

VULNERABILIDADE AMBIENTAL E QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE DE DRENAGEM URBANA FRONTEIRIÇA DAS CIDADES DE TABATINGA – AMAZONAS (BRASIL) – E LETÍCIA – AMAZONAS (COLÔMBIA)

ENVIRONMENTAL VULNERABILITY AND WATER QUALITY IN THE BORDER URBAN DRAINAGE NETWORK OF THE CITIES OF TABATINGA – AMAZONAS (BRAZIL) – AND LETÍCIA – AMAZONAS (COLOMBIA)

VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y CALIDAD DEL AGUA EN LA RED DE DRENAJE URBANA FRONTERIZA DE LAS CIUDADES DE TABATINGA - AMAZONAS (BRASIL) - Y LETICIA - AMAZONAS (COLOMBIA)

Ercivan Gomes de Oliveira¹ <https://orcid.org/0000-0003-0897-4355>

Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque² <https://orcid.org/0000-0002-6259-0929>

Cristóvão Gomes Placido Júnior³ <https://orcid.org/0009-0006-6485-7558>

RESUMO

A fronteira Amazônica do Brasil e da Colômbia é caracterizada pela intensa circulação de pessoas, produtos e serviços nos últimos anos. As cidades de Tabatinga e Letícia têm crescido nos últimos anos de forma acentuada, sem qualquer planejamento territorial no que diz respeito à rede de drenagem urbana. O objetivo deste estudo é explicitar as condições de qualidade da água nas bacias urbanas do São Francisco, em Tabatinga (Brasil) e Matadero (Colômbia), no período sazonal de cheia e vazante do rio Solimões em 2022. Para as análises físico-químicas da água foi utilizado o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, conforme os parâmetros e Índices de Qualidade da Água da ANA, 2018/BR e IRCA, 2007/CO vigentes para o consumo humano nesses países. Foi constatado que um percentual significativo dos canais fluviais dessas bacias encontra-se em desacordo com os parâmetros de qualidade para a região. Os valores mais expressivos foram temperatura 28,7-27,4, pH de 7,14-7,0, OD 0,59-0,81, CE 421-334 e Turbidez 29,25-15,73 nos seis pontos analisados.

¹ Mestre e Doutor em Geografia Física pela Universidade Federal do Amazonas. Licenciado e Bacharel em Geografia, Geógrafo e Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Águas (UFAM). Atualmente é Professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM/Campus Manaus Zona Leste. E-mail: ercivan.gomes@gmail.com

² Mestre e Doutora em Geografia Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Federal do Amazonas. Atua como vice-coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas. É membro do grupo de pesquisa em Geografia no Projeto Planejamento Integrado de Reservatórios em Hidrelétricas da Bacia Amazônica com apoio do FINEP, CNPq e MCT. Lidera dois grupos de pesquisa na área de Geografia Física da Amazônia. E-mail: dorearebello@ufam.edu.br

³ Graduação em Agronomia (2004), Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia (2007) e Doutorado em Agronomia Tropical (2012) pela Universidade Federal do Amazonas, foi Professor Substituto na Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UFAM (2013-2014), Professor Adjunto na FUCAPI (2013-2014). Atualmente é Professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM/Campus Manaus Zona Leste, onde lidera o Grupo de Pesquisa: Núcleo de Estudo Socioeconômico-Ambiental do Amazonas - NESAS. E-mail: cristovao.junior@ifam.edu.br

Esses resultados indicam a degradação da qualidade da água e *a priori* demonstram a vulnerabilidade dos canais de drenagem nessas cidades de fronteira na Amazônia.

Palavras-chave: Água na Amazônia. Impactos Socioambientais. Qualidade da água.

ABSTRACT

The Amazon border between Brazil and Colombia is characterized by the intense movement of people, products and services in recent years. The cities of Tabatinga and Letícia have grown sharply in recent years, without any territorial planning with regard to the urban drainage system. The objective of this study is to explain the water quality conditions in the urban basins of the São Francisco river, in Tabatinga (Brazil) and Matadero (Colombia), in the seasonal period of flood and low water level of the Solimões River in 2022. For the physical-chemical analyzes of the water, the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater were used, according to the parameters and Water Quality Indexes of ANA, 2018/BR and IRCA, 2007/CO in effect for human consumption in these countries. It was verified that a significant percentage of the river channels in these basins are in disagreement with the quality parameters for the region. The most expressive values were temperature 28.7-27.4, pH 7.14-7.0, OD 0.59-0.81, EC 421-334 and Turbidity 29.25-15.73 in the six points analyzed. These results indicate the degradation of water quality and a priori demonstrate the vulnerability of drainage channels in these frontier cities in the Amazon.

Keywords: Water in the Amazon. Social-Environmental Impacts. Water quality.

RESUMEN

La frontera Amazónica de Brasil y Colombia se caracteriza por la intensa circulación de personas, productos y servicios en los últimos años. Las ciudades de Tabatinga y Letícia han crecido en los últimos años de manera acentuada, sin ninguna planificación territorial en lo que respecta a la red de drenaje urbana. El objetivo de este estudio es explicitar las condiciones de calidad del agua en las cuencas urbanas del São Francisco, en Tabatinga (Brasil) y Matadero (Colombia), en el período estacional de llena y refluo del río Solimões en 2022. Para los análisis físico-químicos del agua fue utilizado el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, según los parámetros y Índices de Calidad del Agua de ANA, 2018/BR e IRCA, 2007/CO vigentes para el consumo humano en estos países. Fue constatado que un porcentaje significativo de los canales fluviales de esas cuencas se encuentra en desacuerdo con los parámetros de calidad para la región. Los valores más expresivos fueron temperatura 28,7-27,4, pH de 7,14-7,0, OD 0,59-0,81, CE 421-334 y Turbidez 29,25-15,73 en los seis puntos analizados. Estos resultados indican la degradación de la calidad del agua y a priori demuestran la vulnerabilidad de los canales de drenaje en estas ciudades fronterizas en la Amazonia.

Palabras clave: Agua en la Amazonía. Impactos Socioambientales. Calidad del agua.

INTRODUÇÃO

A degradação da água nos rios urbanos, que se torna a cada ano mais significativa, acarreta problemas tanto de ordem socioeconômica como ambiental nas cidades do mundo. Segundo dados publicados pela *United Nations World Water Assessment Programme* (WWAP) em 2018, no Relatório *Nature-Based Solutions for Water*, estimativas recentes mostram que 31 países experimentam estresse hídrico e cerca de 4 bilhões de pessoas, que representam quase dois terços da população mundial, vivenciam escassez hídrica grave pelo menos um mês durante o ano (WWAP, 2018). Nesta perspectiva, o estresse hídrico tem explicitado os conflitos pelo uso da água dos diversos usuários nas duas últimas décadas.

O sistema político-administrativo de gestão das águas nos países da América Latina, em especial nos países da América do Sul, como é o caso do Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela, ocorre de forma desarticulada quanto à execução de projetos relacionados ao tratamento de águas residuais. Tanto nacional quanto internacionalmente, esses projetos não têm apresentado respostas satisfatórias aos problemas sociais e ambientais.

Para Mirzaei *et al.* (2020), 43% das águas da superfície do globo estão em bacias hidrográficas fronteiriças. Isso significa dizer que 40% da população mundial vive nessas áreas, o que corresponde a 80% do fluxo global de circulação de pessoas, mercadorias e serviços. Esta unidade hidrográfica estabelece, entre seus usuários, uma interdependência não apenas de circulação, mas também de suas necessidades de uso, o que favorece ou não o desenvolvimento econômico e social nesses territórios.

