de amostragem Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2), Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4)



Fonte: Neves, 2017

Os pontos de amostragens foram distribuídos objetivando reconhecer possíveis alterações na qualidade da água no sentido jusante-montante, decorrentes do uso e ocupação da terra e das atividades praticadas na região, as amostragens e medições,

seguiram o período sazonalidade da região, sendo a primeira coleta realizada no dia 13 de novembro do ano de 2017, período da vazante, e no dia 25 de Abril de 2018, período de cheia, ambas realizadas durante horário da manhã (8h às 12h).

As técnicas utilizadas para as coletas e análises das amostras seguiram as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimentos, Comunidades aquáticas e Efluente Líquidos (CETESB, 2011). O documento prevê o planejamento das atividades, como a coleta e preservação das amostras, acondicionamento, transporte e armazenamento do material coletado. O guia é referência técnica para disciplinar os procedimentos de coleta e preservação de amostras de águas superficiais em todo o território nacional.

1.6.4.2 Análise de Campo

As análises do potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos totais (STD) foram mensuradas no local por meio da utilização do aparelho portátil sonda multiparâmetro de marca HANNA e modelo HI 98194, conforme a Figura 9A. A avaliação da turbidez também foi realizada em *in loco* concomitante as outras análises, o equipamento utilizado foi o turbidímetro HANNA modelo HI 93703C, conforme a Figura 9B.

Figura 9- Sonda multiparâmetro HANNA HI 98194 e turbidímetro HANNA HII 93703



Fonte: Neves, 2018

A escolha dos equipamentos é justificada pela facilidade de transporte e a aquisição em tempo real dos resultados analisados. De acordo com CETESB (2011),

a sonda multiparâmetro é um equipamento tecnicamente confiável para o monitoramento automático da qualidade dos corpos d'água.

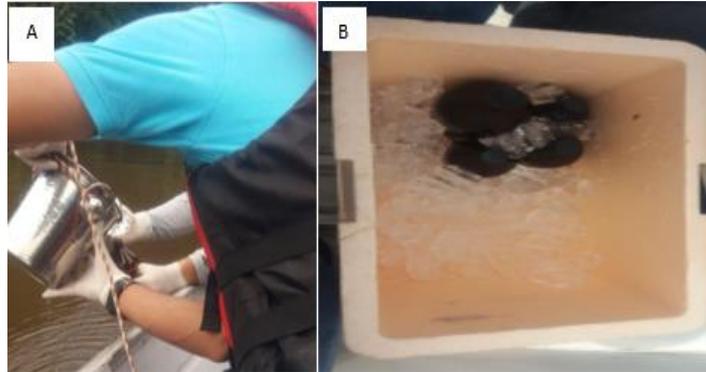
1.6.4.3 Análises de Laboratório

As análises de Nitrogênio total, Fósforo total e Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram feitas no laboratório da Escola Normal Superior (ENS) e a microbiológica na Escola Superior de Ciências da Saúde (ESA/UEA). Para as avaliações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}) e Resíduos Totais, os testes ocorreram no laboratório CQlab, empresa privada, localizada na cidade de Manaus.

Para coleta da água, utilizou-se frascos de vidro de cor âmbar (capacidade de 500 ml), lavados com detergente neutro e com auxílio de um gaspilhão. O enxágue dos frascos de coleta foi realizado enchendo e esvaziando os frascos 10 vezes com água corrente, e, no final, com o uso de água destilada. Em seguida, os frascos foram postos para secar naturalmente em posição vertical e com o bocal virado para baixo. Os frascos utilizados para a coleta de amostra de água para ensaios microbiológicos tiveram a tampa e o gargalo recobertos com papel alumínio, para evitar o contato das mãos com a tampa do recipiente e possível contaminação. Esses frascos foram esterilizados em autoclave a 121 °C por 15 minutos.

Em campo, foram coletadas amostras de água da superfície para ensaios microbiológicos, em uma profundidade máxima de 20 cm, utilizando um balde de aço Inox. O balde (Figura 10A) foi ambientado com água do local do ponto de coleta. Com exceção do frasco para ensaio microbiológico, os demais foram ambientados com água do local, enchendo e esvaziando o mesmo três vezes e, após, mergulhando a garrafa na água do rio, foram totalmente cheios, para se evitar a presença de ar dentro dos frascos. A coleta das amostras de água para ensaio microbiológico precedeu todas as demais coletas e análises em campo. As amostras de água foram preservadas sob refrigeração (Figura 10B) em caixas térmicas contendo gelo. Todas as análises em laboratório foram realizadas no mesmo dia da coleta.

Figura 10- Objetos utilizados para coleta e armazenagem das amostras: (A) conjunto balde inox e corda; (B) caixa térmica de isopor poliéstireno



Fonte: Neves, 2018.

1.6.4.4 Cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA)

Para o cálculo do índice de Qualidade da Água (IQA) das amostras, foi utilizado o aplicativo “Calculadora IQA”, desenvolvido pelo Programa de Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), sobre patente da Profa. Dra. Hebe Campos, em parceria com o Prof. Dr. José Fábio Alves, do Mestrado Profissional em Matemática, do Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE/UEPA). A ferramenta foi lançada no dia 22 de março de 2018 com o objetivo de facilitar a apuração rápida dos resultados de qualidade da água.

Para aquisição da calculadora, foi acessada a página do app Play Store e executado o download para o sistema Android (celular da marca Samsung, modelo J7Neo). Após esse procedimento, o sistema solicita a inserção dos nove parâmetros para o cálculo do IQA (Figura 11).

Figura 11- Aplicativo Calculadora IQA

Calculadora IQA

Entrada (mg/L)

DBO:

Saída q3:

Calcular q3

Entrada (mg/L)

N Total:

Saída q4:

Calcular q4

Entrada (mgPO₄/L)

Fósforo Total:

Saída q5:

Calcular q5

Entrada (°C)

Temperatura:

Entrada (UNT)

Turbidez:

Saída q6:

Calcular q6

Entrada (mg/L)

ST:

Saída q7:

Calcular q7

Entrada (metro)

Altitude:

OD:

T:

Saída (Percentual de Saturação)

q8:

Calcular q8

Saída IQA:

Calcular IQA

Calculadora IQA

Entrada (NMP/100mL)

Coliformes:

Saída q1:

Calcular q1

Entrada pH:

Saída q2:

Calcular q2

Índice de Qualidade de Água - IQA

UEPA Universidade do Estado do Pará

DESINSTALAR ABRIR

Mais de 50 downloads

4,0

1 Educação Semelhantes

Calcula o IQA – Índice de Qualidade de Água a partir de parâmetros

NOVIDADES

O objetivo do aplicativo é calcular o IQA (Índice de Qualidade de Água) a partir dos

Fonte: Neves, 2018

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA DA DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO PERÍODO 2005 A 2016, NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA

Os resultados referentes ao mapeamento e classificação do uso e cobertura da terra, adquiridos por meio das imagens do satélite *Landsat 5* e *8*, foram convertidos em mapas temáticos, tabelas e gráficos. Os dados do ano de 2005 estão apresentados na Tabela 4 e ilustrados na Figura 12.

De acordo com a análise, foi constatado o predomínio da classe de vegetação primária, que corresponde ao total de 81,15%, percentual que indicou uma extensão de 562,76 Km² de áreas verdes.

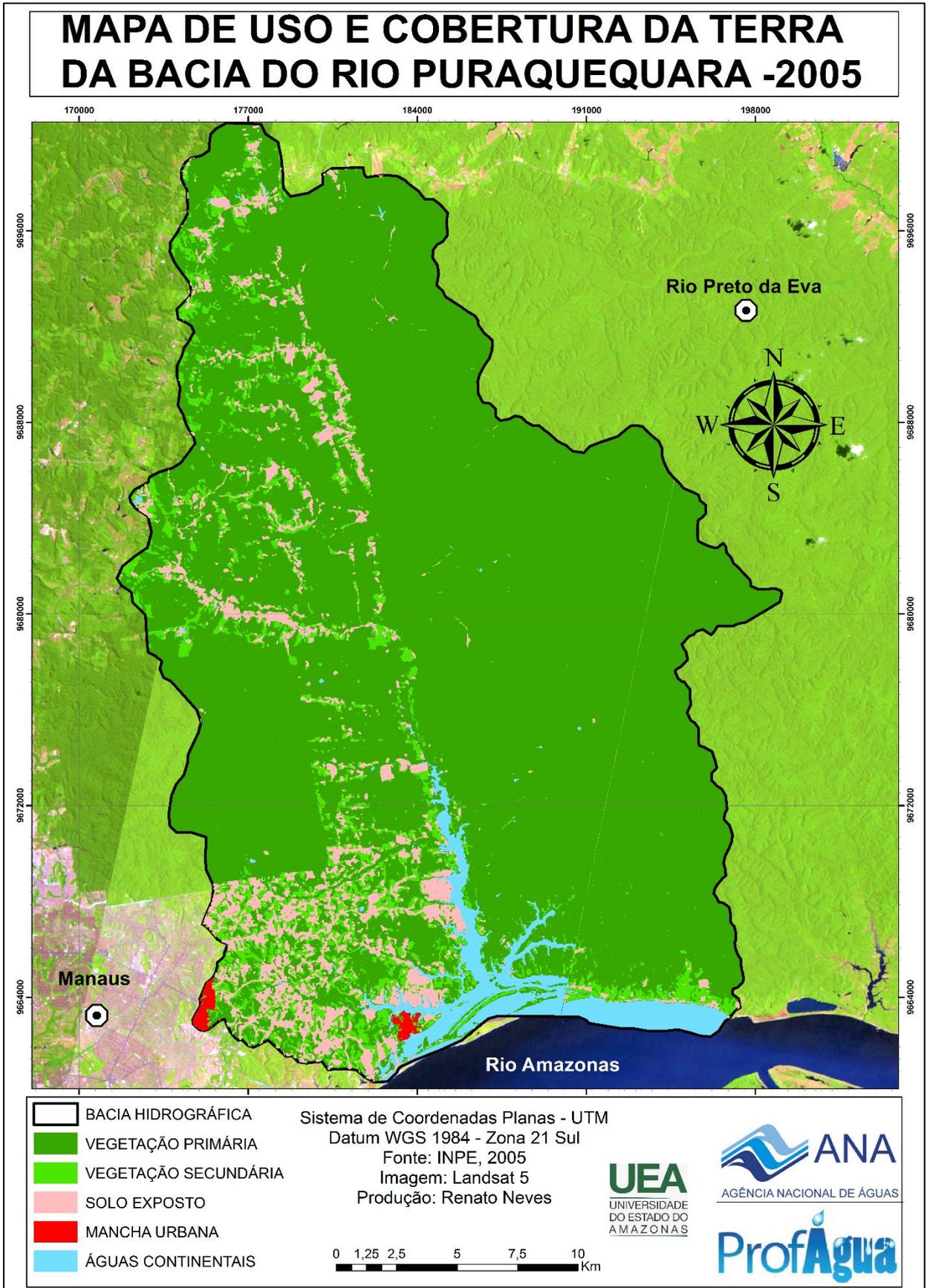
Tabela 4- Quantitativo de área coberta (Km²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2005

CLASSE	2005	
	ÁREA (Km ²)	%
Águas Continentais	26,64	3,82
Vegetação Primária	562,76	81,15
Vegetação Secundária	53,73	7,74
Solo Exposto	48,61	7,01
Mancha Urbana	1,86	0,26

Fonte: Neves, 2017

Em relação à vegetação secundária, os resultados obtidos foram de 7,74%, o que correspondeu a 53,73 Km² de área coberta. As áreas de solo exposto se destacaram com um percentual de 7,01%, dado especializado em uma área de 48,61 Km². A mancha urbana apresentou 0,26%, distribuída em extensão territorial de 1,86 Km². Este resultado representa a Vila do Puraquequera, que, a partir de 1996, foi elevada à categoria de bairro pelo Decreto Municipal Lei 671/02, do Plano Diretor do Município (MIRANDA, 2017); além do espraiamento urbano do bairro Jorge Teixeira, em direção ao limite da bacia. As águas continentais representadas pelo Rio Puraquequara e seus tributários somaram 3,82%, uma dimensão de 26,64 Km².

Figura 12- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2005



Fonte: Neves, 2018

Em relação ao ano de 2010 (Tabela 5 e Figura 13), verificou-se a perda de vegetação primária, apresentado o percentual de 79,89% para uma extensão de 554,63 Km². Comparando ao resultado do ano de 2005, houve a perda de 1,26%, o que corresponde área de 8,13Km².

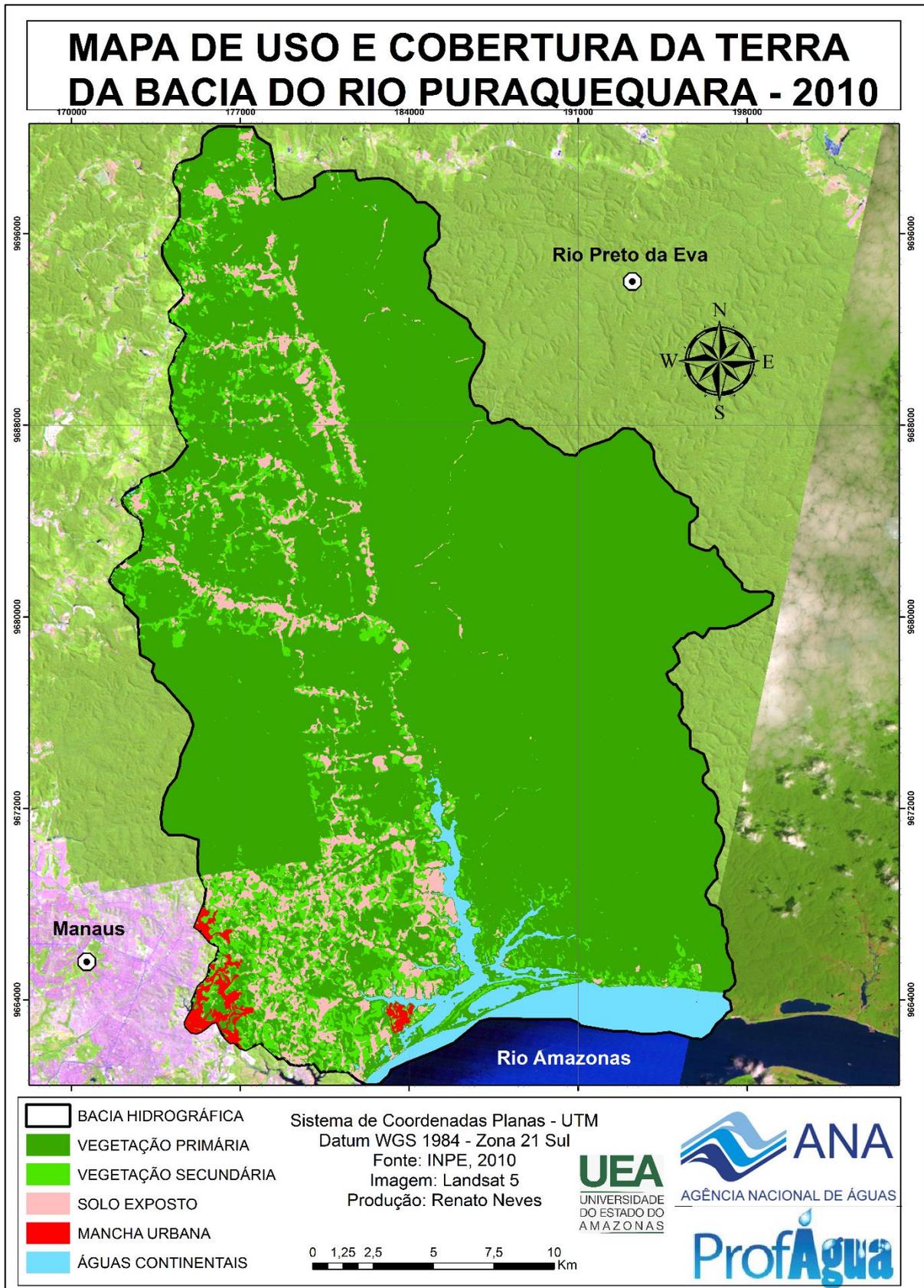
Tabela 5 - Quantitativo de área coberta (Km²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2010

CLASSE	2010	
	ÁREA (KM ²)	%
Águas Continentais	29,4	4,23
Vegetação Primária	554,63	79,89
Vegetação Secundária	62,34	8,99
Solo Exposto	43,16	6,22
Mancha Urbana	4,65	0,67

Fonte: Neves, 2018

A classe vegetação secundária atingiu um percentual de 8,99% (3,82 Km²) no ano de 2010. Comparado ao ano de 2005, ocorreu crescimento de 1,25%, o que significa o aumento de 8,61Km² de área coberta, o que evidencia a reestruturação da vegetação. As áreas de solo exposto corresponderam a 6,22%, para um total de 43,16 Km², demonstrando a redução de 5,45Km² em comparação ao ano de 2005. A macha urbana atingiu um percentual de 0,67%, ocupando 4,65 Km² da área da bacia. Ao se observar a Figuras 2 e 3, é notória a expansão urbana no limite com o bairro Jorge Teixeira, esse aumento representa 0,41% (2,79Km²) em relação ao ano de 2005. As águas continentais totalizaram 29,40% (4,23 Km²) de superfície coberta, feita a análise comparativa, houve o aumento de 0,41% (2,76 Km²) em relação a 2005.