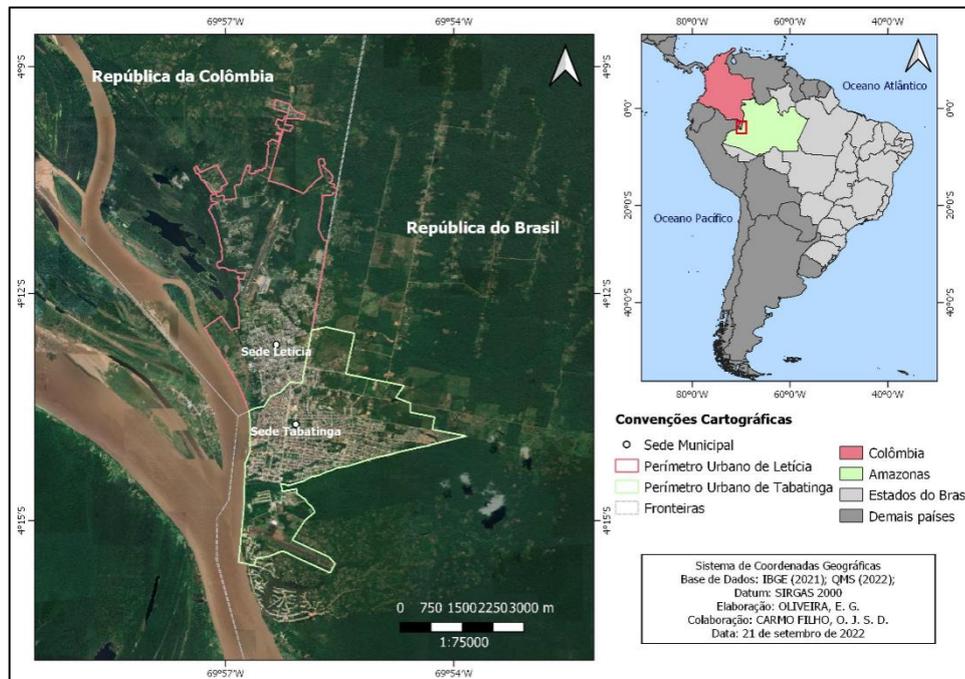
Nesse contexto, cabe salientar que, no Brasil, país que detém aproximadamente 12% da água doce do planeta, a governança das águas torna-se essencial e complexa ao mesmo tempo, pois a área de drenagem das bacias hidrográficas, nas fronteiras internacionais, geralmente ultrapassa os limites político-administrativos dos países, estados e municípios. Essa condição requer o gerenciamento integrado entre o Brasil e os territórios estrangeiros inseridos na mesma unidade geológica-geomorfológica.

Segundo Ocampo (2015), a governança global, ao discutir a cooperação internacional e suas relações com a construção de um sistema único dos países parceiros, visa o respeito pelas peculiaridades regionais e legais. Para tanto, começa por identificar seus objetivos básicos no campo econômico, social e ambiental.

As cidades de Tabatinga e Letícia, localizadas na área de fronteira do Brasil e da Colômbia (fig.1), são marcadas pela insuficiência da infraestrutura urbana em relação ao crescimento humano nessa fronteira da Amazônia internacional. A poluição das águas é um

dos indicadores e/ou reflexo da ausência de planejamento territorial e hidrográfico desses espaços criados, muitas vezes, por lógicas ambientais e econômicas externas à realidade experimentada pela maioria da população local (OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2022).

Figura 1: Localização das cidades de Tabatinga (BR) e Letícia (CO)



Fontes: Autor (2022), com base em Imagem do Google Earth Pro (2022), Brasil (2016), Colômbia (2018a), PROGRAM... (2016), IBGE (2021).

Essas cidades fazem parte dos Estados do “Amazonas” brasileiro e colombiano no Arco Norte da Sub-região IV- Alto Solimões, área transfronteiriça do Brasil com a Colômbia e Peru (BRASIL, 2005a). O município de Tabatinga situa-se a Noroeste do estado do Amazonas brasileiro entre as seguintes coordenadas geográficas 69°55’57” de Long.W e 4°13’50” de Lat.S. Letícia localiza-se no extremo Sul do Departamento do Amazonas colombiano com 4°12’55” Lat.S e 69°56’26” de Long.W na margem esquerda do rio Solimões (OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2022).

O município de Tabatinga, segundo estimativa do Censo Demográfico (IBGE, 2021) tem aproximadamente 68.502 habitantes. Deste total, 70% moram na área urbana. Os limites políticos-administrativos, por via terrestre, são estabelecidos com o município de Letícia na Colômbia, com uma população estimada de 48.144 habitantes, dentre os quais 69,5% vivem na área urbana (COLÔMBIA, 2018b).

Nas áreas urbanas desses municípios, concentra-se uma parcela significativa dos serviços de representação dos órgãos públicos tanto do Brasil quanto da Colômbia, dentre os

quais enunciam-se: as forças armadas, a educação, a saúde e o setor privado, como o aeroviário. Adicionam-se a tais setores, o comércio em geral, as indústrias de pequeno porte e outros serviços, como a pesca e o transporte aquaviário. Em razão desse contexto, nos últimos anos Tabatinga (BR) e Letícia (CO) transformaram-se em polos atrativos para a imigração de pessoas de outros municípios do entorno.

Segundo Nogueira (2007) em função da concentração de escolas, comércio formal e informal e serviços públicos diversos, Tabatinga não poderia ficar imune a migração. Ela possui no conjunto de sua população um contingente de colombianos e peruanos, oriundo de todas as partes da Amazônia destes países, que veem em Tabatinga uma possibilidade de melhor sua condição de vida.

Embora essas cidades sejam consideradas de pequeno porte, devido ao contingente populacional (COLÔMBIA, 2018b; IBGE, 2021), a degradação das águas nos igarapés urbanos é perceptível, em decorrência, principalmente, dos seguintes fatores: precariedade da infraestrutura de saneamento básico, não tratamento de águas residuais de indústrias, comércios e residências, além da precariedade das ocupações irregulares nas Áreas de Preservação Permanentes (APP) dos canais de drenagem (OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2022).

O número e a gravidade de problemas ambientais gerados pela supressão dos sistemas fluviais impõem a necessidade de avaliar o papel de agentes sociais mais ativos de sua apropriação. Além disso, importa reanalisar textos legais e outros instrumentos de ordenamento territorial que incidem sobre os sistemas hidrográficos nas cidades (RODRIGUES, 2015).

Sendo assim, o objetivo deste artigo é explicitar as condições de qualidade das águas fronteiriças nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero nas cidades de Tabatinga (BR) e Letícia (CO). Esta análise propõe-se também a debater, de forma reflexiva, como a aparente abundância da água nessa região influencia de forma negativa no planejamento e na gestão dos recursos hídricos ao longo do tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O recorte das bacias urbanas fronteiriças do São Francisco, no município de Tabatinga (BR) e Matadero, no município de Letícia (CO), foi realizado inicialmente por meio do mapeamento dos canais de drenagem com o uso do *Global Positioning System* (GPS), modelo

Garmin MAP64s, e da base cartográfica em *Computer Aided Design* (AutoCAD) da rede de drenagem urbana dos municípios de Tabatinga e Letícia.

Concomitantemente, foram realizados os levantamentos de dados primários nas secretarias Municipais de Meio Ambiente (SEMAT), e de Proteção de Defesa Civil (SEMPDEC) do município de Tabatinga. Em Letícia, nas Secretarias de Competitividade, Medio Ambiente y Turismo (SCMAT) e Sector de Gestión de Riesgos (SGR) Alcaldía de Letícia. Dados secundários foram obtidos na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (Corpoamazonia), Departamento Nacional Administrativo de Estatística (DANE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

As análises físico-químicas da água para o consumo humano, coletada por um dos autores deste estudo, foram realizadas conforme os Índices de Qualidade da Água (IQA), estabelecidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no Brasil, e Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), pelo Instituto Nacional de Salud (INS) atrelado ao Ministerio de Salud y Protección Social na Colômbia.

Os parâmetros de qualidade da água estabelecidos nos índices para o consumo humano nesses países têm metodologias muito aproximadas, mesmo que, na Colômbia, não haja uma agência específica para tratar sobre a gestão das águas no país. Os parâmetros físico-químicos analisados nesta pesquisa foram Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura e Turbidez.

Esses parâmetros seguiram a norma de enquadramento para rios brasileiros preconizada na Resolução CONAMA nº 357, de 2005 (BRASIL, 2005b), e Resolución nº 2.115 (COLOMBIA, 2007) para ações mitigadoras e de controle da qualidade da água para consumo humano. Tendo em vista não existir, na Colômbia, enquadramento dos corpos hídricos, estabelecemos, para as amostras coletadas nas bacias urbanas fronteiriças, os parâmetros da Resolução CONAMA nº357 (BRASIL,2005b), que enquadra os canais de drenagem na classe 2. Também Silva (2013) e Silva, Miranda e Santana (2017) realizaram análises comparativas dos parâmetros utilizados nesses países para a qualidade da água de rios da bacia Amazônica.

As análises de Temperatura da água e OD foram realizadas *in locu* na superfície da água com a Sonda YSI ProODO™ Handheld. Para as análises da CE, pH e Turbidez, foram utilizados, respectivamente, os Medidores de **Condutividade Seven Compact™ S230**, pHmetro PH-2000 e Turbidímetro MacFarland de 0 a 1000 NTU realizadas no Laboratório de

Química Ambiental (LQA) do INPA no ano de 2022. O método utilizado para as análises de qualidade da água seguiu os padrões da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005).

Foram coletadas seis amostras para análise dos canais de drenagem fronteiriços, sendo: duas amostras no Igarapé Quebrada Santo Antônio, área de fronteira natural dos bairros São Francisco (BR) e La Unión (CO) a jusante, e quatro amostras no médio e alto curso da bacia do São Francisco, localizadas nos bairros Santa Rosa, Rui Barbosa e Estrada do Incra. As coletas foram realizadas no período sazonal de cheia e vazante do rio Solimões nos meses de março e agosto de 2022.

Os igarapés escolhidos foram selecionados em virtude de estarem localizados nos limites naturais e político-administrativos dos países. Além disso, levou-se em consideração áreas densamente ocupadas a jusante das bacias analisadas, que estão no baixo e médio curso e a montante, onde se localizam as áreas de expansão urbana das cidades de Tabatinga e Letícia.

A matriz metodológica utilizada para a sistematização dos dados foi o Sistema Ambiental Urbano (SAU) desenvolvido por Mendonça (2004, 2009), que visa compreender o os impactos ambientais sobre o espaço urbano, por meio dos sistemas de entrada (*Input*) fluxos de matéria e energia–composto dos subsistemas naturais (ar, água, relevo, vegetação e solos) e sociais (comércio, indústria, habitação, lazer, serviços e transporte) e dos atributos que imprimem a dinâmica das relações sociais no território, como política, tecnologia, economia e de saída (*Output*)–, que refletem as interações no espaço-tempo entre os sistemas naturais e sociais que se estabelecem na superfície terrestre, por meio dos problemas socioambientais urbanos.

Destaca-se que a bacia hidrográfica, nesse contexto, é analisada por Botelho e Silva (2012) como uma célula de análise ambiental que interage com os diversos agentes que compõem uma unidade hidrográfica. Ainda conforme esses autores, as bacias urbanas nas cidades de Tabatinga e Letícia explicitam, em sua rede hidrográfica compartilhada, diversos problemas de ordenamento territorial e gestão da água na fronteira internacional.

ESPAÇO AMBIENTAL E AS QUESTÕES HIDROGRÁFICAS NAS CIDADES DE TABATINGA E LETÍCIA

Para Martine (2007), um dos mais conhecidos pesquisadores sobre questões associadas a População, Desenvolvimento e Ambiente (PDA), nos estudos sobre o lugar do

Espaço Ambiental na equação Desenvolvimento e Sustentabilidade, ainda é negligenciada a importância do espaço ambiental nas interações entre população/desenvolvimento/meio ambiente. Sob tal contexto, este estudo abordará a problemática do Espaço Ambiental nas bacias fronteiriças do São Francisco e do Matadero, destacando a degradação da água nos espaços urbanos e suas implicações para a sociedade local.

Segundo estudos de Domínguez (2003), na Amazônia Internacional, localiza-se a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma extensão total que inclui a bacia principal e as sub-bacias de aproximadamente 6.878.761 km², englobando Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela e Guiana. As cidades que se desenvolveram às margens desses rios seguem a sazonalidade natural do sistema de cheias e vazantes para execução das atividades sociais e econômicas.

Os dados do Relatório *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil* (BRASIL, 2018) demonstram que, em alguns estados da Amazônia brasileira, até 2017, dentre esses o Amazonas e o Pará, iniciava-se o processo de criação dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH), nos quais seriam regulamentadas as normas para os diversos usos da água nas bacias estaduais. Assim, torna-se evidente que o planejamento hídrico, nesses estados da federação, está em descompasso com os avanços das normas e legislações vigentes de outras regiões do país, em virtude da “grande disponibilidade” de água. Tal condição permite inferir-se que parece proposital que a disponibilidade desse recurso natural frente às demandas vigentes interfira de forma direta e indireta na gestão desarticulada da água dessa região do país. Isto porque, nas áreas urbanas dos estados da região Norte concentram-se as cidades com os maiores índices de densidade e crescimento, proporcionais ao total de sua população no Brasil nas últimas duas décadas.

Segundo Euzébio (2014), nas últimas três décadas, a estrutura urbana e populacional da Amazônia brasileira sofreu modificações expressivas. A população urbana passou de 59% para 79%, conforme o censo demográfico do IBGE de 2010, e algumas localidades tornaram-se cidades com mais de 50 mil habitantes.

Ainda segundo o autor citado, destaca-se o desenvolvimento das cidades fronteiriças de Tabatinga, no Brasil, e Letícia, na Colômbia. Em 1980, Tabatinga contava com 17 mil habitantes e, em 2010, alcançou 52 mil, um crescimento populacional da ordem de 131%. Letícia, por sua vez, também demonstrou características similares. Em 1985, possuía em torno de 24 mil habitantes; em 2010, aproxima-se dos 40 mil, um acréscimo de 65%, alcançando, juntas, nesse mesmo ano, 90 mil habitantes. Um crescimento populacional de 196% em trinta anos.

Pôde-se identificar que, ao longo dos anos, as duas cidades tornaram-se estratégicas na região, por concentrarem a maioria das representações político-administrativas e os fluxos de capital legal e ilegal. Isto ocorreu devido à concentração de serviços e de pessoas nessas áreas e à ausência de planejamento e infraestrutura urbana, o que têm levado à degradação do espaço urbano de modo significativo. Desse modo, os resíduos sólidos e a poluição dos igarapés consistem nos elementos visíveis da degradação.

Neste contexto, para Nogueira (2005) a fuligem e o ruído causado pela usina termelétrica de Letícia, que está localizada no limite dos dois países no igarapé Santo Antônio, e, em virtude dos ventos predominantes serem no sentido oeste-leste, os resíduos são levados para o território brasileiro. Do mesmo modo, os efluentes líquidos do esgoto de Letícia que correm para o rio Solimões, pois os efluentes lançados da cidade estão a 800 metros a montante do ponto de captação da água realizado pela Cosama na cidade de Tabatinga.

É recente a gestão territorial nos municípios de Tabatinga e Letícia, segundo a *Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia* (CORPOAMAZONIA, 2016). Na cidade de Letícia, os governos locais de cidades fronteiriças têm formulado instrumentos de planejamento urbano, nos quais as políticas de gestão de uso do solo são definidas. No caso colombiano, a cidade de Letícia adotou, em 2002, o *Plan Básico de Ordenamiento Territorial* (PBOT); no caso brasileiro iniciou-se, na cidade de Tabatinga, a implantação do Plano Diretor Municipal em 2007.