Figura 13- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2010



Fonte: Neves, 2018

Na avaliação de 2016, verificou-se novamente a tendência na supressão de vegetação primária. Os dados descrevem um percentual de 78,78% para uma área de 546,34 Km², em análise comparativa com o ano de 2005, a redução correspondeu a 1,11%, uma perda de 8,29 Km². A Tabela 6 discrimina os resultados da classificação.

Tabela 6- Quantitativo de área coberta (Km²) e em percentual (%) das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara do ano de 2016

CLASSE	2016	
	ÁREA (KM ²)	%
Águas Continentais	9,62	1,38
Vegetação Primária	546,34	78,78
Vegetação Secundária	51,05	7,36
Solo Exposto	77,85	11,23
Mancha Urbana	8,58	1,23

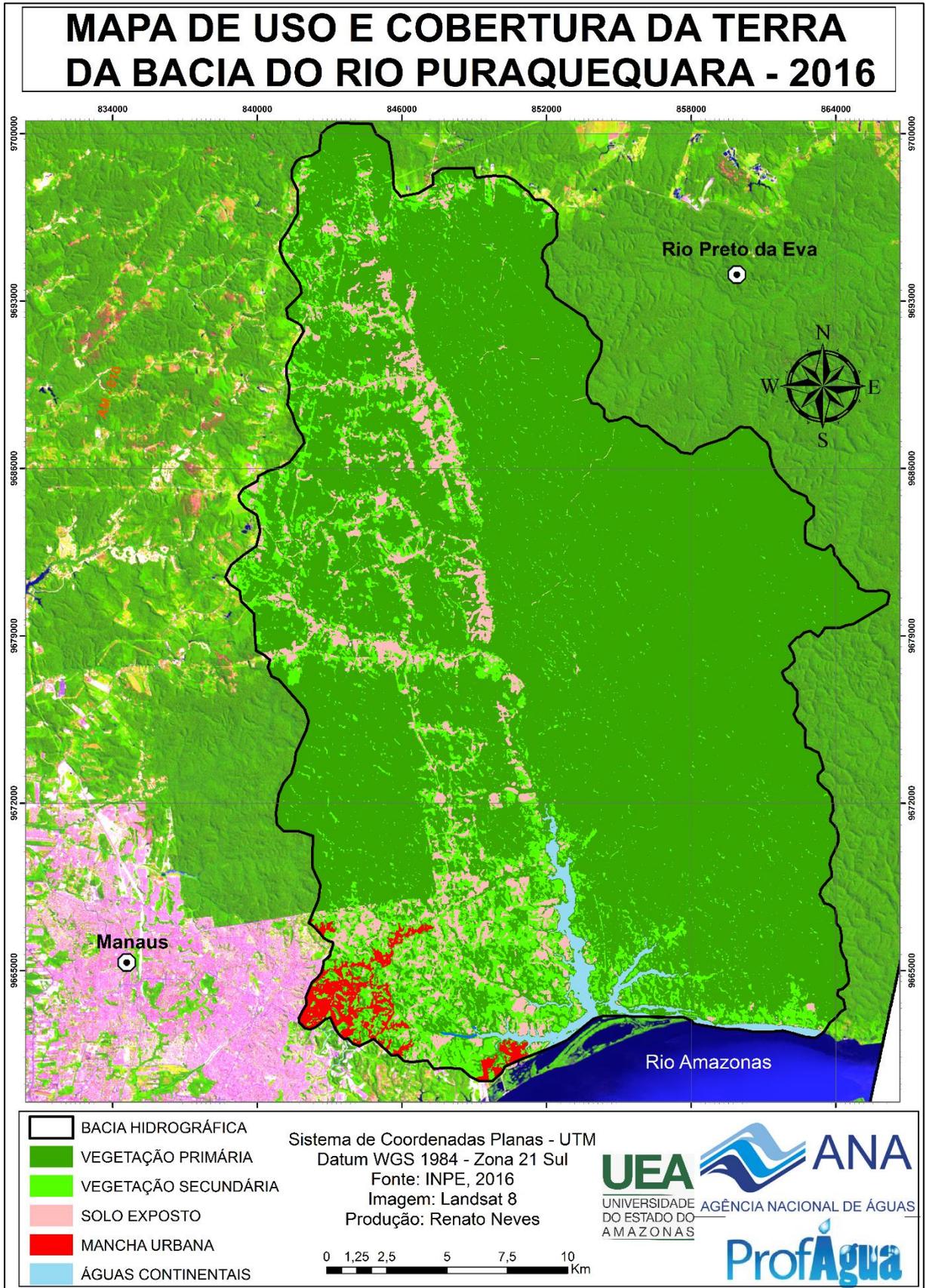
Fonte: Neves, 2018

De acordo com a tabela acima, a classe de vegetação secundária totalizou 7,36% e sua área de abrangência foi quantificada em 51,05 Km². Em comparação ao ano de 2005, essa classe apresentou uma redução de 11,20 Km², correspondente ao percentual de 1,63%.

A classe solo exposto apresentou uma área de 77, 85 Km², equivalendo à porcentagem de 11,23%, tendo uma alta de 5,1% em relação ao ano de 2010, representada por 34,69 Km²; enquanto que a classe mancha urbana correspondeu a 8,58 Km² (1,23%), demonstrando uma diferença de 3,93 Km² (0,56%) em comparação aos dados de 2010.

Por sua vez, a classe águas continentais apresentou maior variação entre os anos de 2010 e 2016, correspondendo a 9,62 Km² (1,38%), uma diferença de 19,78 Km² (2,85%). Os dados apresentados para o ano de 2016 podem ser visualizados na Figura 14.

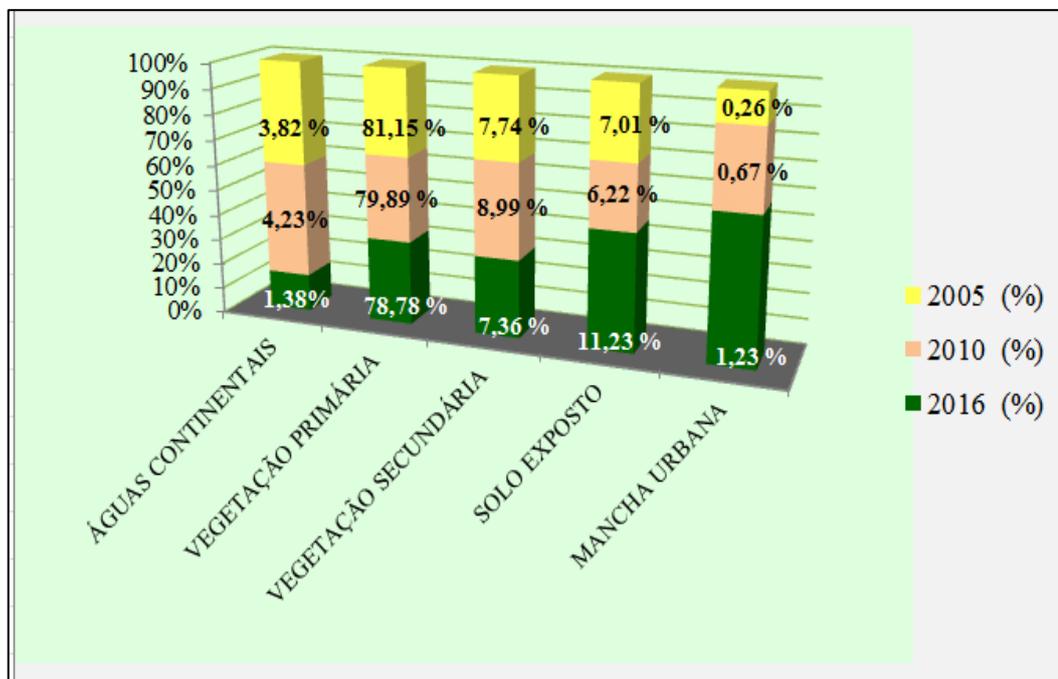
Figura 14- Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara referente ao ano 2016



Fonte: Neves, 2018

De acordo com a avaliação relativa ao período de 2005 a 2016, as classes mapeadas: águas continentais, vegetação primária e vegetação secundária apresentaram pequenas variações para um período de 11 anos. A classe mancha urbana, para mesmo período, avançou 3,93 Km² sobre as áreas de solo exposto, vegetação secundária e primária. Na figura 15, é possível visualizar as variações percentuais para as três temporalidades analisadas.

Figura 15- Comparação do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara entre 2005 a 2016



Fonte: Neves, 2018

As mudanças observadas na Bacia Hidrográfica do Puraquequara são mais evidentes na margem direita do rio principal. Para melhor qualificação do uso da terra, a área foi regionalizada com base no Mapa Hipisométrico da bacia, gerado a partir dos estudos de Correia et al. (2013). Nesse sentido, o Baixo Curso Rio Puraquequara tem predomínio de cotas altimétricas (7m - 41m), especialmente, tem início a partir da borda sul da Reserva Adolpho Ducke até a foz, no Rio Amazonas. O Médio Curso varia de (41m -85m) de altimetria, se estende do limite da borda norte da APA Adolpho Ducke até a borda sul da reserva. Quanto ao Alto Puraquequara, com cotas (85 m -

147 m), se entende da região de nascente até o limite da borda norte da APA Adolpho Ducke.

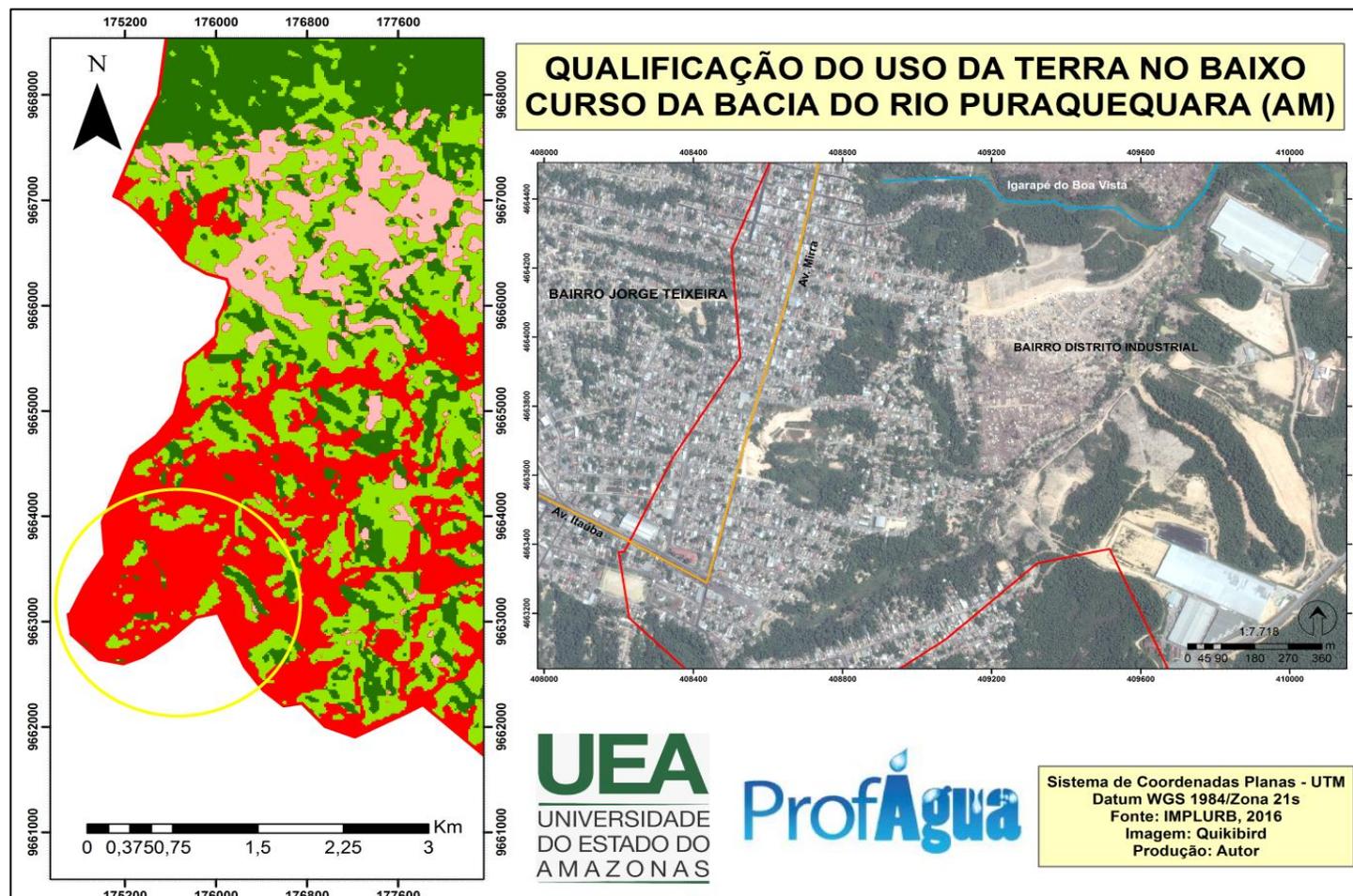
A expansão urbana é mais intensa no Baixo Curso, sendo mais direcionada para porção sudoeste da bacia. Nas observações de Fortes (2001), esse setor é o mais urbanizado, apresenta cobertura vegetal de forma pontual e descontínua, totalizando cerca 11 Km² de área verde. Verifica-se que a área está sujeita a vários tipos de agressão ambiental, pois alguns habitantes do bairro João Paulo se fixaram em fundos de vale e em cabeceiras de encostas (FORTES 2001).

Os resultados de Pequeno Filho (2005) demonstraram que essa área se encontrava relativamente desmatada, com predomínio de capoeiras, pequenos lotes para o plantio de frutíferas, além de ramais em direção ao canal principal. De acordo com sua classificação, a classe de mata primária, que neste trabalho é denominada de vegetação primária, representou um percentual de 61,48% e a classe de solo exposto 3,78%. Esses resultados demonstram diferenças para classes analisadas no mesmo período, vegetação primária (81,15%) e solo exposto (7,01%).

A explicação para as diferenças nos percentuais corresponde à metodologia utilizada pelo autor. No seu estudo, é estabelecido o critério de nove classes de uso e cobertura do solo, área calculada da bacia foi de 687 Km², imagem do satélite CBERS (com mais de 20 focos de nuvens), esses fatores ocasionam a redução da quantificação espacial das classes, mas fica evidente nos estudos do autor a predominância da vegetação natural na área.

Nas contribuições de Miranda (2017, p.86), o setor sudoeste é o “mais afetado pela expansão urbana, com taxas de urbanização maiores que o restante do perímetro da bacia, é ocupada de forma desordenada e irregular com presença de indústrias[...]”. Na figura 16, é possível qualificar a expansão da mancha urbana em direção ao setor sudoeste da bacia.

Figura 16- Qualificação do Uso da Terra no Baixo Curso do Rio Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

A Figura 17 permite validar a mancha urbana neste setor, a presença dos arruamentos, edificações, plantas industriais são características dessa classe. A consolidação recente dos aglomerados subnormais, que tem como topônimo Coliseu (I, II e III) são as principais ocupações já consolidadas nesse espaço territorial, são também a principal ameaça na alteração da qualidade da água do Igarapé do Boa Vista, afluente da margem direita do Rio Puraquequara. O processo de ocupação vem desencadeando algumas alterações no ambiente, como a derrubada de árvores nativas para construção casas, edificação de fossas sépticas no fundo do terreno e barramento do igarapé para recreação. Na Figura 17, são observadas algumas dessas mudanças.

Figura 17- Barramento do Igarapé do Boa Vista, afluente da margem direita da Bacia do Rio Puraquequara, região do Coliseu I e II, bairro Distrito Industrial II



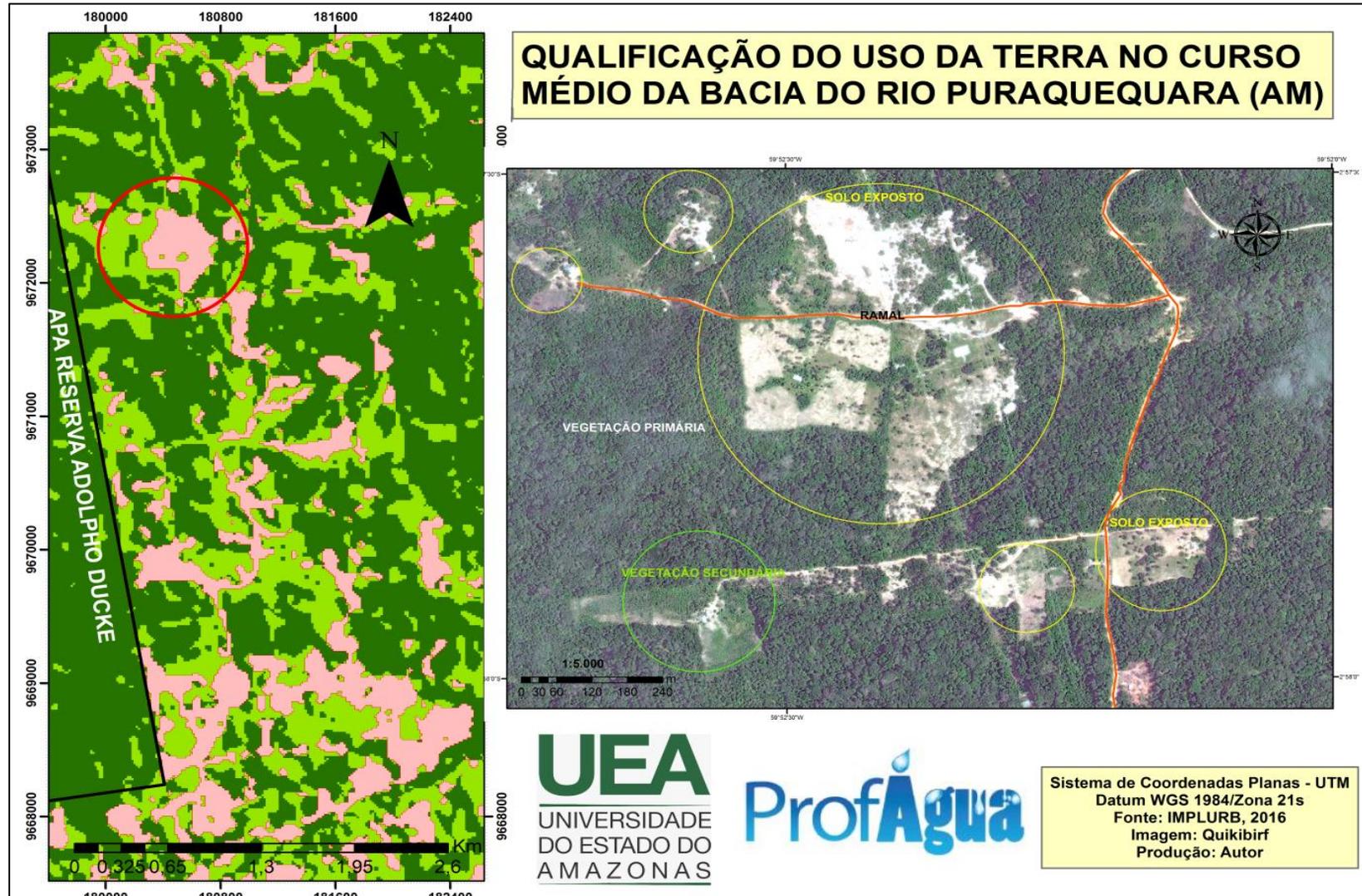
Fonte: Neves, 2017

No médio curso da bacia hidrográfica do Puraquequara, dois fatores são importantes para conservação da vegetação primária. Um deles é a reserva Adolpho Ducke, criada em 1963, neste mesmo ano declarada Reserva Biológica e pertencente ao Instituto de Pesquisas Nacionais da Amazônia (INPA), mas, atualmente, por meio do decreto municipal 1.512, de 27 de março de 2012, a reserva foi declarada Área de Proteção Ambiental, segundo o decreto:

Área de Proteção Ambiental integra as unidades de Uso Sustentável, na forma do art.14 da Lei 9.995/2000, destinada a proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (DECRETO 1.512, 2012.p.6).

Apesar de ser considerada uma barreira natural desde anos de 1960, o entorno da reserva é ocupado por atividades diversificadas, como agricultura familiar, piscicultura em tanques escavados, exploração de madeira, exploração de areia e turismo. Os estudos de Miranda (2017) comprovam que na área são predominantes muitos ramais, sítios, áreas sem cobertura vegetal, usadas principalmente por agricultores para o plantio ou criação de pasto para gado. A Figura 18 qualifica uma dessas atividades nesse setor.

Figura 18- Qualificação do Uso da Terra no Curso Médio da Bacia do Rio Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

A Figura 18 espacializa e valida uma das principais atividades praticadas na bacia hidrográfica do Rio Puraquequara. A presença de solo exposto na região indica a extração de madeira, exploração areia e pequenas plantações. Os cortes paralelos e meridionais indicam a presença de ramais, que, no caso, são utilizados como vias de acesso a diversos pontos neste setor.

O segundo fator corresponde à margem esquerda da bacia, a extensa paisagem com predominância de floresta primária ocupa grande parte do Médio Curso do Rio Puraquequara, isso ocorre em função da presença militar na margem esquerda da bacia.

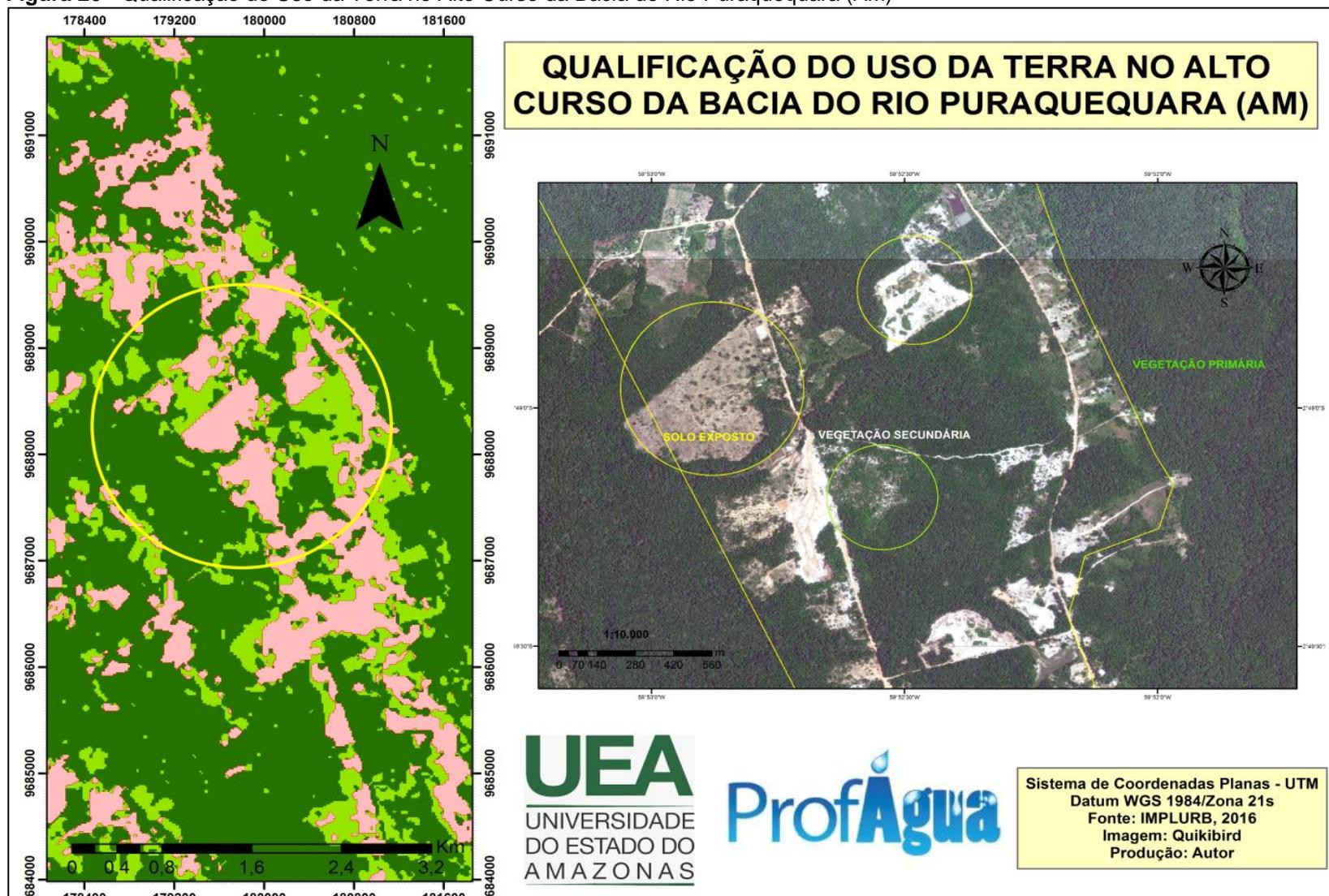
Figura 19- Predominância da classe de vegetação primária ao fundo, Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara, período da vazante



Fonte: Neves, 2017

A região do Alto Puraquequara apresentou predominância da vegetação primária, o que colabora para preservação de sua nascente. Pequeno Filho (2005) observou diversas áreas desmatadas e outras em processo de regeneração nessa porção. É perceptível que a classe de solo exposto é predominante na margem direita, isso se deve a presença de ramais, como Areia Branca I e Areia Branca II, ambos paralelos à rodovia AM 010. As análises de Miranda (2017), afirmam que grande parte da vegetação nativa ainda faz parte desse setor, a existência de pequenos focos de desmatamento ou áreas de solo exposto se deve ao processo urbanização acelerada. As observações por imagens de alta resolução mostram a realidade do uso da terra no Alto Curso do Rio Puraquequara, margem direita.

Figura 20- Qualificação do Uso da Terra no Alto Curso da Bacia do Rio Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

A exploração de areia é predominante ao norte da bacia, os focos de exploração estão mais presentes no ramal do Água Branca I e II. A Figura 20 faz referência ao Assentamento do Puraquequara (sobre patente do INCRA), os pontos esbranquiçados são pontos de exploração de mineral. Segundo Fortes (2001), na margem direita do igarapé do Água Branca (ramal I), já ocorria “intensa extração de areia, essa atividade produz efeitos negativos ao meio ambiente e contribui para o assoreamento do igarapé (FORTES, 2001, p.92).” A presença de sítios, agricultura de pequena extensão, hortas e tanques escavados são algumas das atividades no Alto do Puraquequara.

A avaliação do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Puraquequara para o período de 11 anos mostra que, apesar das mudanças evidenciadas na área de estudo, a classe de vegetação primária é predominante, mas devemos levar em consideração as barreiras naturais que impossibilitam a exploração dos recursos naturais no interior da bacia. Ficou evidente na classificação que a classe de solo exposto é predominante na porção ocidental da bacia, e que seus principais usos são: agricultura e exploração de areia. A mancha urbana é o principal vetor do Baixo Puraquequara, ocupações irregulares, desmatamento, adensamento populacional, poluição hídrica, são algumas das alterações nesse setor. A presença do Estado Maior na margem esquerda inibe a exploração dos recursos naturais da floresta, motivo pelo qual os afluentes são mais preservados.

CAPÍTULO III

OS MÚLTIPLOS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PURAQUEQUARA

A Bacia Hidrográfica do Puraquequara é uma unidade espacial que possui uma extensão de 694, 834 Km², estabelecendo limites a leste com o município de Rio Preto da Eva, a oeste com a franja urbana da cidade de Manaus, ao norte com rodovia AM 010 e ao sul com o Rio Amazonas. O rio principal da bacia é um dos afluentes da margem esquerda do Rio Amazonas, a malha hídrica é constituída por 84 rios, segundo Miranda (2017). Os afluentes mais influenciados pela degradação ambiental estão na margem direita do Rio Puraquequara, entre eles, Igarapé do Boa Vista e Igarapé do Água Branca. Sobre a bacia, predominam três formas de ecossistemas característicos da Região Amazônica: Terra Firme, Várzea e Igapó.

O ecossistema de Terra Firme é o predominante nessa unidade espacial. O ecossistema de Várzea, influenciado pelas variações da vazante e da cheia, sendo mais presente na foz, “é constituído por sedimentos trazidos do Rio Amazonas e amontoados sobre bloco junto à foz do Puraquequara” (PEQUENO FILHO, 2000, p.50). Segundo Sioli (1985), os ambientes de várzeas são fartos em matéria depositável e quimicamente mais ricos em nutrientes. Os ecossistemas de Igapó são periodicamente alagados durante a cheia, “nesses ambientes água e solo de áreas alagas por rios de água preta tem baixa fertilidade (ESCUDELLER E SOUZA, 2009, p.99)”.

Realizar o levantamento dos aspectos naturais predominantes sobre esse recorte espacial ajuda a compreender a dinâmica desse espaço, além de saber que os corpos hídricos exercem o papel fundamental na manutenção dos ecossistemas, como também na permanência do homem e suas práticas econômicas e de subsistência no local. Atualmente, a Lei das Águas destaca que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo desses recursos. Na Bacia do Rio Puraquequara, foram identificadas várias formas de uso da água, mas, antes de comentarmos, vamos levar em consideração alguns usos históricos outrora praticados na bacia.

Dados históricos já comprovavam a importância do uso da água do Rio Puraquequara para alimentação dos empregados da Coroa Portuguesa em terras amazônicas, a saber:

As primeiras informações que se têm do Rio Puraquequara, ou melhor, do lago do Puraquequara são do século XVIII, por ocasião da viagem de Alexandre Rodrigues Ferreira, entre 1783 e 1792, à Capitania do Rio Negro. Nota-se, ainda, na observação de Alexandre Ferreira que o lago do Puraquequara era um dos três pesqueiros de tartarugas da Fazenda Real, da Capitania de São José do Rio Negro, criado perante a demarcação dos Reais Domínios, destinado a sustentar os Empregados da Real Demarcação que residiam em Barcelos, então sede da Capitania (FERREIRA, 1972 apud FORTES, 2000).

Nas palavras do autor, é notória a importância da atividade de pesca para o período, a exploração de quelônios no Baixo Puraquequara pode ser considerada uma das primeiras atividades do uso água documentada para o período. Coelho (2006), ao comentar sobre a formação da Comunidade do Puraquequara no início do século XX, aponta que os primeiros habitantes da área trabalhavam em agricultura, pesca e caça. Esses fatos históricos são importantes para a percepção do quanto a demanda por água na bacia aumentou nos dias atuais.

É sabido que o principal recurso natural mantenedor da bacia hidrográfica é a água. As atividades praticadas no contexto atual na bacia, em sua maioria, são dependes da malha hídrica do Rio Puraquequara. A rede hidrográfica que forma a bacia do Puraquequara dá longevidade para floresta, corrobora para prática do turismo, alimenta comunidades ribeirinhas, transporta balsas de pequeno e grande porte, dessedenta animais, é estrada de ida e volta para escola.

O levantamento dos Múltiplos Usos da Água na Bacia do Rio Puraquequara seguiu duas fases de identificação. A primeira por via fluvial, tendo início na Vila do Puraquequara até o Hotel Amazon Village, percorrendo um total de 7 km à montante. Nesse percurso, foram identificadas comunidades ribeirinhas, escolas, estaleiros, flutuantes, frigoríficos, hotel de selva, pesca, abastecimento público e outras. No quadro 5, estão relacionados os tipos de uso da água identificados na primeira fase.

Quadro 5- Múltiplos Usos de Recursos Hídricos identificados na Bacia do Rio Puraquequara (AM)

USUÁRIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	TIPO DE USO	ATIVIDADES
Comunidade Menino Jesus	Margem Direita	59°9'33.85"W 03°01'57.61"S	Agricultura de Subsistência	Irrigação, Dessedentação de animais; Uso doméstico; Consumo; Pesca; Transporte
Comunidade Santa Luzia	Margem Direita	59°49'18.19"W 03°02'25.52"S	Agricultura de Subsistência	Irrigação, Dessedentação de animais; Uso doméstico; Consumo; Pesca; Transporte
Comunidade São Francisco do Mainã	Margem Esquerda	59°49'10.15"W 03°1'2.79"S	Agricultura de Subsistência	Irrigação, Dessedentação de animais; Uso doméstico; Consumo; Pesca; Transporte
Esc. Mul. São Luis Gonzaga	Margem Direita	59°50'00.3"W 02°58'52.7"S	Instituição de Ensino	Transporte, Uso doméstico; Consumo
Estaleiro I	Margem Direita	59°49'34.15"W 03°01'59.54"S	Indústria	Construção de embarcações de pequeno porte
Estaleiro II – DMN Estaleiro da Amazônia	Margem Direita	59°49'36.98"W 03°00'54.84"S	Indústria Automotiva e Transporte	Construção de embarcações de grande porte
Fazenda Pupunheira	Margem Direita	59°50'8.07"W 3°0'47.78"S	Comercial	Irrigação, Dessedentação de animais; Uso doméstico; Consumo
Flutuante Luz do Sol	Margem Direita	59°49'39.03"W 02°59'42.95"S	Turismo/Lazer	Uso doméstico; Consumo; Recreação
Frigorífico	Margem Direita	59°49'36.04"W 03°01'16.06"S	Indústria Frigorífica	Transporte; Dessedentação e higienização de animais; Limpeza geral (maquinário e transporte); Consumo
Hotel Amazon Village	Margem Direita	59°49'57.2"W 02°58'22.3"S	Turismo/Lazer	Uso doméstico; Consumo; Transporte; Recreação
Socorro Carvalho	Margem Direita	59°49'37.51"W 3°0'59.11"S	Transporte, manutenção e locação de embarcações fluviais	Transporte; Limpeza geral (higienização de embarcações); Consumo (manutenção de embarcações)
Vila do Puraquequara	Margem Direita	59°50'44.47"W 3°3'25.96"S	Urbana	Uso Doméstico; Consumo; Rede de esgoto

Fonte: Neves, 2018

As comunidades ribeirinhas identificadas na bacia estão distribuídas pela calha do Baixo Puraquequera. O rio tem a função múltipla na vida dos comunitários, a prática da pesca tem o objetivo de alimentar as famílias e gerar renda, os ribeirinhos são totalmente dependentes do transporte fluvial, seja para compra de mercadorias na área urbana ou condução das crianças até a escola. O abastecimento de água para as necessidades domésticas e consumo são realizadas por derivação superficial, que ocorre por meio de bombas submersas (Figura 21).