As bacias do São Francisco e Matadero, localizadas no perímetro urbano de Tabatinga e Letícia, apresentam uma área de aproximadamente 5.048 km², dos quais 4.135 km² estão em território brasileiro e 912,4 km² em território colombiano. Esse sistema fluvial, nos últimos anos, precarizou-se pelas incipientes ações de ordenamento territorial e governança da água, acarretando significativos impactos socioambientais. O mais recente associa-se ao fato de brasileiros, peruanos e colombianos residirem em áreas que correspondem tanto ao leito como às margens do canal de drenagem entre os bairros do São Francisco, em Tabatinga, e do La Unión, em Letícia (fig.2), devido às condições precárias de moradia, poluição da água e despejo de efluentes industriais oriundos da queima do diesel de uma Usina Termelétrica no lado colombiano.

Figura 2: Sequência das imagens A, B, C e D no baixo curso de confluência das redes de drenagem das bacias do São Francisco (BR) e Matadero (CO)



Fonte: Autor (2019) com apoio do Veículo Aéreo não Tripulado (VANT).

Nas figuras A, B e D, a direção das setas vermelhas corresponde, respectivamente, à direção do território colombiano no bairro La Unión, onde se localiza a Usina Termoelétrica, território brasileiro no bairro São Francisco até desaguar no rio Solimões. As setas azuis das figuras A e C correspondem à direção do fluxo fluvial fronteiriço do baixo curso das bacias urbanas do São Francisco e Matadero.

Segundo D'Isep (2010), a preocupação com a distribuição e conservação das águas nacionais e internacionais gera, sobretudo para as nações, o dever de sua gestão, com o objetivo de evitar o surgimento dos *hidroconflitos*. Com a ocupação mais intensa nas APP dos canais de fluviais urbanos, as incisões erosivas tendem a se intensificar, devido, principalmente, à utilização e ocupação inadequada desse ecossistema. A ausência de saneamento básico associada a tal contexto constitui a principal causa de degradação.

O limite estabelecido pelo Código Florestal (BRASIL, 2012) brasileiro determina que, em canais de drenagem com largura média de 10 metros no seu leito ou área de transbordamento médio, deve-se preservar de 15 a 30m de mata ciliar; para canais de drenagem com 20m de largura, a área de preservação aumenta para 50m. Na Colômbia, a Resolución 0957 (COLOMBIA, 2018c) estabeleceu uma faixa de 30 m de largura desde o leito maior dos canais de drenagem. Um aspecto importante identificado durante os levantamentos de campo nessas cidades é a inobservância legal quanto à irregularidade das ocupações nas APP. Este aspecto repercute nas condições precárias de vida da população moradora das margens dos igarapés e, de forma concomitante, reflete-se na poluição das águas.

Conforme Oliveira (2017), as bacias hidrográficas da cidade de Tabatinga são progressivamente degradadas pelas obras de terraplanagem, para pavimentação de ruas, e pela expansão urbana decorrente do crescimento da população. As obras de infraestrutura urbana e saneamento básico não acompanham o crescimento populacional, tampouco as demandas desse crescimento.

Segundo Riaño Umbarila e Salazar Cardona (2018), os centros urbanos do sul da Amazônia colombiana, onde se localiza a cidade de Letícia, crescem de forma desordenada, desconsiderando a escala humana. Além disso, não se considera o planejamento urbano atrelado às características do meio natural da região. Os principais problemas urbanos, como as moradias em áreas de risco natural e a ausência de saneamento básico, de forma direta, contribuem para a poluição das águas e do solo.

CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA NAS BACIAS AMAZÔNICAS DO SÃO FRANCISCO E MATADERO

Os parâmetros físico-químicos analisados de CE, OD, pH, Temperatura e Turbidez ocorreram no ano de 2022, nos meses de março e agosto, período sazonal de cheia e vazante dos rios nessa região. Foram realizadas duas campanhas de coleta nos canais fluviais das bacias do São Francisco e Matadero em seis pontos (P1 - P6) com o intuito de analisar a variabilidade espacial das condições de qualidade da água. Os valores médios encontrados nesses dois momentos dos parâmetros desta pesquisa estão apresentados nos gráficos a seguir. As descrições dos pontos P1 a P6 quanto ao uso do solo, preponderante nas áreas onde ocorreram as coletas de água para análise, estão expostas no Quadro 1. Os bairros foram percorridos seguindo-se a hierarquia fluvial das bacias hidrográficas urbanas, sendo a do São Francisco, de jusante a montante, e do Matadero, a jusante, onde se localiza a rede de drenagem compartilhada pelos países.

Quadro 1: Descrição dos tipos de uso do solo nos pontos de coleta – P1-P6 – bacias do São Francisco (BR) / Matadero (CO)

Pontos de coleta	Localização dos pontos coletados	Tipos de uso do solo preponderantes
P1	Baixo curso das bacias do São Francisco/Matadero – Comunidade Guadalupe na divisa dos bairros do São Francisco e La Unión	Predomina o uso residencial de palafitas no leito do igarapé
P2	Baixo curso das bacias do São Francisco/Matadero – Comunidade Guadalupe na divisa dos bairros do São	Uso residencial e comercial. As casas e comércio estão parcialmente em Áreas de Preservação Permanentes de encosta e de

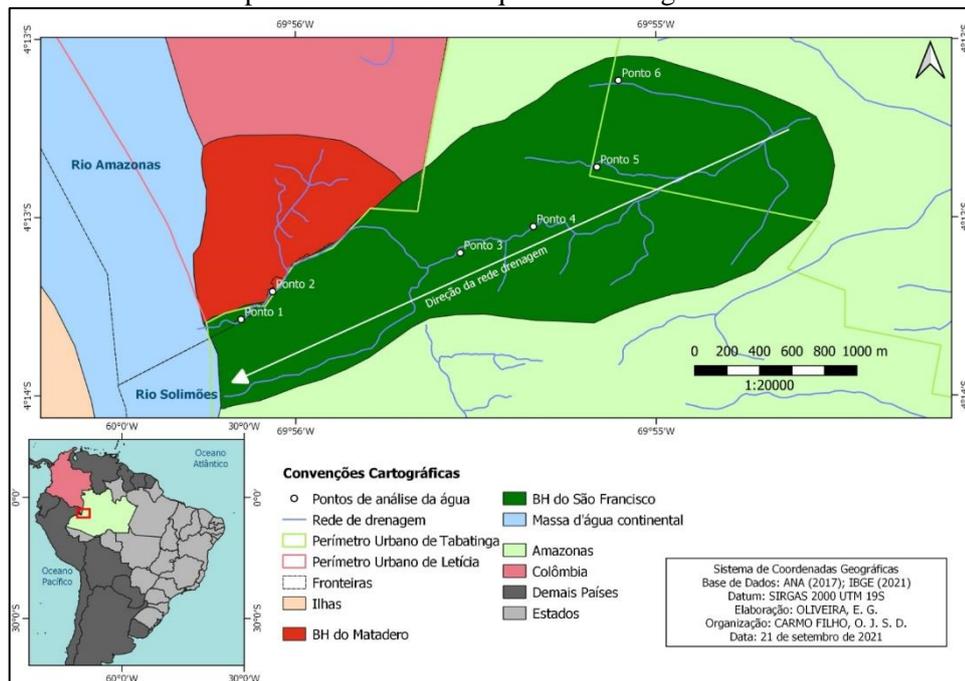
	Francisco e La Unión	drenagem
P3	Médio curso da bacia do São Francisco – bairro de Santa Rosa	Residencial e Industrial (Olaria)
P4	Médio curso da bacia do São Francisco – na divisa dos bairros de Santa Rosa com Rui Barbosa	Residencial
P5	Alto curso das bacias do São Francisco – bairro de Santa Rosa	Residencial e comercial (armazéns e matadouro municipal)
P6	Alto curso da bacia do São Francisco – Estrada do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) início da área rural do município de Tabatinga	Residencial e pequenas áreas de produção de gado

Fonte: Autor (2022).

Foi possível identificar *in locu* que são diversos os fatores condicionantes da degradação no sentido montante a jusante nos canais das bacias do São Francisco e do Matadero. A expansão urbana a montante dessas bacias configurou-se pela ausência de infraestruturas para o saneamento das águas servidas. Acrescentam-se a precarização desse ambiente e as obras de terraplanagem, que promovem diretamente a degradação dos ecossistemas hidrográficos. Com referência ao setor jusante, a concentração de comércios e moradias nas APPs ocasionava a poluição da água em consequência do lançamento de resíduos sólidos e efluentes.

Importa esclarecer que, para Santos *et al.* (2018), a variabilidade dos parâmetros de qualidade da água é resultado das interferências no ambiente, tais como sazonalidade das coletas, do lançamento de efluentes e acumulação de resíduos sólidos e líquidos nas vias urbanas das bacias hidrográficas. Na Figura 3, indica-se a localização dos 6 pontos– onde foram realizadas as coletas de água para as análises durante as campanhas nos canais fluviais– situados na faixa de fronteira, entre as cidades de Tabatinga (BR) e Letícia (CO).

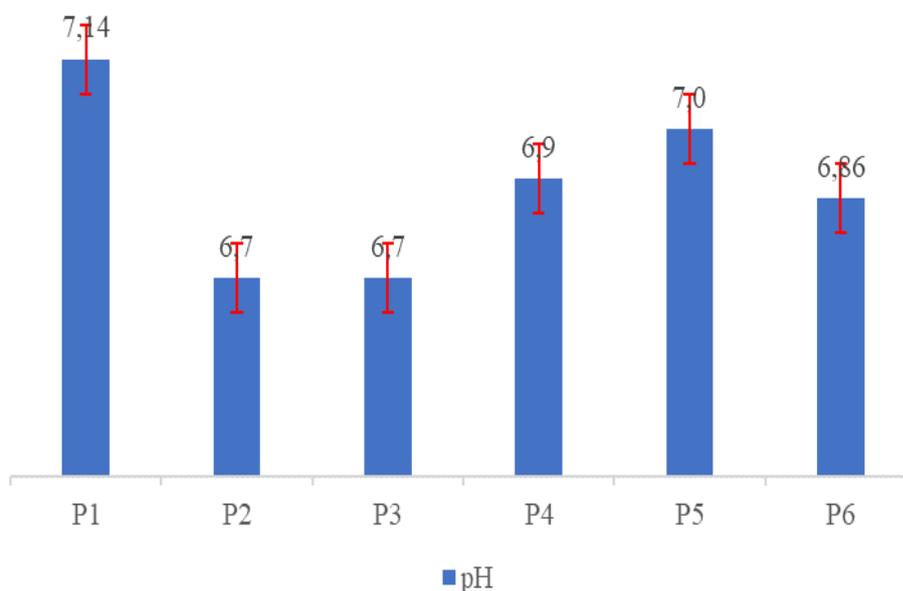
Figura 3: Mapa de localização das bacias urbanas do São Francisco e Matadero e pontos de análise da qualidade da água



Fontes: Autor (2022) com base em Brasil (2016) e IBGE (2021).

As análises indicaram que as bacias urbanas do São Francisco e Matadero, nos seis pontos, não apresentaram alteração nos valores de pH consoante aos parâmetros legais de referência para rios de Classe 2 (BRASIL, 2005b), conforme mostra Gráfico 1. Contudo, foi perceptível a degradação dos canais pelo odor e cor da água no momento da coleta nos P1, P3 e P5. Segundo Silva, Miranda e Santana (2017), as características físicas e químicas de rios de águas pretas da Amazônia, que são receptores de efluentes domésticos e submetidos a fortes impactos, o pH é elevado, ficando na faixa entre 6,0-9,0 estabelecida pelos parâmetros da legislação nacional, mas tornam-se águas poluídas, chegando a ser perceptível pela turbidez e pelo odor.

Gráfico 1: Análise do pH médio nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero



Fonte: Autor (2022).

Sendo assim, os parâmetros de qualidade da água para rios do bioma Amazônico são divergentes dos estabelecidos na legislação nacional para rios de classe 2. Deste modo, é iminente avaliar as características físico-químicas das águas na bacia Amazônica, a fim de estabelecer parâmetros mais coerentes e adaptados à realidade dessa região.

Silva, Miranda e Santana (2017) realizaram dois levantamentos no banco de dados hidroquímicos (pH e Condutividade Elétrica) dos seguintes projetos: Hidrologia da Bacia Amazônica (HIBAM) nos anos de 1995, 1996, 1998, 2000 e na Hidrelétrica de Samuel, no período de 1986 a 1987, um total de 451 amostras de águas de superfície dos rios na Amazônia. Os resultados demonstraram que 20% dos corpos de água apresentaram pH acima de 6,5. No rio Amazonas, nos tributários da margem esquerda, os valores do pH variaram de 4,42 a 7,44. Os menores valores foram encontrados no escudo das Guianas, onde predominavam águas ácidas, devido à abundância de matéria orgânica em decomposição.

Ainda segundo os autores citados, as características das águas de superfície da Amazônia não estão de acordo com a Resolução N°357/2005 do CONAMA, pois, nos ambientes de água preta (rios, lagos e igarapés), devido a uma série de fatores naturais, o pH encontra-se menor que 6,0. Quando se contextualiza na perspectiva dos corpos hídricos urbanos, fica ainda mais difícil o enquadramento, devido ao processo de urbanização intenso e dinâmico. Na Tabela 1, a seguir, estão descritos os parâmetros comparativos entre as

normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), expedidas pela Resolução N°. 357/2005 e da água da Amazônia com base nas análises dos projetos citados.

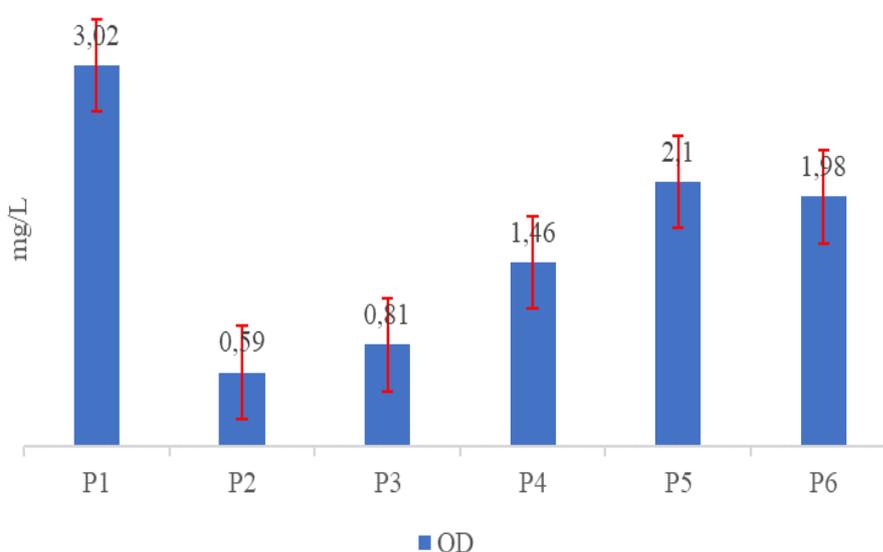
Tabela 1: Comparação entre padrões estabelecidos pela Resolução CONAMANº 357/2005 e águas da Amazônia

CLASSE DE RIO	2	RIOS DA AMAZÔNIA		
		Tipos de Água		
CONAMA 357/05 (Condições)	Art. 15	Preta	Branca	Clara
OD (mg/L O ₂)	≥5,0	2,4-7,4	1,62-5,9	≤5,0
Turbidez (UNT)	≤100,0	90,0-150,0	8,0-160,0	3,0-5,0
pH	6,0-9,0	4,5-5,5	6,2-7,5	6,7-7,0

Fonte: Silva, Miranda e Santana (2017, p. 88).