Figura 21- Captação de água superficial por meio de bomba submersa na Comunidade São Francisco do Mainã (margem esquerda), Bacia do Rio Puraquequera (AM)



Fonte: Neves, 2017

As escolas ribeirinhas mantêm uma relação de dependência com o rio, o transporte dos alunos feito por meio das lanchas escolares é comum na região. Três escolas têm suas sedes no perímetro da bacia: Escola Municipal Francisco Coelho (margem esquerda), Escola Municipal Santa Luzia (margem direita) e Escola São Luiz de Gonzaga (margem esquerda). O uso de água para consumo e higienização do ambiente escolar ocorre por meio da exploração subterrânea, que é usualmente conhecida por “poço artesiano”. A figura 22 ilustra uma das escolas localizada na calha do Rio Puraquequera.

Figura 22- Escola Municipal São Luiz de Gonzaga, margem esquerda do Rio Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2017

Atuando na manutenção, reparos e construção de embarcações de pequeno, médio e grande porte, os estaleiros DMN Embarcações, JR Serviços Navais LTDA e Estaleiro I, estão especializados no Baixo Puraquequara. Essas atividades necessitam da sazonalidade do Rio Puraquequara, pois as construções se iniciam no período de vazante, para no período de cheia serem escoada para o destino de origem. A figura 21 nos permite visualizar as estruturas metálicas que são construídas pela industrial Naval.

Figura 23- Construção de balsas metálicas na margem direita do Rio Puraquequara, estaleiro DMN Embarcações



Fonte: Neves, 2018

Outro processo que depende da água da Bacia do Rio Puraquequara é a indústria frigorífica. No limite territorial, foram identificadas duas plantas de abate. As águas superficiais abarcam três formas de uso: a primeira corresponde ao uso como via de transporte das barcaças até o local de origem, a higienização dos meios de transportes e principalmente dos bovinos se enquadram na segunda forma de uso da água, e por fim, o processo de industrialização da carne bovina, englobando o pré-abate e abate. A seguir as barcaças de alocação da bovina (Figura 24).

Figura 24- Barcaças de condução bovina para abatimento, região do Baixo Puraquequara.



Fonte: Neves, 2017

Na região, há predomínio de casas flutuantes, que, no contexto regional, são embarcações construídas de madeiras sobre as águas superficiais. Esses ambientes atraem inúmeros visitantes da área urbana de Manaus e adjacências, principalmente aos finais de semana, o objetivo principal dessa atividade é recreação. A influência da sazonalidade do rio contribui na renda desse tipo de atividade, pois na época da vazante esses pequenos empreendimentos ficam isolados por conta do recuo do rio, o que reduz a procura desses espaços pela população. É notório que as oscilações das águas superficiais do Rio Puraquequara contribuem de forma positiva, gerando renda para população local. O uso da água também é destinado para limpeza dos ambientes, assim como para descarga de efluentes domésticos. A Figura 25

exemplifica um dos modelos de casas flutuantes identificados na Bacia do Rio Puraquequara.

Figura 25- Casa Flutuante nas proximidades da Comunidade Santa Luzia, margem direita da Bacia do Rio Puraquequara



Foto: Neves, 2017

O ramo da hotelaria é outro setor que depende da vitalidade das águas superficiais do Rio Puraquequara, um dos empreendimentos de maior destaque, principalmente internacional, o Hotel Amazon Village Jungle Lodge (Figura 26), desempenha desde 1986 sua principal função que é o Turismo Ecológico. “A grande maioria do público que se hospeda é composta por estrangeiros, austríacos, alemães, canadenses, franceses e italianos (RAMOS, 2012, p.100)”. O local mantém total dependência do Rio Puraquequara, isso se deve ao fato do mesmo ser a única via de acesso ao local. Foi observado *in loco*, no período da vazante, que a grande carga de sedimentos depositados no leito do rio dificulta a chegada de embarcações ao local, esse cenário pode estar relacionado às condições naturais do ambiente ou à exploração de areais nas margens dos afluentes. Ramos (2012) esclarece que a média de ocupação anual no empreendimento varia de 70% a 90% nos meses de

agosto e setembro e de 5% a 10% nos meses de maio a julho, fato que evidencia a influência da sazonalidade do Rio Puraquequara no crescimento econômico do empreendimento.

Figura 26- Entrada do Hotel Amazon Village Jungle Lodge, margem esquerda do Rio Puraquequara



Fonte: Neves, 2018

A Vila do Puraquequara, lugar historicamente conhecido pelos moradores como o embrião do bairro, é caracterizada pela presença de equipamentos urbanos, escolas, posto de saúde, áreas comerciais, ruas pavimentadas, frotas de ônibus, casas de alvenaria e palafitas. Apesar de apresentar características urbanas, algumas atividades, como as práticas profissionais ligadas à pesca e agricultura, cultivo de vários produtos em domicílio e a criação de animais, sobretudo galinha, são presentes na vida de alguns comunitários (COELHO, 2006). A água exerce múltipla relação com os ribeirinhos urbanos:

A valorização da natureza é impulsionada pela presença e importância do Lago do Puraquequara que está no cerne da vida dos moradores. O lago exerce função inefável na história e na construção dos modos de vida no lugar, considerando que, por meio dele, homens e mulheres se locomovem todos os dias em suas embarcações, nele transitam até outras localidades, dele extraem o peixe – principal alimento para suas famílias, além de se constituir como um produto para venda e, conseqüentemente, meio de sustento de vários moradores (COELHO, 2006, p.134).

A partir das colocações da autora, os benefícios que o rio gera para a comunidade, de modo geral dão condições de subsistência para população. O uso do recurso para pesca permite assegurar alimentação diária, além de gerar renda para o custeio de outros gastos, como transporte urbano, energia elétrica, vestimenta e outros.

O abastecimento de água para as necessidades domésticas não é realizado pela concessionária do município, a presença de poços tubulares é comum nas residências, o uso de bomba submersa é outra forma de derivar água, principalmente às residências próximas do Lago do Puraquequara. A região não possui Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), o que ajuda a afirmar que águas residuais são escoadas para o rio.

Figura 27- Residências no entorno da orla do Rio Puraquequara



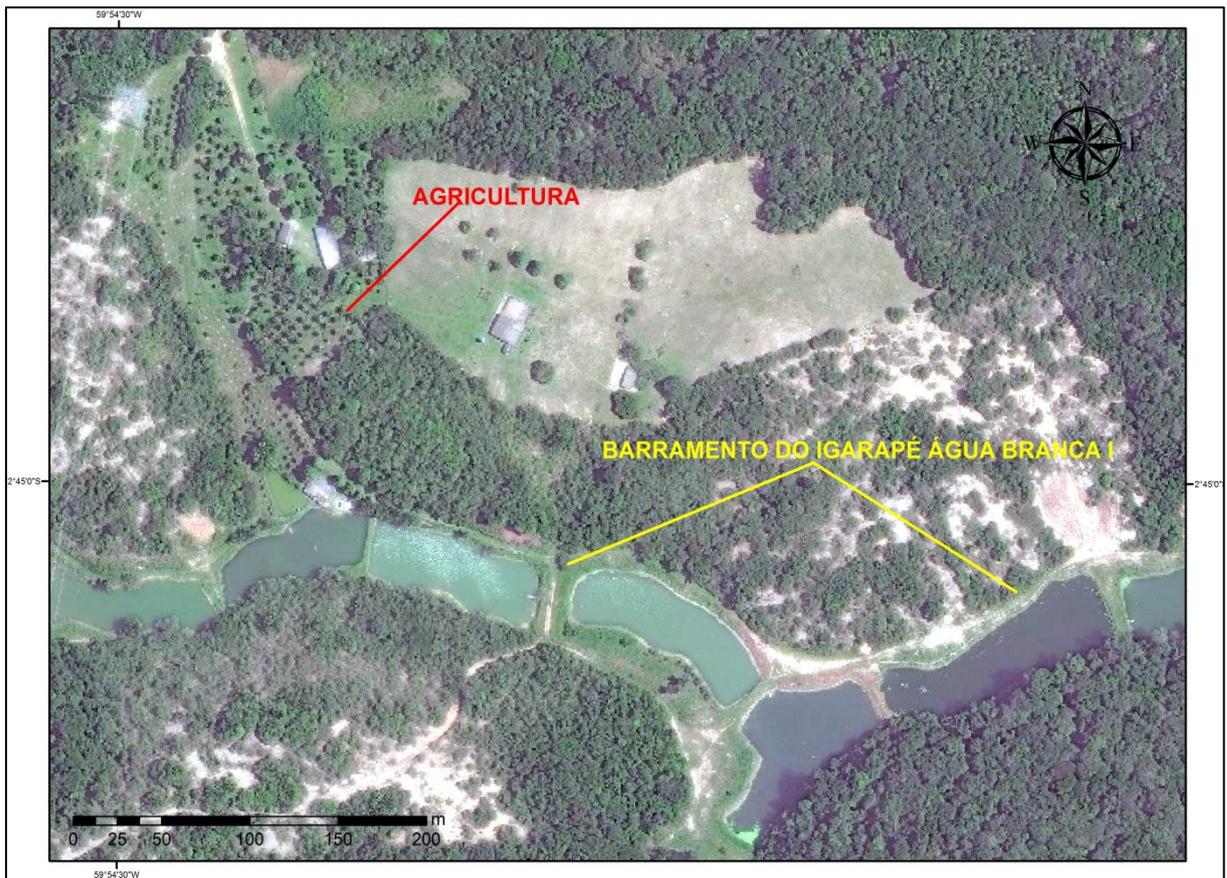
Fonte: Neves, 2018

Por meio de imagens de alta resolução satélite Quikibird (2016) e visita ao local, outras formas de uso da água foram identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara, entre eles tiveram destaque a construção de tanques escavados para criação de peixes, o barramento de igarapés para a irrigação em benefício das atividades agrícolas e de piscicultura, afloramento e exploração de areia, sendo sua distribuição vista de forma irregular pelo norte da bacia, o que possivelmente altera as condições naturais dos igarapés.

Uma atividade muito comum no norte da bacia é criação de peixes em tanques escavados (Figura 28) ou por meio de barramento dos afluentes do Rio Puraquequara.

A prática visa duas formas ganho econômico, a primeira com a titulação de atividades pesque e pague, e a segunda com intenção de produção de peixes para venda direta ao mercado consumidor.

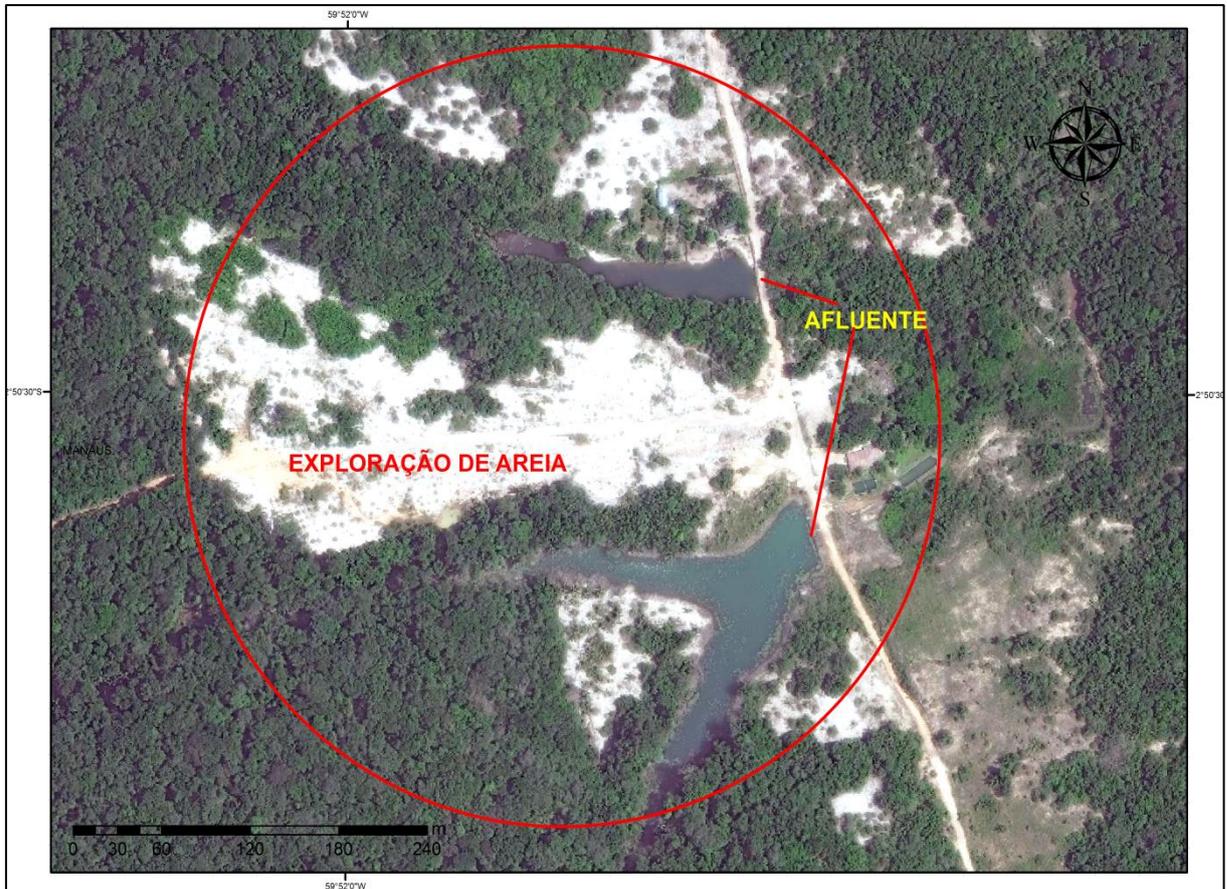
Figura 28- Barramento do Igarapé Água Branca em benefício à agricultura e a criação de peixes no Alto Curso do Rio Puraquequara



Fonte: EMPLURB, 2016

Outra prática que influencia diretamente nos recursos hídricos é a mineração. Na porção norte da bacia, mais especificamente no Alto Puraquequara, foram identificados setores de afloramento de areais, o que indica em alguns pontos a ação exploratória do recurso. De acordo com Cardoso (2008), esse tipo de atividade pode ocasionar desmatamento e escavação do solo e subsolo e posteriormente a degradação do terreno. O autor enfatiza que para o reconhecimento das explorações por meio de imagens QuikiBird são necessários alguns critérios, no caso dos areais, apresentam-se de forma alongada, esbranquiçada e não usam água no processo, em contrapartida podem gerar danos aos corpos hídricos. A seguir, a ilustração dessa atividade na Bacia do Rio Puraquequara (Figura 29).