Ao se considerar os valores do Oxigênio Dissolvido no Gráfico 2, nos pontos P2, P3 e P4 em uma área já consolidada entre o bairro do São Francisco e La Unión e ainda no bairro de Santa Rosa, onde o processo de expansão urbana é intenso tanto do lado brasileiro como do lado colombiano, constataram-se alterações que podem ser relacionadas à expansão comercial, agropecuária e industrial nessas áreas, como é o caso de uma Olaria. As ausentes fiscalização e monitoramento dessas atividades podem estar, de forma direta, a degradar o manancial hídrico.

Gráfico 2: Análise do Oxigênio Dissolvido médio nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero

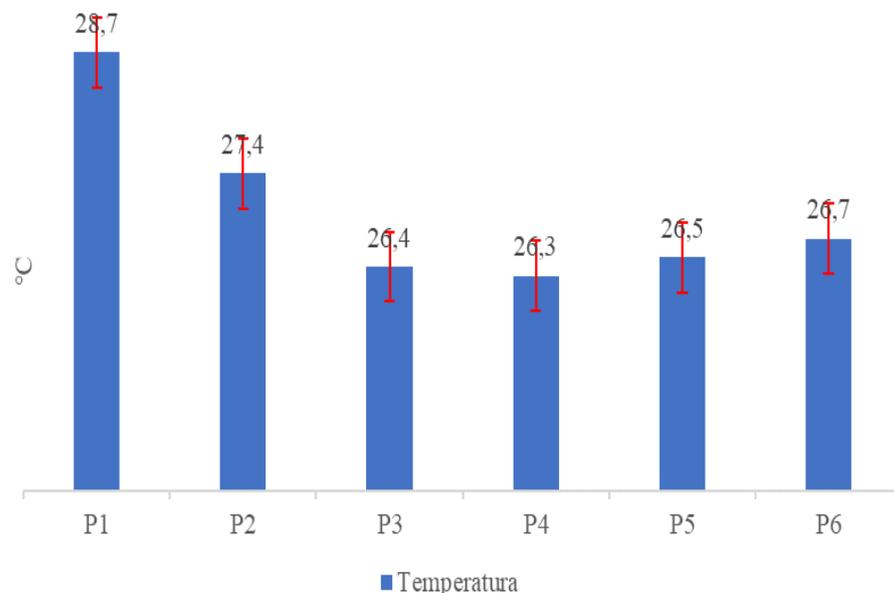


Fonte: Autor (2022).

Segundo Garcia *et al.* (2018), águas poluídas por efluentes apresentam baixa concentração de OD, pois este é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Contudo, águas limpas tendem a apresentar OD mais elevado, exceto nos casos em que as condições naturais, como espessura da superfície da água, temperatura e pressão, causem baixos valores do parâmetro. Mesmo nos pontos P5 e P6, alto curso da bacia do São Francisco, havia a concentração de resíduos sólidos e odor desagradável, ainda que os valores estivessem aproximados aos parâmetros estabelecidos para rios de água preta no Amazonas. Desse modo, a degradação da água é iminente.

Nas bacias do São Francisco e do Matadero, não houve variação térmica acentuada de temperatura da água nos pontos amostrais analisados, como pode ser visto no Gráfico 3. Conforme o Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS (BRASIL, 2014), os corpos de água brasileiros podem apresentar temperaturas na faixa entre 20°C e 30°C. As mudanças de temperatura podem ser alteradas por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

Gráfico 3: Análise da temperatura média nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero



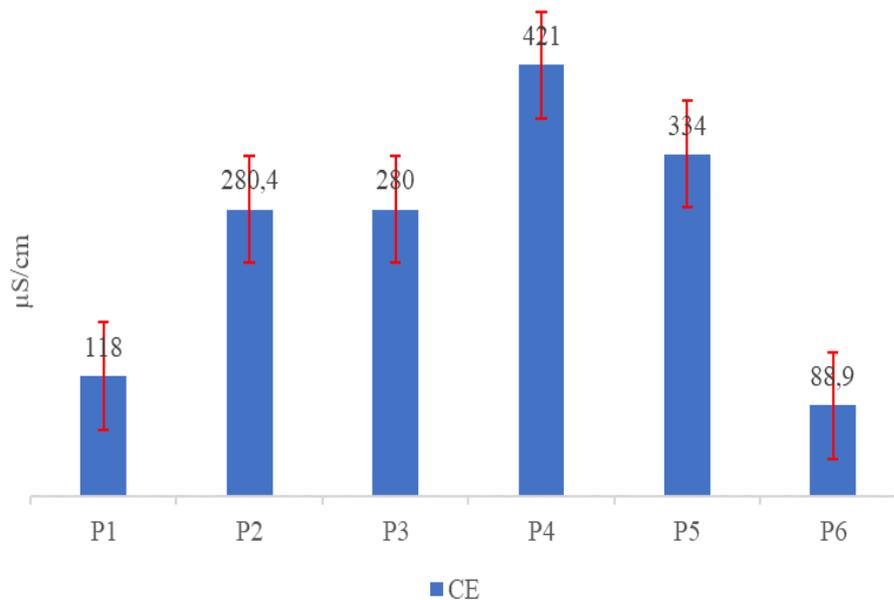
Fonte: Autor (2022).

Neste contexto, não se observou uma correlação direta entre o aumento da temperatura da água e a redução do OD na lâmina d'água na rede de drenagem urbana nas bacias do São Francisco e Matadero, como encontrados nos trabalhos realizados por Silveira, Okumura e

Yamaguchi (2021), no ribeirão Morangueira, e Thomaz, Centeno e Cecconello (2023), no rio Comandaí.

Quando se analisaram os dados da Condutividade Elétrica (CE) expostos no Gráfico 4, pôde-se identificar que, das seis amostras coletadas, cinco estavam acima dos padrões de referência para rios da bacia Amazônica, conforme identificado por Silva(2013). Esses índices alterados podem estar relacionados à concentração de moradias e comércios nas APP na área central das cidades, que não recebe nenhum tipo de tratamento sanitário para efluentes. O estudo de Rocha *et al.* (2021) encontrou altos valores de CE nas águas do rio Itanhém, constatou que estavam relacionados a grande carga de sólidos em suspensão naquele segmento do canal e comprovou a impureza da água. Esses indicadores de qualidade da água, a montante da bacia do São Francisco podem estar relacionados ao processo de expansão urbana, matadouro/frigorífico e indústrias de pequeno porte localizados na área.

Gráfico 4: Análise da Condutividade Elétrica média nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero

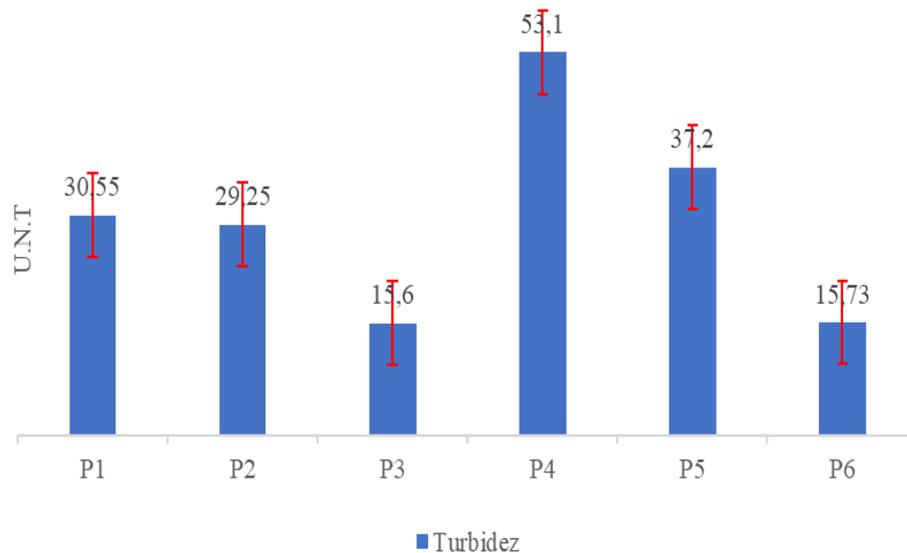


Fonte: Autor (2022).