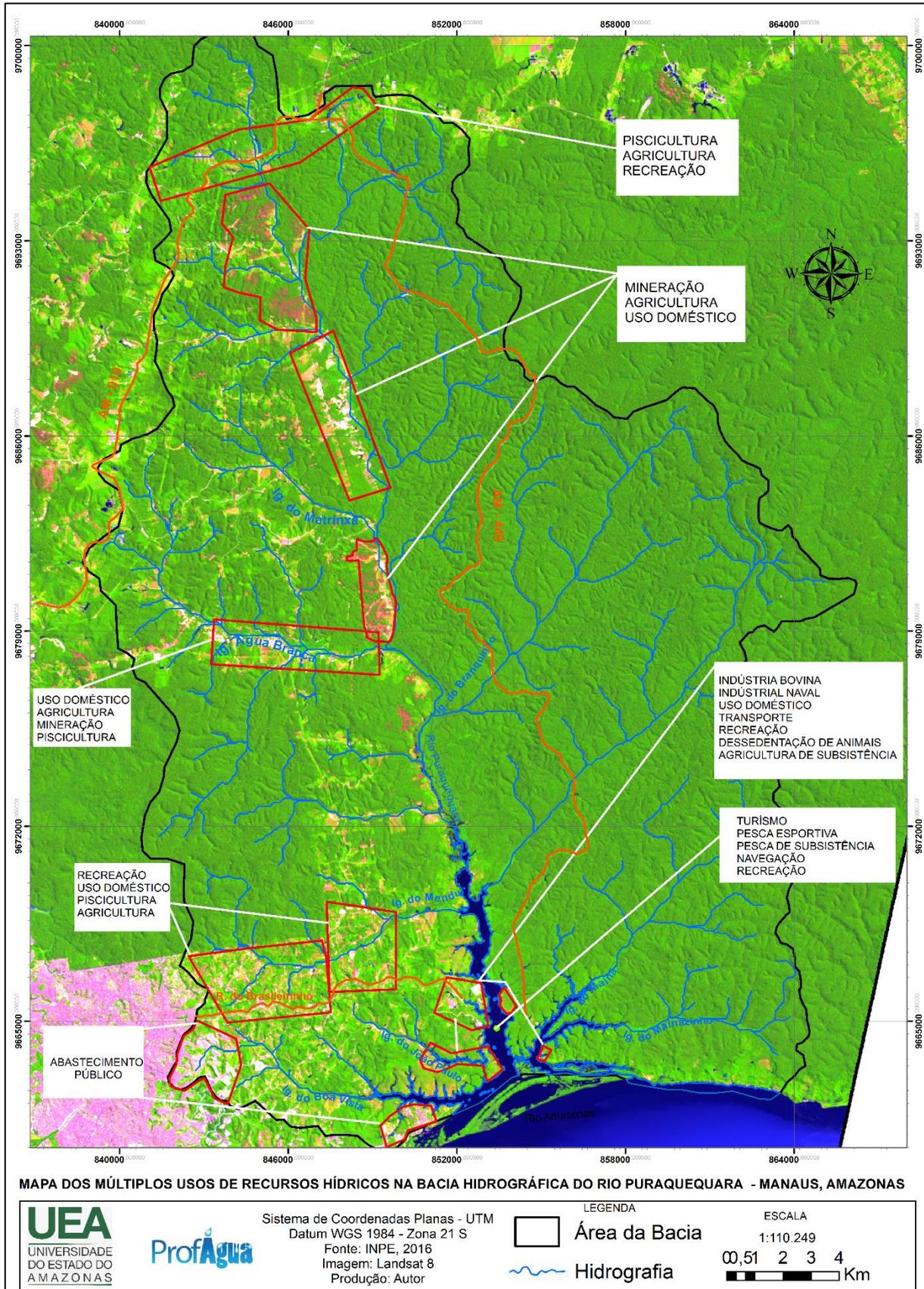
Figura 29- Afloramento de areia no Alto Puraquequara. A cor esbranquiçada é característica do mineral; o formato alongado e ausência de vegetação indicam área de exploração



Fonte: IMPLURB, 2016.

A identificação dos Múltiplos Usos da Água na Bacia do Rio Puraquequara objetivou conhecer os atores que usufruem desse recurso, seja para geração de renda, equilíbrio ecológico ou subsistência. Ao longo da pesquisa, ficou evidente que existem duas interfaces na bacia. A primeira corresponde às formas de uso à montante, nos trechos Alto e Médio, a presença de ramais, como também a Rodovia AM 010, propiciam a exploração dos recursos naturais, sendo as águas superficiais as mais afetadas. A segunda aos usos à jusante, nesse caso, Baixo Puraquequara, onde predominam usos como a pesca, a recreação, a hotelaria, o abastecimento público e a navegação.

Figura 30- Mapa dos Múltiplos Usos dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Puraquequara



Fonte: Neves, 2018

Para a gestão das águas é necessário um breve conhecimento das interfaces, reconhecer as atividades que exploram água no Baixo, Médio e Alto Puraquequara permite prognosticar ações para sustentabilidade do rio.

Após o levantamento dos usos, três tornam-se preocupante no que diz respeito à qualidade e quantidade de água na bacia. O abastecimento público de água não é realizado pela concessionária competente, o que levou boa parte dos moradores a perfurarem poços ou usarem bombas para derivação do recurso. As águas residuais não recebem tratamento antes de serem devolvidas ao corpo hídrico. Os estudos de Rocha (2014, p.109) colaboram para essa afirmação, segundo a autora, “parte da região do Puraquequara é abastecida por poços tubulares sem autorização e fiscalização dos órgãos gestores”. Na sua pesquisa ficou evidente que:

Os usuários residenciais e comerciais não são tarifados pelo consumo que fazem da água, apenas pagam alguma taxa pequena pelo uso do recurso. A necessidade de construir uma consciência socioambiental que tente mostrar os benefícios de utilizar o recurso água coletivamente, evitando que as atividades por eles desenvolvidas no entorno e no Lago não contribua para poluição de suas águas (ROCHA, 2014, p.109).

Devido a maior concentração populacional estar no Bairro do Puraquequara, o Lago recebe um grande fluxo de esgoto doméstico, o que pode implicar nas condições naturais do corpo hídrico. Filho (2012), ao estudar o Lago do Aleixo, notou que as mudanças nos aspectos naturais, inclusive da água, foram ocasionadas pela expansão urbana em função do surgimento de indústrias na área. De acordo com ANA (2011), a atividade que mais conduz problemas difusos de qualidade da água é o despejo de esgoto doméstico.

A exploração de areia é outro uso preocupante, o intenso desmatamento para exploração do recurso vem causando mudanças no perfil natural da bacia, por ser uma atividade que altera o leito dos igarapés por assoreamento, merece atenção dos órgãos competentes. Silva (2005, p.115), ao analisar o processo de exploração mineral na bacia do Igarapé do Mariano, afirma que “a erosão e sedimentação do leito do igarapé tem origem de forma direta e indireta com a exploração de areia”. Cardoso (2008, p.30) assegura que a exploração de minerais na cidade de Manaus afeta diretamente o equilíbrio ecológico, “causando poluição das águas, assoreamento de vales e cursos d’águas, rebaixamento ou exposição do lençol freático”.

As atividades de abatimento bovino, identificadas na margem direita do Rio Puraquequara, correspondem ao terceiro tipo de uso de água que merece atenção.

Segundo moradores da Comunidade São Francisco do Mainã, o empreendimento lança resíduos e carcaças de animais diretamente do rio. Sousa et al. (2018), constatou em seus estudos preliminares que a atividade está gerando resíduos sólidos e efluentes líquidos com alta carga poluidora por conta dos processos produtivos.

Dessa forma, os resultados adquiridos em campo e por meio dados secundários contribuem para caracterização dos múltiplos usos da água na área de estudo. Os dados mostram a realidade de alguns empreendimentos e comunidades ribeirinhas perante o uso do recurso hídrico. Os usos à montante merecem mais atenção, visto que nessa região predominam atividades com maior demanda de água, além da nascente que deve ser preservada. O uso doméstico necessita de mudanças no seu padrão de devolução ao rio, analisar as alterações da qualidade é prioridade, pois os resultados podem interferir diretamente na saúde da população local.

CAPÍTULO IV

QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREAS DE CONFLUÊNCIA DE USUÁRIO

4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

De forma geral, os resultados obtidos com as amostras coletadas nos quatro pontos durante os períodos de vazante e cheia, que serão discutidos ao longo deste capítulo, encontram-se expostos na Tabela 7. Os parâmetros Ph, Condutividade Elétrica, Temperatura, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais e Coliformes Termotolerantes apresentam dados comparativos obtidos das amostras coletadas nos períodos de vazante e cheia. O parâmetro DQO apresenta dados apenas para o período de vazante enquanto que os parâmetros Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO e Resíduo Total apresentam dados apenas para o período de cheia. Por esse motivo, o cálculo do IQA foi calculado somente para o período de cheia.

Tabela 7 - Parâmetros Físico-químicos e Biológicos

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS								
PONTOS	1 Igarapé do Boa Vista Vazante	1 Igarapé do Boa Vista Cheia	2 Igarapé do Mainã Vazante	2 Igarapé do Mainã Cheia	3 Frigorífico Vazante	3 Frigorífico Cheia	4 Estaleiro DMN Vazante	4 Estaleiro DMN Cheia
PH (N/A)	6.65	6.90	5.85	6.59	7.14	6.47	6.05	6.72
Condutividade (μS/cm)	17	47	6	43	212	47	5	34
Temperatura (C°)	30.85	28.93	30.38	28.84	30.46	29.05	28.80	29.13
Turbidez (NTU)	47.43	14.87	22.39	15.82	50.00	4.95	15.56	2.70
Oxigênio Dissolvido (ppm DO)	3.05	4.29	4.27	3.54	3.05	3.05	4.39	5.52
Sólidos Dissolvidos Totais (ppm Tds)	3	66.5	3	84.5	106	29.5	2	25
DQO (mg de O₂/L)	10	-	4	-	41	-	18	-

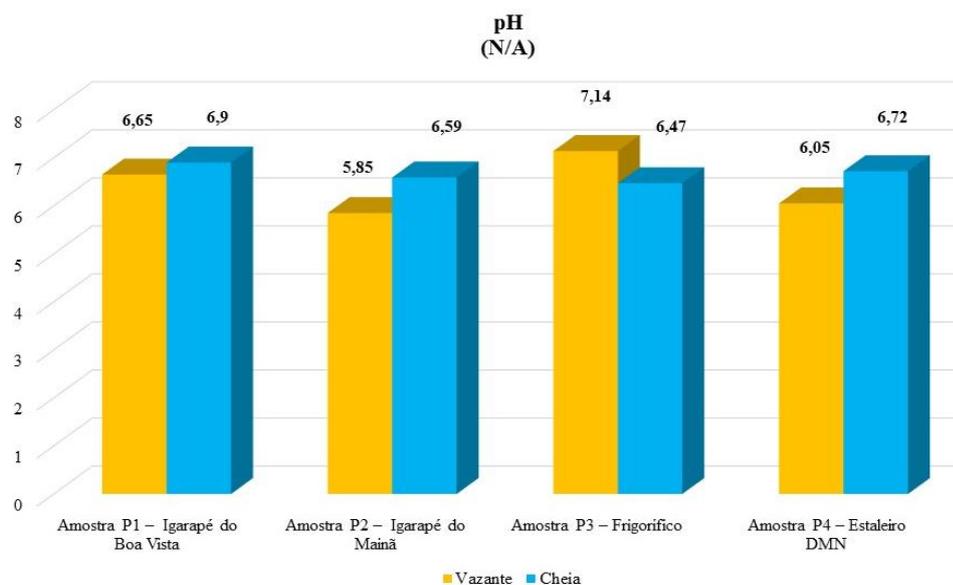
Coliformes Termotolerantes	300	300	50	170	900	1600	50	8
DBO (mg/L)	-	16,77	-	13,33	-	12,9	-	11,18
Fósforo Total	-	0,5	-	0,3	-	0,6	-	0,4
Nitrogênio Total	-	2	-	1	-	4	-	5
Resíduos Totais	-	36,5	-	49	-	29,5	-	29

Fonte: Neves, 2018

4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores do Potencial Hidrogeniônico (pH) avaliados na bacia do Rio Puraquequara são apresentados na Figura 31. Os resultados mostraram que as águas da bacia do Rio Puraquequara, no trecho analisado, apresentaram valores que conferem características de leve acidez. Houve pequenas variações nas aferições, com destaque para o ponto 3 (Frigorífico), que, no período da vazante, apresentou o pH de 7,14, possivelmente devido à presença de efluentes do abate bovino. Para Souza Filho (2018), essas alterações podem ser justificadas pela sazonalidade da Bacia Amazônica, podendo ocorrer acréscimo de poluentes na vazante e até mesmo a maior capacidade de carrear resíduos sólidos na cheia.

Figura 31- Gráfico do pH avaliado no período de vazante (NOV/2017) e cheia (ABR/2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

Os estudos de Oliveira (2017) para bacia do Puraquequara descrevem pH mínimo de 4,85 e máximo de 5,51 para área de nascente. Relatam ainda os valores de 4,68 a 6,54 em outro ponto com área preservada. Segundo Souza Filho (2018), as mudanças nas características das águas ácidas a básica ($\text{PH} > 7,0$) são características de ambiente influenciados pela alta concentração de poluentes escoados para água, entre eles, esgotos domésticos, resíduos sólidos e efluentes industriais (MELO et al., 2005; SANTOS, 2018).

Santos et al. (2015), avaliando o Índice de Qualidade da Água na bacia do Tarumã, rio de água preta, constatou a variação do pH no valor de 3,6 a 6,9, sendo o maior valor encontrado na Ponte da Bolívia. Para os autores, o alto valor está relacionado ao uso e ocupação do solo e à presença de afluentes domésticos.

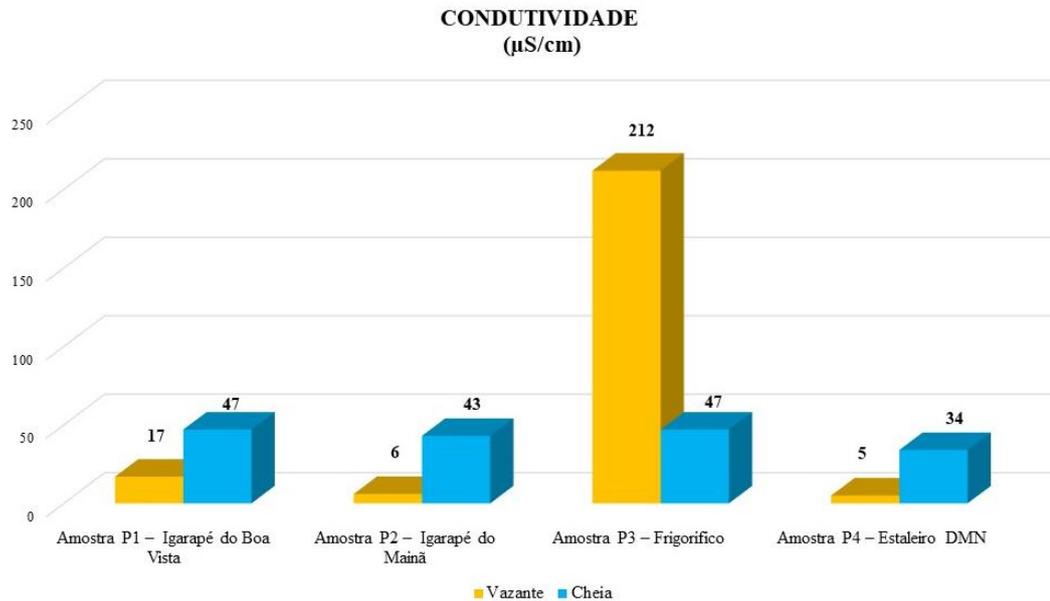
No enquadramento da Resolução CONAMA 357/2005, a legislação apresenta variação entre 6,0 – 9,0 para o pH de águas de classe 2, caso da Bacia do Rio Puraquequara, logo, todos os pontos estão de acordo com a normativa.

4.2 Condutividade Elétrica (CE)

“O parâmetro da Condutividade Elétrica representa a concentração de sais dissolvidos na água” (SOUZA FILHO, 2018, p.83). Os resultados apurados na Figura 32, para o período da vazante, apontaram as menores variações nos pontos de confluência do Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2) e Estaleiro DMN (P4). Os dados foram, respectivamente, 17 uS.cm^{-1} , 6 uS.cm^{-1} e 5 uS.cm^{-1} . Nascimento e Silva (2010) encontram no interior da Reserva Adolpho Ducke valores de $25,4 \text{ uS.cm}^{-1}$ a 28 uS.cm^{-1} , segundo as autoras, esses resultados são característicos de áreas ainda preservadas. Melo et al. (2005, p.43), ao analisar a Bacia do Tarumã e nascentes, observou valores menores que $33,4 \text{ uS.cm}^{-1}$.”

Na região de confluência do Frigorífico foi identificada a maior taxa de condutividade elétrica, chegando a atingir 212 uS.cm^{-1} para o período de vazante. Essa variação é considerada um indicativo de influência antrópica (MELO et al., 2005). Nos estudos de Nascimento e Silva (2008, p.212), nas “áreas [...] influenciadas pela ação humana, a CE eleva-se de forma considerável, onde se registra valores em torno de $204,2 \text{ uS.cm}^{-1}$.”

Figura 32- Gráfico da Condutividade Elétrica avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

Os demais pontos apresentaram uma variação de $6 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $17 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período da cheia, o que caracteriza baixa concentração de sólidos dissolvidos. Oliveira (2017), ao analisar o Rio Puraquequara na época da vazante, encontrou valores de $6,224 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $14,02 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$, e, no período chuvoso, de $4,2 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $59,1 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$.

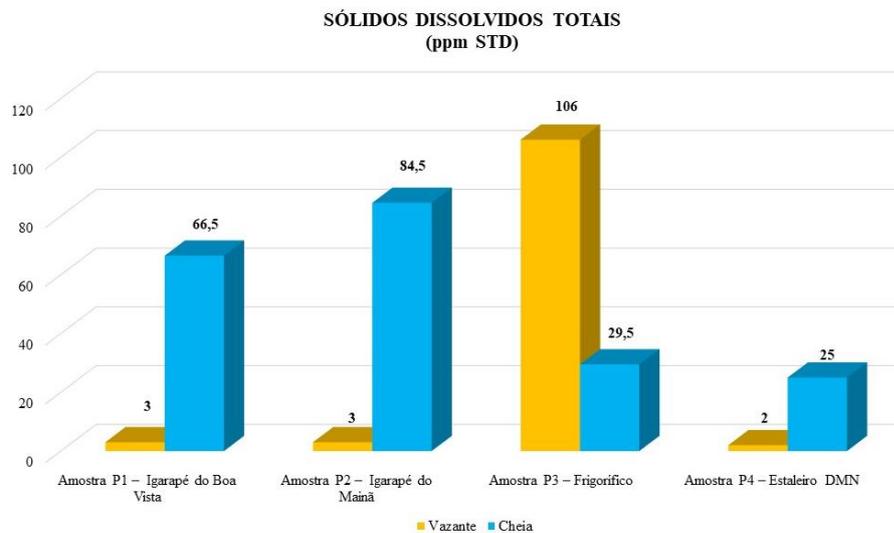
Hobe et al., (2005) encontram no período úmido, no Igarapé do Água Branca, afluente da margem direita do Rio Puraquequara, valores de condutividade entre $5,73 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $9,09 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Souza Filho (2018), ao avaliar o igarapé do Mindu, encontrou o menor valor de CE na área próxima da nascente, oscilando de $62 - 109 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$

4.3 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os Sólidos Dissolvidos Totais representam a quantidade de matéria que permanece na água após a evaporação. Englobam a presença de material orgânico, esgoto doméstico, bactérias e argila. No estudo desenvolvido, constatou-se, na primeira campanha, uma oscilação entre 2 a $106 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com menores valores

encontrados na região do Estaleiro DMN (P4), Igarapé do Boa Vista (P1) e Igarapé do Mainã (P2); o valor mais elevado para este padrão foi encontrado na área de confluência do Frigorífico durante o período da vazante. A Figura 33 representa os dados coletados nas campanhas.

Figura 33- Gráfico de Sólidos Dissolvidos Totais (STD) avaliado no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

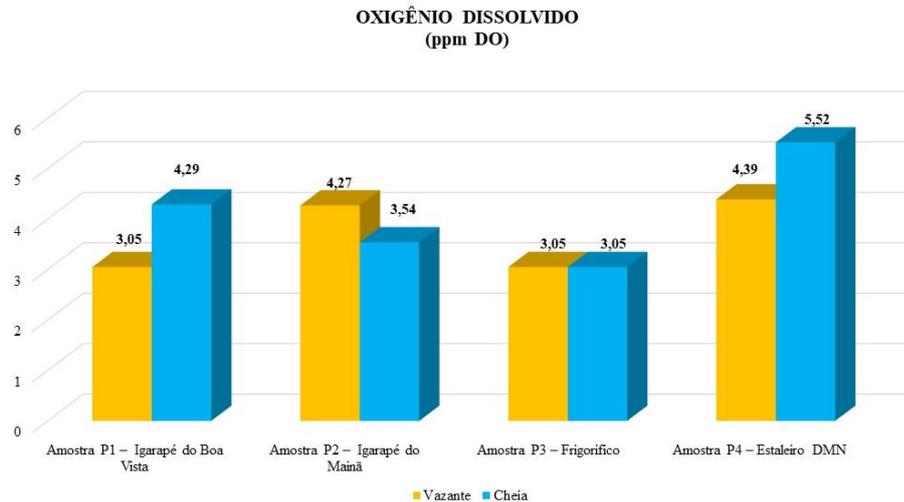
Os resultados da coleta para o período da cheia apontaram uma variação de 25 – 84 mg.L⁻¹ nos ambientes analisados, sendo o menor valor identificado no Estaleiro DMN (P4) e o maior resultado no Igarapé do Mainã (P2). Normando (2014), ao estudar a qualidade da água do Igarapé do Mestre Chico, área urbana de Manaus, identificou valores entre 60,3 a 240,0 mg.L⁻¹. Para a autora, esses resultados estão em consonância com a resolução.

4.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um parâmetro vital para longevidade e preservação dos organismos aquáticos, como, por exemplo, os peixes. Os resultados para esse parâmetro neste estudo demonstraram pequenas oscilações nos períodos

sazonais. Para época de vazante, oscilou entre 3,05 a 4,39 mg.L⁻¹ e, para o período da cheia, entre 3,05 a 5,52 mg.L⁻¹. Os resultados estão ilustrados na Figura 34.

Figura 34- Gráfico do Oxigênio Dissolvido (OD) avaliado no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

Os menores valores encontrados de Oxigênio Dissolvido estão no P1- Igarapé do Boa Vista (3,05 mg/L) e no P3 - Frigorífico (3,05 mg/L), ambos para o período de vazante. Oliveira et al. (2017), ao caracterizar os aspectos físicos e químicos das águas da Bacia do Rio Puraquequara, encontraram valores em torno de 3,69 mg/L de Oxigênio Dissolvido em ambientes naturais.

Durante o período chuvoso, os índices oscilaram com os menores resultados na região de confluência do ponto Frigorífico (P3) o (3,05 mg/L) e no Igarapé do Boa Vista (P1) (3,05 mg/L). Oliveira et al. (2017) obtiveram, para o período chuvoso, resultados com uma variação de 3,18 mg/L na entrada do Lago do Puraquequara e 7,79 mg/L nas proximidades da nascente. Segundo os estudos físico-químicos da Bacia do Puraquequara realizados por Lima et al. (2001), as águas analisadas apresentaram-se bem areadas, com seus maiores valores médios de Oxigênio Dissolvido nos períodos de vazante e cheia variando entre 4,89 mg/L (ramal Água Branca) e 7,67 mg/L (próximo à nascente).

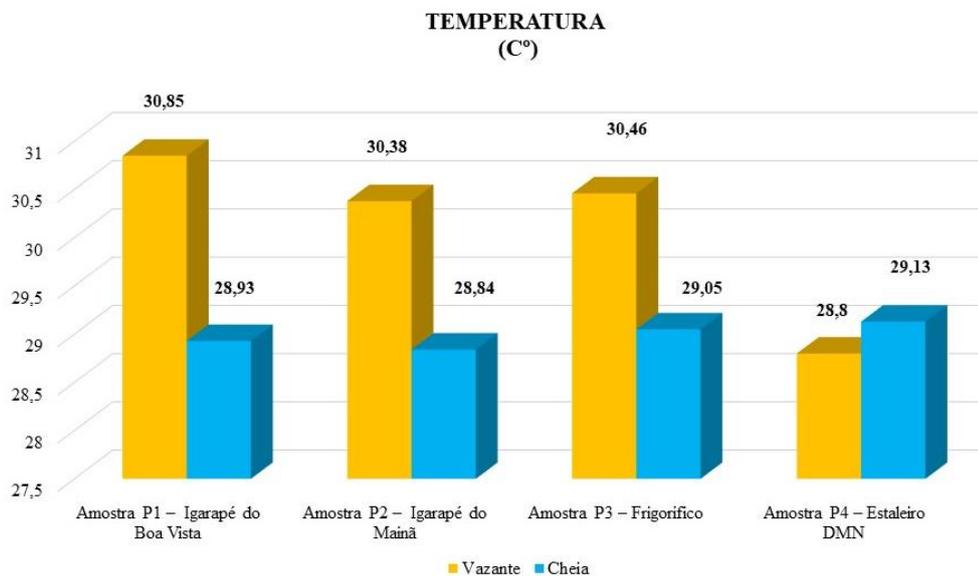
Melo (2005), ao avaliar a bacia do Tarumã e as nascentes do Igarapé do Mindú e Quarenta, encontrou valores entre 6 mg/L e 7,28 em ambientes com mata ciliar preservada. Souza Filho (2018), ao analisar a nascente do Mindú nos períodos de

vazante e cheia, encontrou uma concentração de Oxigênio Dissolvido de 3,38 – 4,05 mg/L, segundo o autor, os resultados foram aferidos em área de nascente com coloração escura. Conforme a resolução do CONAMA 357/2005, apenas o resultado correspondente ao P1 para o período da cheia está em consonância, os demais apresentaram resultados inferiores a 5 mg/L O₂.

4.4 Temperatura

A Temperatura é um dos parâmetros mais importantes para os ambientes aquáticos, resultados fora dos limites permitidos poderão causar impactos nos processos de crescimento e reprodução das espécies. Para os ambientes estudados, a variação térmica oscilou entre 28,80 °C e 30,85°C para o período de vazante; já para a cheia, os resultados variaram de 28,84 °C a 29,13 °C. Os dados podem ser visualizados na Figura 35.

Figura 35- Gráfico da Temperatura avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

O Igarapé do Boa Vista (P1) aferiu uma temperatura de 30,85 °C para o período de vazante, resultado que demonstra o maior valor encontrado nas áreas de confluência de usuários de recursos hídricos para o período em questão. Essa região

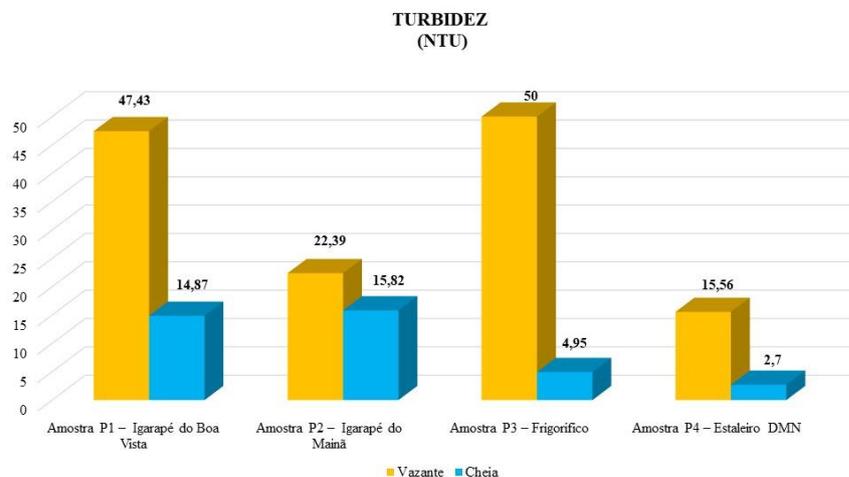
encontra-se espacializada em um ambiente com predominância de mancha urbana e solo exposto em suas margens. Para o período de cheia, a região do Estaleiro DMN (P1) oscilou entre 28,8°C e 29,13°C. Na interpretação de alguns estudiosos, como Melo et al. (2005, p.43), “altos valores de temperatura estão relacionados à falta de mata ciliar, oxidação biológica da matéria orgânica e lançamentos de despejos industrial e domésticos”.

As menores temperaturas são características ambientes com predominância de vegetação primária e ausência de atividades industriais ou aglomeração urbana. Oliveira (2017) apurou temperatura no Médio Puraquequara e aferiu uma oscilação de 25°C a 27°C, o que demonstra predominância dos aspectos naturais no local de coleta.

4.5 Turbidez

De acordo com o Portal da Qualidade da Água (PQA, 2018), a Turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar as águas superficiais, a absorção ou espalhamento tem relação com os sólidos em suspensão. Nos pontos analisados pela sonda multiparamétrica, os resultados para o período de vazante variaram entre 15, 56 e 50.00 NTU, para cheia, os resultados apurados oscilaram de 2,70 a 4,95 NTU (Figura 36).

Figura 36- Gráfico da Turbidez avaliada no período de vazante (2017) e cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

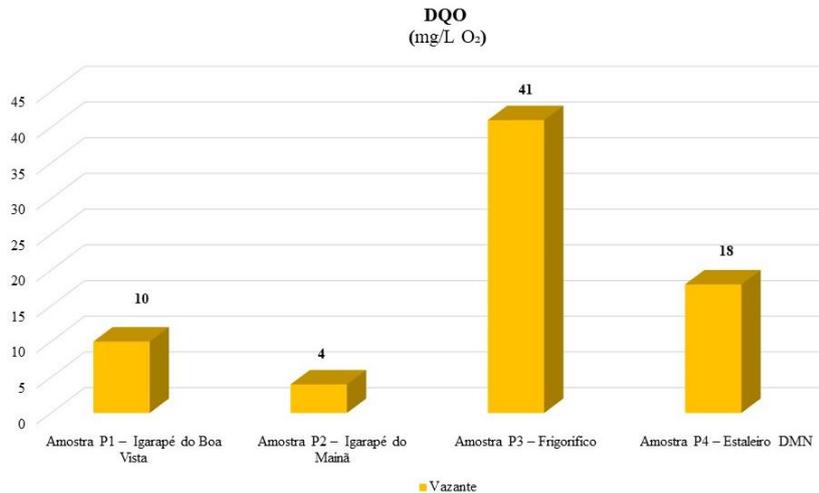
A região do Estaleiro DMN (P4) demonstrou o menor resultado para Turbidez no período seco. Em contrapartida, a área do Frigorífico apurou o maior resultado para a mesma sazonalidade. Durante a cheia, ocorreu uma redução da Turbidez em todos os pontos, sendo o menor resultado apurado nos pontos (P4) e (P3). Esses resultados convergem com os estudos de Nascimento e Silva (2010) realizados no interior da Reserva Adolpho Ducke, durante os quais os pesquisadores apuraram valores entre 14 e 15 NTU. Em pontos onde ocorreu a influência antrópica, “os valores de turbidez dão um salto, e passaram a variar de 72 a 143 NTU” (NASCIMENTO E SILVA, 2010, p.212). De acordo com resolução do CONAMA 357, os valores para classe 2 estão em conformidade, pois não ultrapassaram o valor preconizado, que é de até 100 UNT.

4.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

De acordo com Zuccari et al. (2005, p.70), esse parâmetro “avalia a quantidade de oxigênio consumido por materiais e por substâncias orgânicas e minerais que se oxidam sob condições definidas”.

Neste estudo, o parâmetro DQO foi avaliado somente para o período da vazante, no ano de 2017. A análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO), ilustrada na Figura 37, computou o maior resultado para área de confluência do P3-Frigorífico 41 mg/L O₂ e o menor resultado foi identificado no Igarapé do Mainã (P2), com o resultado de 4 mg/L O₂.

Figura 37- Gráfico do parâmetro DQO avaliado no período da vazante (2017) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)

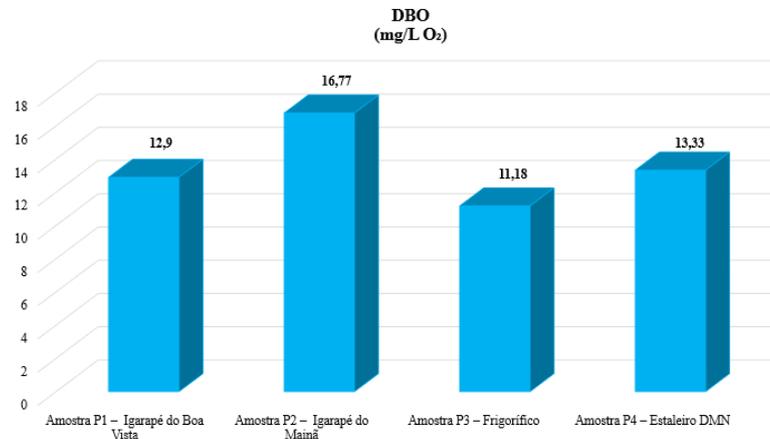


Oliveira et al. (2017), ao avaliar a mesma bacia, encontrou uma variação de 13,97 mg/L O₂, próximo da nascente e 54,88 mg/L O₂ na entrada do Lago do Puraquequara, para o período da vazante. Para os autores, a entrada do lago apresentou maior Demanda Química de Oxigênio devido ao fato de “suas margens estarem urbanizadas ou próximas de concentrações urbanas” (OLIVEIRA,2017, p.6). A região de confluência do Frigorífico teve maior percentual por conta dos processos que são executados: abatimento bovino, corte, uso da água higienização dos equipamentos, além de estar inserido na classe de solo exposto.

4.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio foi realizada somente para o período da cheia. Os resultados demonstram flutuações entre as áreas de confluências de usuários, a menor variação foi encontrada na área do P1- Igarapé do Boa Vista, com resultado de 12,9 mg/L O₂; o P2 -Igarapé do Mainã quantificou 16,77 mg/L O₂ de DBO. A seguir, na Figura 38, os resultados apurados para o período estudado.