Os valores de turbidez, conforme mostra o Gráfico 5, indicam que, das seis amostras analisadas, todas estavam muito abaixo dos valores estabelecidos para rios de águas pretas da bacia amazônica. Contudo, se forem considerados os parâmetros da Resolução CONAMA Nº357/2005(BRASIL, 2005b), todas as amostras analisadas deste parâmetro estão dentro dos limites permitidos para rios de Classe 2. Segundo Thomaz, Centeno e Cecconello (2023), os valores de turbidez em desacordo com os parâmetros de qualidade da água relacionam-se com a descarga de águas residuais sem tratamento nos canais de drenagem próximos de centros

urbanos. Pode também haver relação com a presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas.

Gráfico 5: Análise da Turbidez medianas bacias urbanas do São Francisco e Matadero



Fonte: Autor (2022).

Ainda que haja divergência nos parâmetros ambientais de turbidez da água estabelecidos para os rios nessa região, foi possível identificar *in locu* nas cidades de Tabatinga e Letícia que a poluição dos rios urbanos é notória devido, *a priori*, à descarga de efluentes sem tratamento das residências, comércios e indústrias nos corpos hídricos.

Para Silva (2013), a região amazônica não apresenta um padrão homogêneo na composição de suas águas, o que tem dificultado sua classificação e enquadramento dos rios na região. Nesse contexto, é importante caracterizar as águas desses e de outros rios quanto aos aspectos físico-químicos e biológicos, para identificar seus limites e elaborar padrões regionais que possam ser utilizados em sistemas de gestão e planejamento da água nas diversas regiões do país.

Embora, em algumas amostras, a situação de qualidade do corpo hídrico para os parâmetros analisados nesta pesquisa estejam de acordo com os valores de referência dos índices de qualidade da água no Brasil e na Colômbia para rios da bacia Amazônica, na escala urbana, nessa região fronteiriça, foi constatada, em quase 90% das amostras analisadas, a perceptível degradação dos igarapés nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero.

Além dos aspectos antropogênicos já citados, que interferem na qualidade da água, neste trabalho, pôde-se também atribuir a degradação continuados corpos hídricos ao

desconhecimento dos atores institucionais locais das características geomorfológicas das bacias urbanas. Nas atividades de campo, foi possível identificar que os canais de drenagem na área urbana das cidades de Tabatinga (BR) e Letícia (CO), no alto e médio curso, têm pouca profundidade e largura ao longo do ano, mesmo no período de cheia, com, no máximo, 1,5 metros. Estas características naturais favorecem indiretamente aterro expressivo dos canais de drenagem que estão em superfície, para a construção de obras de infraestrutura urbana, principalmente para construção de moradias e pavimentação de vias públicas nas áreas de expansão das cidades.

Deste modo, foi constatado, que as águas dos canais fluviais urbanos nas cidades de Tabatinga e Letícia, estão sendo degradadas pelo lançamento das águas residuais sem qualquer tratamento prévio, ocupação das APP, e, pelas obras de infraestrutura para construção de vias públicas e escoamento das águas pluviais e fluviais não compatíveis com as características geomorfológicas e hidrográficas destas cidades.

Como se pode verificar, a partir dos dados acima explicitados nas análises físico-químicas realizadas, são diversos os fatores que fomentam a degradação da rede de drenagem urbana fronteiriça. Essa degradação está direta e/ou indiretamente atrelada a gestão territorial quanto as políticas públicas adotadas nas esferas estadual e local (municipal) *in site* e *off site*, no que diz respeito as legislações ambientais e hídricas nacionais que não abarcam as características desta região.

Sendo assim, observou-se na maioria dos pontos analisados, no que tange a distribuição espacial, o aumento da poluição dos canais fluviais nas bacias urbanas do São Francisco e Matadero, quando comparados aos parâmetros de qualidade da água para os rios da bacia Amazônica, e, em menor intensidade quando comparados as normativas nacionais do Brasil e da Colômbia.

Neste contexto, os resultados até aqui apontam que a gestão ambiental do território adotada pelos atores institucionais, é incipiente a problemática que se apresenta no contexto dessa região da Amazônia internacional. Diante disso, os processos erosivos de assoreamento, inundação, e a poluição gradual dos corpos hídricos tem se tornado a cada ano mais constante na paisagem urbana. Esta ausência ou ineficiente gestão territorial tem fomentado de forma indireta e direta nas condições de qualidade da água nas bacias hidrográficas destas cidades.

O princípio lógico desta forma de gestão da água nesta região fronteiriça da Amazônia, na nossa perspectiva, tem se pautado na premissa da “abundância quantitativa da água” quanto a disponibilidade para as demandas atuais no primeiro momento, e, posteriormente na capacidade de autodepuração das águas residuais sem tratamento oriunda,

principalmente dos centros urbanos em virtude do volume de vazão dos rios da bacia Amazônica.

A atuação dos atores institucionais desde a esfera nacional até local operam, ainda, de forma desarticulada e incipiente em relação aos problemas ambientais locais. Essa desarticulação nos parece proposital na medida em que ainda se detêm pouca importância a qualidade da água em detrimento a quantidade disponível, e, de normativas legais ausentes ou aplicadas de forma tímida, no sentido de uma falsa lógica de abundância permanente de água disponível para os diversos usos da sociedade.

A articulação institucional descentralizada e a participação da sociedade civil são fundamentais no processo de gestão de uma política urbana, que leve em consideração a conservação e/ou preservação tanto os aspectos naturais como sociais. Na Amazônia internacional e nos “Amazonas” brasileiro e colombiano, nesta região fronteiriça das cidades de Tabatinga e Letícia o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais e da água são indispensáveis para a manutenção do estilo de vida amazônico, e, conseqüentemente para o desenvolvimento sustentado do ambiente nesta região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degradação na rede de drenagem das cidades fronteiriças de Tabatinga e Letícia nos estados dos “Amazonas” brasileiro e colombiano é uma realidade. As condições precárias de infraestrutura urbana, saneamento básico e a ocupação de áreas de preservação permanente sem qualquer tipo de controle ou fiscalização acentuam a poluição dos igarapés ao longo dos anos nessa região.

A lacuna de informações e/ou dados das características naturais dos igarapés urbanos associada à ausência de fiscalização e controle de uso e ocupação do solo ao longo dos anos, por parte dos governos locais e instituições estaduais e nacionais nessa região da Amazônia, é mais um dos elementos implícitos que têm contribuído para a precarização das formas de uso da água na rede de drenagem urbana das cidades de Tabatinga e Letícia.

O que se pôde constatar nos igarapés urbanos das cidades de Tabatinga e Letícia foi a negligência de planejamento ou ações por parte dos governos e instituições locais, regionais e nacionais para minimizar os problemas e/ou impactos.

Essa inércia de gestão em todas as esferas governamentais pauta-se principalmente pela “ilusão aparente” da grande disponibilidade de água na região Amazônica. Este

pensamento tem imprimido aos rios urbanos um gerenciamento pífio ao longo dos anos, sem qualquer medida de contenção ou tratamento das águas poluídas.

Desse modo, é imprescindível a gestão das águas urbanas fronteiriças nas bacias urbanas do São Francisco e do Matadero aliada ao ordenamento territorial de uso e ocupação do solo, a fim de reduzir os impactos identificados na qualidade da água, assim como evitar conflitos futuros pelo uso comum desse recurso natural nessa fronteira Amazônica do Brasil e da Colômbia.

Diante deste quadro, é fundamental a realização de mais pesquisas sobre a qualidade das águas urbanas na bacia Amazônica, para ampliar o entendimento dos impactos causados na quantidade e qualidade das águas disponíveis para os diversos usos da população na escala local, regional e nacional pelos países que compartilham essa rede hidrográfica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods of the experimentation of Water and Wasterwater**. 21st ed. New York: APHA, 2005. Disponível em: <https://www.standardmethods.org>. Acesso em: 30 maio 2021.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado; SILVA, Antonio Soares da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. *In*: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 153-192.