Figura 38- Gráfico do parâmetro DBO avaliado no período cheia (2018), nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

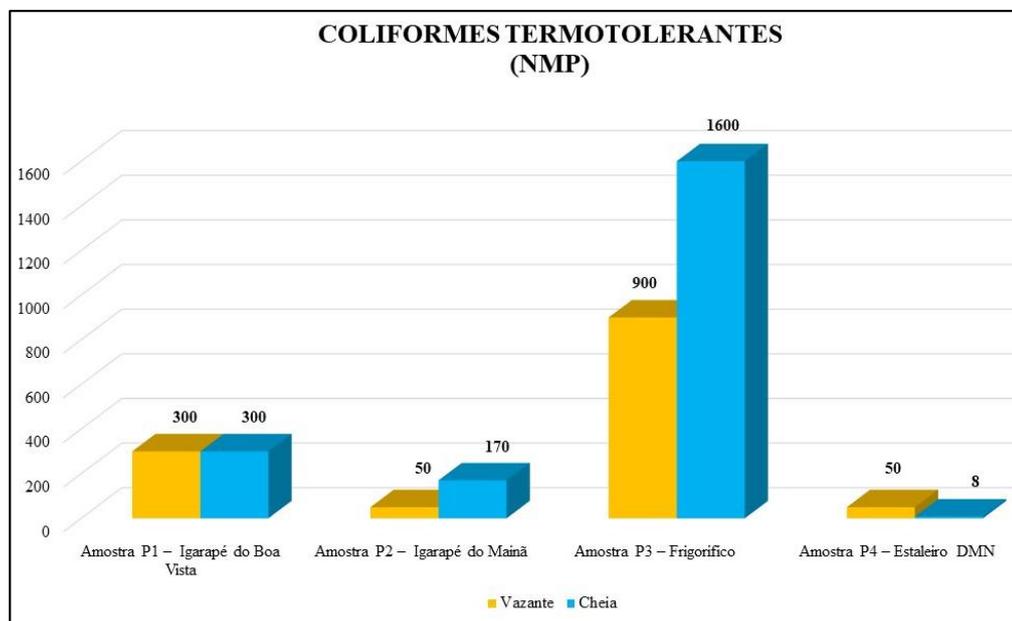
Os resultados de Oliveira et al., (2017) computaram valores para o mesmo período sazonal de 0,02 mg/L O₂ na foz do Rio Puraquequara e de 2,49 no Estaleiro DMN. Para os autores, os valores encontram-se “dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005 para águas de classe I, no qual se verifica que valor permitido é de até 3,0 mg/L O₂ (OLIVEIRA, 2017, p.6).”

Normando (2014), ao trabalhar com o Igarapé do Mestre Chico, zona urbana de Manaus, identificou, por meio dos dados levantados pelo Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM, 2013), flutuações em torno de 12,9 mg/L O₂ na área de nascente e 56,5 na região média do igarapé. A diferença entre resultados é explicada pelas características dos pontos de coletas: o primeiro, uma área com presença de vegetação secundária e o segundo extremamente urbanizado e influenciado pelo escoamento do esgoto doméstico. Os resultados obtidos para o período da cheia mostram que os pontos de análise estão fora do que é permitido pela referida resolução para classe I. Porém, vale destacar que os pontos P2 e P4 não são influenciados diretamente por poluição pontual, uma vez que esses lugares apresentam características rurais. Os pontos P1 e P3 são influenciados respectivamente pela área urbana e a atividade frigorífica.

4.7 Coliformes Termotolerantes

Os resultados para os Coliformes Termotolerantes (NMP) analisados na Bacia do Rio Puraquequara estão descritos na Figura 39. Os dados apontam que para os trechos avaliados apenas o ponto P3 apresentou níveis elevados.

Figura 39 - Gráfico do parâmetro de Coliformes Termotolerantes avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

Os níveis mais elevados de Coliformes Termotolerantes estão na área de confluência do Frigorífico (P3). Como já foi descrito, o entorno desse ambiente apresenta características de solo exposto, além do desenvolvimento de atividades de abate bovino. A variação dos valores pode ter sido influenciada pela maior carga orgânica para o período da cheia. Queiroz et al., (2016) encontraram resultados que ultrapassaram 1000 NMP/100ml em ambientes influenciados por esgoto doméstico. Silva (2016) identificou concentração de coliformes de 14000000 NMP/100ml na região degradada da Bacia do Tarumã, zona oeste da cidade de Manaus.

No P2, há predominância de vegetação primária, porém há também a presença da Comunidade São Francisco do Mainã. A amostra apresentou 50 (vazante) a 170 (cheia) NPM/100ml. Souza et al., (2011), ao analisar a variabilidade de Coliformes Termotolerantes no Igarapé Preto, no Cruzeiro do Sul (AC), encontrou valores em torno de 140 NMP/100ml em locais preservados, porém, em espaços impactados por aglomerados urbanos, identificou 1600 NMP/100ml.

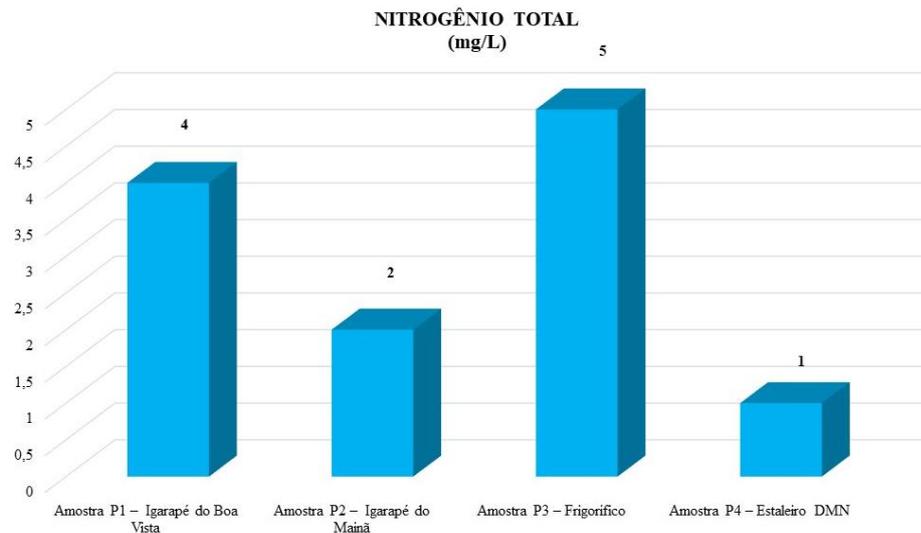
O P4, representado pelo Estaleiro DMN, se destacou pelo menor resultado, 50 e 8 NMP/100ml, respectivamente para vazante e cheia. A oscilação pode estar relacionada às características da área de coleta. Nesse trecho, atividades do ramo da indústria naval, turismo, recreação e pesca de subsistência e esportiva são predominantes.

De acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, os trechos analisados se enquadram na classificação de águas para classe 2 (Tabela). Dessa forma, o trecho do Igarapé do Mainã (P2) e Estaleiro DMN (P4) estão de acordo com resolução, pois apresentam valores inferiores a 200 Coliformes Termotolerantes para 1000 mililitros. Os pontos P1 e P3 demonstram resultados superiores ao recomendado pelo órgão.

4.8 Nitrogênio Total

A variação de Nitrogênio Total oscilou para o período da cheia de 1 mgN/L para o Estaleiro DMN e de 5 mgN/L para região de confluência do Frigorífico, a seguir os resultados ilustrados na Figura 40.

Figura 40- Gráfico do parâmetro de Nitrogênio Total (mgN/L) avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no Baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

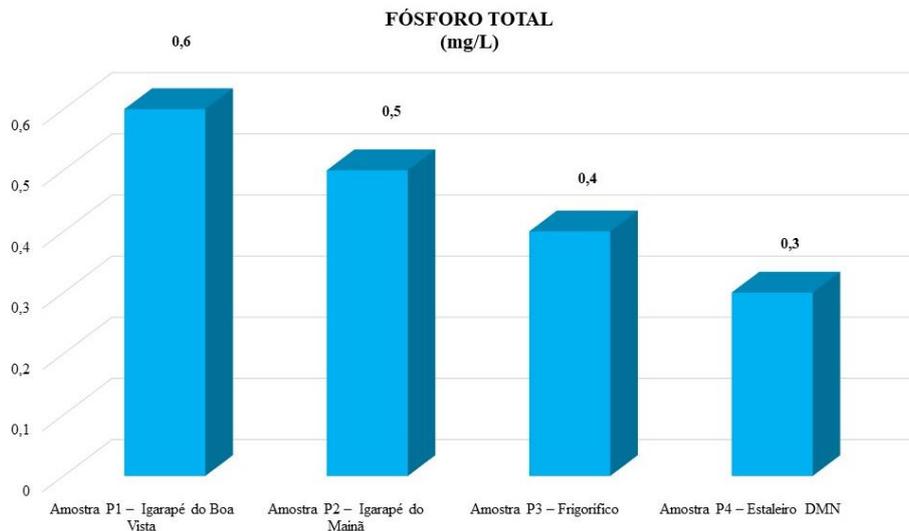
As fontes de nitrogênio para os corpos hídricos são variadas, sendo o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais uma das principais. A espacialização do usuário vai influenciar diretamente nos resultados, Correia e Cunha (2011), encontram valores de nitrogênio total de 0,76 mg/L em uma das nascentes do Igarapé do Mindu e 12, 93 mg/L na região do parque. Em comparação aos dados levantados, é notório que os pontos 1 e 2 estão mais próximos dos resultados de áreas preservadas. Os resultados de Pascoaloto et al., (2015), detectou 7,69 mg/L nas proximidades do conjunto Petros em Manaus (Bacia do Mindu) e 11, 53 mg/L no Igarapé do Quarenta. Esses ambientes são extremamente influenciados por cargas de esgoto doméstico e industrial; no ponto 5, a atividade de higienização, abatimento e corte processada no Frigorífico, possivelmente está influenciando nos resultados.

4.9 Fósforo Total

Nos ambientes urbanos, a concentração de Fósforo na água indica principalmente a poluição por efluentes domésticos e industriais. A bacia do Rio Puraquequara apresenta duas interfaces, margem esquerda extremamente preservada e margem direita ocupada por várias atividades que influenciam na qualidade do

ambiente, a variação do Fósforo Total oscilou de 0,3 mg/L, no ponto 4, e 0,6 mg/L, no Igarapé do Boa Vista (ponto 1).

Figura 41- Gráfico do parâmetro do Fósforo Total avaliado no período cheia (2018) nos pontos localizados no baixo Puraquequara (AM)



Fonte: Neves, 2018

Comparando os resultados ao de Correia e Cunha (2011), os ambientes analisados apresentaram baixas concentração de Fósforo nas amostras. No trabalho dos autores, principalmente em pontos próximos de áreas urbana, o menor resultado foi 790 mg/L e o maior foi de 2280 mg/L. O menor valor foi identificado em ambientes de nascente, <0,006 mg/L e 35 mg/L de Fósforo. Normando (2014), encontrou 2,4, 0,201 e 1,5 mg/L na nascente do Igarapé do Mestre Chico, na cidade de Manaus. Os dados comprovam que as áreas estudadas apresentaram resultados ínfimos para o período de cheia.

4.10 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Os resultados do índice de Qualidade da Água (IQA) para os Múltiplos Usos de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Puraquequara foram computados somente para o período de cheia, as áreas de confluência do Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2), Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4).

Tabela 8- Valores do IQA (índice da qualidade da água) para a região de confluências do Igarapé do Boa Vista (P1), Igarapé do Mainã (P2) e Frigorífico (P3) e Estaleiro DMN (P4), para o período da cheia na bacia do Rio Puraquequara (AM)

Pontos de coleta	Valor do IQA	Indicador de Qualidade da Água (CETESB)
P1		
(Igarapé do Boa Vista)	60.59699	Bom ($51 < \text{IQA} \leq 79$)
P2		
(Igarapé do Mainã)	80.6521	Ótimo ($79 < \text{IQA} \leq 100$)
P3		
(Frigorífico)	42.27451	Regular ($36 < \text{IQA} \leq 51$)
P4		
(Estaleiro DMN)	80.6521	Ótimo ($79 < \text{IQA} \leq 100$)

Fonte: Neves, 2018

O IQA é um indicador que analisa simultaneamente nove parâmetros físico-químicos e biológicos considerados importantes para avaliação da água, todos já discutidos nesta pesquisa.

Dos quatro pontos, apenas a região do Frigorífico apontou para faixa REGULAR, é válido reafirmar que esse ambiente é categorizado pelo predomínio do solo exposto e a presença de indústrias bovinas. Nesse local, a água é utilizada desde a chegada dos animais por meio da navegação até o procedimento final, que é o abastecimento de açougues nas áreas adjacentes.

O IQA que demonstrou o melhor padrão de qualidade foi encontrado no Igarapé do Mainã (P2) e Estaleiro DMN (P4), os ambientes se enquadraram na faixa ÓTIMA, com respectivo valor de 80.652. Isso se deve às características naturais da margem esquerda e ao tipo de atividade praticada, no caso, pesca, agricultura de subsistência e transporte. Além disso, a área possui pequenos grupos familiares.

No igarapé do Boa Vista (P3), o enquadramento foi considerado BOM (60.59699). Alguns aspectos já citados são inerentes a essa área: predomínio da classe de solo exposto, proximidade à Vila do Puraquequara, presença da indústria naval, contingente populacional superior ao P2 e ocupações irregulares na região de nascente. Apesar do resultado mediano, as características do ambiente indicam que

o corpo hídrico deve ser monitorado para o reconhecimento de futuras mudanças na qualidade da água.

No que se refere ao Estaleiro DMN (P4), apesar de estar localizado em uma área próxima à classe de solo exposto, o seu entorno encontra-se preservado. Outro fator que influenciou no resultado foi a vazão do rio, pois a área de coleta apresenta maior dimensão espacial que os outros locais de coleta. De acordo com Tucci (2001) apud Sá (2017.p.4), “a quantificação das vazões de cursos d’água é importante, pois influencia a qualidade da água, o poder de autodepuração dos rios, e conseqüente os organismos que nela vivem e sua disponibilidade para consumo”.

O trabalho de Silva (2016), desenvolvido na bacia do Igarapé do Tarumã Manaus/Amazonas, corrobora para discussão desta pesquisa. Os pontos analisados obtiveram o Índice de Qualidade na faixa considerada RUIM, os respectivos resultados foram, 26,91/Ponte do Tarumã, 22,59/Cachoeira do Tarumã e 24,94/Praia do Tarumã, vale ressaltar que os corpos hídricos avaliados são fortemente impactados por esgotos domésticos e industriais. Fazendo uma relação com os índices obtidos nesse trabalho, percebemos que os IQAs são similares aos estudos apresentados, isso por conta da predominância dos aspectos naturais da bacia e menor concentração populacional no limite espacial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do Uso e Ocupação da Terra quantificou as principais mudanças espaço-temporais da bacia do Rio Puraquequara. Tais resultados demonstraram que a classe vegetação primária foi predominante durante as três temporalidades analisadas, tendo uma perda acumulada de 16,42 Km² (2,57%). Isso mostra que, apesar das pressões antrópicas no perímetro bacia, principalmente no limite com área urbana, mais de 70% dessa cobertura encontra-se preservada. Corroboram para esse percentual dois órgãos públicos, INPA, por meio da Reserva Adolfo Ducke, e Exército Brasileiro, com suas bases de instrução.

A classe de solo exposto, espacialmente, foi predominante em vários pontos da margem direita da bacia, barrada somente pela Reserva Adolfo Ducke. A variação maior ocorreu entre os anos de 2010 e 2016, quando a classe ocupou 34,69 Km² a mais que o ano de 2010. Esse predomínio corresponde em grande parte às atividades agrícolas, além das invasões que se intensificaram no interior dos bairros limítrofes. Os órgãos de regulação e fiscalização, principalmente Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS), Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA) e Comitê de Bacia do Rio Puraquequara (CBH-P), são autarquias que tecnicamente deverão dar mais atenção aos resultados obtidos.

A mancha urbana teve uma abrangência de 0,26% (1,86Km²), em 2005; 0,67%, em 2010; e 1,23% (8,58Km²), em 2016. Espacialmente, já avançou para o interior sudoeste da bacia. As invasões já se consolidaram nos bairros Jorge Teixeira, comunidade João Paulo e bairro Distrito Industrial II (com os aglomerados Coliseu I, II e III), região onde nasce um dos tributários que irá formar o Igarapé de Boa Vista, afluente da margem direita do Rio Puraquequara. É perceptível que a Área de Proteção Ambiental (APP), amparada pelo Código Florestal, não foi delimitada até o presente momento; soma-se a isso a degradação do ambiente, como a supressão da vegetação primária e secundária, erosões nas margens, construção de fossas negras e lixeiras viciadas. Espera-se dos órgãos competentes, como Instituto de Planejamento Urbano (IMPLURB), secretarias de meio ambiente e CBH-P, busquem medidas como a criação da APP, implantação de fossas sépticas biodigestoras, reflorestamento das áreas de solo exposto e oficinas educativas.

Os Múltiplos Usos da bacia são diversos. No total, foram identificados 16 tipos de atividades que utilizam o Rio Puraquequara direta o indiretamente, a existência de estaleiros e frigoríficos na área é de caráter predominante, isso mostra que a bacia é de grande interesse para os empresários desses ramos da economia.

A maior preocupação não está na utilização da bacia para crescimento econômico ou desenvolvimento da região, mas nas possíveis degradações que cada usuário poderá ocasionar ao sistema natural da bacia. As análises realizadas em quatro pontos de confluência de usuários já comprovaram mudanças nos parâmetros físico-químicos e biológicos da água, tal alteração indica possíveis lançamentos de rejeitos do setor dos frigoríficos.

Uma forma de conter essas mudanças é a consolidação do Comitê da Bacia seja a melhor medida, pois ele visa a participação de órgãos federais, estaduais, municipais, sociedade civil e usuários, é um parlamento que tem visão integrada da bacia hidrográfica e de seus múltiplos usos. Espera-se que esses dados sirvam de indicadores ambientais necessários para construção e aplicação do Planejamento Integrado na Bacia do Puraquequara.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?**. Brasília: SAG, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama das águas superficiais no Brasil**. BRASÍLIA: SPR, 2005.

ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello da C.. **Bacia Hidrográfica: unidade de planejamento ambiental**. Revista Geonorte, Edição Especial, v.4, n.4, p.201 – 209, Manaus: UFAM, 2012. Disponível em: < periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/viewfile/1913/1788 > Acesso: 07 nov. 2017.

ALMEIDA, Augusto Pontes. **Análise multitemporal e espacial do uso e cobertura das terras no município de Casa Nova, Bahia, no período de 1996 a 2011**. Programa de Pós-graduação em modelagem em Ciência da Terra e do Ambiente. Departamento de Ciências Exatas. Feira de Santana: UEFS, 2013. Dissertação de Mestrado. Disponível em: < www2.uefs.br:8081/ppgm/system/files/Augusto_Pontes.pdf >

ARAÚJO FILHO, Milton da Costa. et al. **Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite**. Revista Brasileira de Cartografia. n.59/02. ago., 2007.

BARROS, Marcia Nazaré Rodrigues. et al. **Validação dos dados Terra Class para o município de Paragominas**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/320411325> >

BEZERRA, Tayane Pereira. et al. **Efeitos da ação antrópica nas águas do Rio Negro na orla de Manaus/AM**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. Disponível em < http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-597_efeitos-da-acao-anthropica-nas-guas-do-rio-negro-na-orla-de-manausam > Acesso: 07 nov. 2017.

BORDALO, Carlos Alexandre Leão. **“Crise” mundial da água vista numa perspectiva da geografia política.** GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), n. 31, p. 66-78, 30 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74270>>

BOTELHO, R.G.M. **Bacias Hidrográficas Urbanas.** in: Guerra, A.J.T. (Org.). **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.

BRASIL. Decreto Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Da política nacional de recursos hídricos.** Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>

BÜHRING, Ricardo. **Estudo da dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Tarumã, Manaus, Amazonas.** Manaus: UFAM, 2010. Dissertação de Mestrado.

CARDOSO, Manoel Juarez Simões. **Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental na região de Manaus-AM.** Departamento de Geografia. UnB: Brasília, 2008. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3510/1/2008_ManoelJSCardoso.pdf>

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil.** In: Caderno Prudentino de Geografia nº 36. Presidente Prudente: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2014. . Disponível em: <revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172> Acesso: 10 nov. 2017.

CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. **Bacia Hidrográfica–conceitos e importância como unidade de planejamento:** um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP-Brasil. Revista Eletrônica AGB-TL, n. 12, 2010. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/638/438>>

CEREZINI, Monise Terra; HANAI, Frederico Yuri. **Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da lei das águas no Brasil.** Caminhos de Geografia. v. 18, n.64, 2007. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40924>>

COELHO, Roberta Ferreira. **Ribeirinhos urbanos: modos de vida e representações sociais dos moradores do Puraquequara.** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2006. Dissertação de Mestrado.

CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de mar. de 2005. Brasília: DOU, 2005. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso: 08 nov. 2017.

CORREIA, Giselle Freire. et al. **Avaliação do grau de eutrofização de dois igarapés urbanos de Manaus – AM.** XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA-CNPq/FAPEAM 2011. Disponível em < <http://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/123/345/1/Giselle%20Freire%20Correa.pdf>> Acesso em: 8 de setembro de 2018.

DAMASCENO, Solange Batista. et al. **Usos múltiplos dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Miriti.** XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. Disponível em < eventos.abrh.org.br/xxiisbrh/xxiisbrh_programafinal-final-site.pdf> Acesso: 03 nov. 2017.

DAVIS, E.G.; NAGHETTINI, M.C. **Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro.** 2.ed. revisada e ampliada. Brasília: CPRM, 2000.

DI MAIO, Angélica. et al. **Sensoriamento Remoto.** Programa AEB Escola. Formação Continuada de Professores: Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia/Agência Espacial Brasileira, 2008. Disponível em: < <http://www.aeb.gov.br/espaco-educacao-e-tecnologia/espaco-educacao/>>

DINIZ, N; SILVA, B.C. **Impactos da urbanização na qualidade da água da bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá/MG.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais.

Brasília, 2015. Disponível em: < http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-409_impactos-da-urbanizacao-na-qualidade-da-agua-da-bacia-do-ribeirao-jose-pereira-itajubamg> Acesso: 02 dez. 2017.

FAGUNDES, A.; LUPINACCI, C. **Urbanização e Alterações geomorfológicas: O Caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Lavapés – Rio Claro (SP)**. Revista do Departamento de Geografia USP, v. 33, p. 47-62, 23 ago. 2017. Disponível: < <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/118918>>.

FERREIRA, Sávio José Filgueiras. et al. **Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central**. in: Acta Amazônica, vol. 42 (4), 2012, p. 533 – 540. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n4/a11v42n4.pdf>> Acesso: 03 dez. 2017.

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

FRANCO, D.F.S. **Qualidade Hídrica da Bacia do Córrego do Cerrado/Cadunga no Município de Canalópolis (MG)**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2016. Dissertação de Mestrado. Disponível em: < <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7613>>

GALVÃO, Jucilene, BERMANN, Célio. **Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas**. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 1 ago. 2015. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/104941>>

HOOGESTEGER, Jaime. et al. **Territorial pluralism: water users' multi-scalar struggles against state ordering in Ecuador's highlands**. Water International, 41:1, 2016 91-106. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2016.1130910>>

HOPIKINS, Michael J.G. **Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil**. Rodriguésia – Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro n. 56, p.9-25, 2005.. Disponível em

< https://rodriguesia.jbrj.gov.br/FASCICULOS/Rodrig56_86/00b_introducao.pdf>

Acesso: 03 dez. 2017.

HORBE, Adriana Coimbra. et al. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus - AM**. Acta Amazônica. v. 35 (2), p. 119 – 124, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n2/v35n2a02.pdf>>

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

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Acervo Fundiário. < acervofundiario.incra.gov.br>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Divisão de geração de imagens. < www.dgi.inpe.br>

MARTINS, Marcos Henrique Brainer. **Dinâmica do uso e cobertura da terra com a utilização de geotecnologias: estudo na área de proteção ambiental da margem direita do Rio Negro, setor Paduari-Solimões**. Manaus: UFAM, 2012. Dissertação de Mestrado.

MEINZEN-DICK, Ruth; JACKSON, Lee Ann. **Multiple uses, multiple users of water resources**. Berkeley: International Association for the Study of Common Property Meetings, 1996. Disponível em: < http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/1572/Meinzen-Dick_1996.pdf?sequence=1>

MELO, Emanuele Gurgel Freitas. et al. **Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas**. Caminhos de Geografia n. 05, p. 40-47, out., 2005. Disponível em: < ww.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15445/8735> Acesso: 10 de nov. de 2016.

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

MOLINARE, D.C; VIEIRA, A.F.G. **Notas sobre o rápido surgimento e expansão de voçorocas em via de circulação pavimentada no Distrito Industrial 2 – MANAUS (AM).** Goiânia: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006. Disponível em: < www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/195.pdf.> Acesso em: 15 de nov. de 2016.

MORI, Daniel. **Sabesp visita indústrias que consomem muita água.** Jornal GNN: 31/03/2014. Disponível em: < <https://jornalggn.com.br/noticia/sabesp-visita-industrias-que-consoem-muita-agua>>

NASCIMENTO, Clive Reis; SILVA, **Alterações em parâmetros físicos e em concentrações de cátions e ânions em uma micro-bacia hidrográfica de Manaus devido à expansão urbana.** Caminhos de Geografia. v. 11, n. 33, mar. 2010. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15891>>

NASCIMENTO, Flavio Rodrigues do. et al. **Usos múltiplos e principais impactos ambientais nos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São João – Rio de Janeiro.** Disponível em: < <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1761-ihgp/v02n02/18504-usos-multiplos-e-principais-impactos-ambientais-nos-recursos-hidricos-na-bacia-hidrografica-do-rio-sao-joao-rio-de-janeiro.html>> Acesso: 15 nov. 2017.

NEVES, S.R.A. **Análise prognóstica de processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes (Paraty, RJ).** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, Regison da Costa de. et al. **Caracterização sob aspectos físicos e químicos das águas da bacia do Puraquequara- AM, Brasil.** Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em: <

http://evolvedoc.com.br/xxiisbrh/detalhes-1058_caracterizacao-sob-aspecto-fisico-e-quimico-as-aguas-da-bacia-do-puraquequara-am-brasil>

PAES, Renata. **Lançado aplicativo que calcula qualidade da água**. Portal da Universidade do Estado do Pará. Disponível em: < <http://uepa.pa.gov.br/pt-br/noticias/lan%C3%A7ado-aplicativo-que-calcula-qualidadeda-%C3%A1gua> >

PASCOALATO, Domitila. et al. **Qualidade da água e comunidades de macroalgas em igarapés urbanos e no Rio Negro, Manaus/AM**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. Disponível em: < http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-196_recursos-hidricos-da-amazonia-uma-classificacao-dos-tipos-de-aguas-segundo-a-carga-ionica-brasil > Acesso: 8 de setembro de 2018.

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

PETTA, Reinaldo A. et al. **Deteção automática da dinâmica da cobertura da terra por sensoriamento remoto**. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências - v. 17, n. 1, jan./jun. 2008. Disponível em: < www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/5461>

PINHEIRO, Mariana Rodrigues de Carvalhaes. Et al. **Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30, abril 2009. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.53.42/doc/4247-4254.pdf>>

PINTO, Antônia Gosmes Neta. et al. **Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do Rio Negro na Orla de Manaus/AM**. Acta Amazônica v. 39, p. 627 - 638, mar., 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n3/v39n3a18.pdf>> Acesso: 8 de setembro de 2018.

PROJETO GEO CIDADES. **Relatório ambiental urbano integrado**: informe GEO. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002.

QUEIROZ, Carlos Petrônio de Souza. et al. **Avaliação da condição de balneabilidade na orla urbana de Manaus /AM/Brasil**. Scientia Amazonia v. 5, n.2, p.24-33. Disponível em: <<http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2016/09/v5-n2-24-33-2016.pdf>> Acesso: 8 de setembro de 2010.

RAMOS, Amanda Cristiane da Silva Moraes. **Alojamento de floresta no Amazonas**: uma análise para classificação. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Turismo e Hotelaria. Manaus: UNIVALI/ CECIESA, 2012. Dissertação de Mestrado. Disponível em: < <https://siaiap39.univali.br/repositorio/handle/repositorio/1255>>

RANDO Ayri Saraiva; GALVÃO, Adailton de Sousa. **Gestão dos Recursos Hídricos no Acre e implantação dos seus instrumentos**. Redes. v. 21, n. 2, maio/ago. 2016. Disponível em: < <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/4687>>

RAONI Ludovino de Sá. **Inventário de dados fluviométricos do Estado do Espírito Santo**. Jerônimo Monteiro: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: < www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira/tcc_raoni_ludovino_de_sa.pdf>

RIBEIRO FILHO, Mário Jorge. **Paisagem e impactos socioambientais do Lago do Aleixo**: um estudo sobre a percepção dos moradores do entorno. Manaus: UFAM, 2012. Dissertação de Mestrado. Disponível em: < <http://www.ppgcasa.ufam.edu.br/pdf/dissertacoes/2012/Mario%20Jorge.pdf>>

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

ROCHA, Jadson Luiz Simões. **Indicador integrado de qualidade ambiental, aplicado à gestão da bacia hidrográfica do Rio Jiquiriça–BA**. Ilhéus, BA: UESC/PRODEMA, 2008. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200560086D.pdf>

ROSS, Jurandy Luciano Sanches; DEL PRETTE, Marcos Estevan. **Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de Geografia USP n. 12, p. 89-121, 1998. Disponível em:<<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53736>>

SANTOS, Clícia da Silva. **Dinâmicas da paisagem do alto curso da bacia hidrográfica do Igarapé-açu – PA: subsídios ao planejamento ambiental**. Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA, 2018. Dissertação de mestrado.

SANTOS, Kadja Santana dos. et al. **Índice de qualidade da água de igarapés da bacia do Tarumã-açu, Manaus/AM**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. Disponível em <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-333_indice-de-qualidade-da-agua-de-igarapes-da-bacia-do-taruma-acu-manausam> Acesso: 05 nov. 2017.

SCUDELLER, Veridiana Vizoni; SOUZA, Adriana Mota Gomes de. **Florística da mata de igapó na Amazônia Central**. in: SANTOS-SILVA, Edinaldo Nelson; SCUDELLER Veridiana. (Orgs.). **Vizoni Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central volume 2**. Manaus: UEA Edições, 2009.

SILVA NETO, João Cândido André da. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS**. Presidente Prudente: UNESP, 2013. Tese de Doutorado. Disponível em: <repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105078/silvaneto_jca_dr_prud.pdf?> Acesso: 02 nov. 2017.

SILVA, D.C.C. **Proposta Metodológica para elaboração de um Índice Espacial de Sustentabilidade Ambiental aplicado a Bacias Hidrográficas**. São Paulo: UNESP, 2016. Tese de Doutorado. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/144610>>

SILVA, J.A. **Aplicação de Indicadores Ambientais para o cálculo de IQA (Índice de Qualidade da Água) em Zona Urbana de Manaus**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2016. Dissertação de Mestrado.

SILVA, José Roselito Carmelo da. **Análise dos impactos ambientais ocasionados pela exploração de recursos minerais na área do igarapé do Mariano no município de Manaus-AM**. Programa de Pós-graduação em Geociências. Manaus: UFAM, 2005. Dissertação de Mestrado Disponível em:<<http://ppggeo.ufam.edu.br/images/assets/Documentos/DissertacaoJoseRoselito2005.pdf>>

SILVA, Simone Rosa da; CIRILO, José Almir. **O planejamento de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco**. REGA. vol. 8, no. 1, p. 47-64, jan./jun. 2011. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=2&ID=77&SUMARIO=891>>

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

SOUZA FILHO, Elton Alves. et al. **Estudo preliminar da qualidade da água da bacia hidrográfica do Puraquequara-AM na área de confluência de usuários de recursos hídricos**. 2017. No prelo.

_____. **Diagnóstico da qualidade das águas do igarapé do Mindu e criação de protótipo de aplicativo para disponibilização de dados em Manaus-AM**. Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Manaus: UEA, 2018. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, Gabriela Antônia da Costa. et al. **Variabilidade espacial de variáveis limnológicas e coliformes fecais do Igarapé do Preto, em Cruzeiro do Sul, AC.** In: Ensaios e Ciências vol.15, ano.2011, num.5, p. 65-80 .Disponível em:< file:///C:/Users/Renato%20Neves/Downloads/2853-10932-1-PB.pdf> Acesso: 8 de setembro de 2018.

SOUZA, Juliana Rosa de. et al. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil.** Revista Eletrônica do Prodepa, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014. Disponível em: < <http://200.129.29.202/rede/article/view/1115>>

TUCCI, C.E. M; MENDES, A.M. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica/Ministério do Meio Ambiente.** Brasília: MMA, 2006.

TUNDISI, José Galizia. (Coord.). **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

ZUCCARI, Maria Lúcia. **Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) em águas e efluentes por método colorímetro alternativo.** In: Energ. Agri., Botocatu, vol.20, n.4, 2005, p. 69-82. Disponível em:< professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/.../wwwfcaunespbr.pdf > Acesso: 05 nov. 2017.