BRASIL. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Catálogo de Metadados da ANA**. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fe192ba0-45a9-4215-90a5-3fba6abea174/attachments/SNIRH_RHI.zip. Acesso em: 01 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Proposta de reestruturação do programa de desenvolvimento da faixa de fronteira**. Brasília: MIN, 2005a. Disponível em: <https://www.retis.igeo.ufrj.br/wp-content/uploads/2005-livro-PDF.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: https://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.27432e70.pdf. Acesso em: 25 jan. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Brasília: CONAMA, 2005b. Disponível em:
<https://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/491/06%20-%20Manual%20de%20controle%20da%20qualidade%20da%20água%20para%20técnicos%20que%20trabalham%20em%20ETAS%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n.12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a vegetação nativa e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2012. Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/codigoFlorestal>. Acesso em: 27 fev. 2021.

COLOMBIA. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **Censo nacional de población y vivienda, 2018**. Bogotá: DANE, 2018b. Disponível em: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>. Acesso em: 04 maio 2022.

COLOMBIA. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **Geoportal** - Descarga de datos geostatísticos. Bogotá: DANE, 2018. Disponível em: <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/datos-geoestadisticos/?cod=111>. Acesso em: 1 maio 2022.

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **Resolución n. 0957 del 31 de mayo de 2018**. Por la cual se adopta la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018c. Disponível em: <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0957-de-2018/>. Acesso em: 10 out. 2022.

COLOMBIA. Ministerio de la Protección Social e Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. **Resolución n. 2.115 del 22 de junio de 2007**. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de la Protección Social, 2007. Disponível em: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislación_del_agua/Resolución_2115.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA. Sede Territorial Leticia, Amazonas: **Resolución 1401 del 31 de octubre de 2016**. “Por medio de la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca de la quebrada Yahuaraca, en el Leticia (Amazonas)”. Leticia: CORPOAMAZONIA; Departamento de lo Amazonas, 2016. (Documento impreso).

D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. **Água juridicamente sustentável**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.

DOMÍNGUEZ, Camilo. Importância dos rios no sistema de transporte da Amazônia. In: ARAGÓN, Luis Eduardo; CLUSENER-GODT, Miguel. **Problemática do uso local e global da água da Amazônia**. Belém: NAEA, 2003. p. 161-190.

EUZÉBIO, Emerson Flávio. La porosidad territorial en la frontera de la Amazonía: las ciudades gemelas Tabatinga (Brasil) y Leticia (Colombia). **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 23, n. 1, p. 109-124, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v23n1.34851>. Acesso em: 23 maio 2022.

GARCIA, Joice Machado *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>. Acesso em: 20 abr. 2020.

GOOGLE EARTH PRO. **Imagens de satélites da terra**. Data das imagens 09/12/2022. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-4.21878921,69.90562413,84.97193917a,19367.06852205d,35y,1.77457644h,3.39708931t,0.015999r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR. Acesso em: 01 abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. População estimada para Tabatinga - AM. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/tabatinga/panorama>. Acesso em: 23 mar. 2022.

MARTINE, George. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos da População**, v. 24, n. 2, p. 181-190, 2007. Disponível em: <https://rebep.emnuvens.com.br/revista/issue/view/41>. Acesso em: 05 nov. 2021.

MENDONÇA, Francisco. Geografia, Geografia Física e Meio Ambiente: uma reflexão a partir da problemática socioambiental urbana. **Revista ANPEGE**, v.5, n. 5, p.123-134, 2009. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6594>. Acesso em: 20 maio 2020.

MENDONÇA, Francisco. S.A.U – Sistema ambiental urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, Francisco (org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 185-207.

MIRZAEI, Mohsen *et al.* Trans-boundary land cover changes and its influences on water crisis: Case study of the Aras River. **Applied Geography**, v. 124, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102323>. Acesso em: 20 nov. 2021.

NOGUEIRA, Ricardo José Batista. Território de Fronteira: Brasil/Colômbia. In.: **Anais do X EGAL**, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Geografiasocioeconomica/Geografiaregional/20.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

NOGUEIRA, Ricardo José Batista. Fronteira: espaço de referência identitária? **Ateliê Geográfico**, v. 1, n. 2, p. 27-41, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/ag.vli2.3013>. Acesso em: 15 ago. 2023.

OCAMPO, José Antonio. La gobernanza económica y social y el sistema de las Naciones Unidas. In: OCAMPO, José Antonio (ed.). **Gobernanza global y desarrollo: Nuevos desafíos y prioridades de la cooperación internacional**. Buenos Aires: Siglo Veintiuno, 2015. p. 31-70. Disponível em:

<https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38855/1/GobernanzaGlobalyDesarrollo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

OLIVEIRA, Ercivan Gomes. Caracterização da qualidade da água nas microbacias hidrográficas na cidade de Tabatinga - AM. **Revista Igapó**, Edição especial - Anais de Iniciação Científica, Manaus, 2017. Disponível em: <https://www.ifam.edu.br/igapo/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

OLIVEIRA, Ercivan Gomes; ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello Cunha. Qualidade da água no arco noroeste da tríplice fronteira amazônica. In: NOGUEIRA, Amélia Regina Batista; FORTES, Mircia Ribeiro; ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello da Cunha (org.). **Espaços de diálogos em Geografia: para entender lugares e paisagens**. Embu das Artes, SP: Alexa Cultural; Manaus, AM: Edua, 2022. p. 53-66.

PROGRAM for mapping and geographic data analysis and in a geographic information system. Download data buy country, 2016. Disponível em: <https://diva-gis.org/gdata>. Acesso em: 4 jun. 2022.

RIAÑO UMBARILA, Elizabeth; SALAZAR CARDONA, Carlos Ariel. **Habitar la Amazonia: Ciudades y asentamientos sostenibles**. Bogotá, CO: Instituto Amazônico de Investigaciones Científicas, 2018.

ROCHA, Elissandro Santos *et al.* Diagnóstico da qualidade da água do rio Itanhém entre os municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 1009-1023, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1009-1024>. Acesso em: 11 fev. 2021.

RODRIGUES, Cleide. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 19, n. 2, p. 325-348, 2015. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2015.102805>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SANTOS, Sizabeli Amaral dos *et al.* Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Canela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Revista Sociedade e Natureza**, v.30, n. 2, p. 23-44, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-2>. Acesso em: 14 jun. 2020.

SILVA, Maria do Socorro Rocha. **Bacia hidrográfica do rio Amazonas: contribuição para o enquadramento e preservação**. 2013. 199 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3152?mode=full>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SILVA, Maria do Socorro Rocha; MIRANDA, Sebastião Atila Fonseca; SANTANA, Genilson Pereira. Bacia hidrográfica do Rio Amazonas: condições de suas águas versus Resolução N° 357/2005/CONAMA/2005. **Scientia Amazonia**, v. 6, n. 2, p. 83-90, 2017. Disponível em: <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2017/01/v6-n2-83-90-2017.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

SILVEIRA, Alisson Diogo dos Santos; OKUMURA, Maria Lúcia Hiromi da Silva; YAMAGUCHI, Natália Ueda. Avaliação preliminar da qualidade das águas do Ribeirão Morangueiro por descarte irregular de lodo de Estação de Tratamento de Água. **Anuário do**

Instituto de Geociências, v. 44, p. 1-9, 2021. Disponível em:
<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/>. Acesso em: 12 mar. 2023.

THOMAZ, Danilo; CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, através do Índice de Qualidade da Água. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 79-103, 2023. Disponível em:<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/3068/2218>. Acesso em: 3 mar. 2023.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations World Water Development Report 2018: nature-based solutions for water**. Paris:WWAP, 2018. Disponível em:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 30 mar. 2022.

Artigo recebido em: 12 de maio de 2023.

Artigo aceito em: 30 de agosto de 2023.

Artigo publicado em: 04 de setembro de 2023.