

Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM**Comparative study of physicochemical aspects between mindu microbacy waters and igarapes under anthropic influence in Manaus-AM city**

DOI:10.34117/bjdv6n1-178

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 16/01/2020

Elton Alves de Souza Filho

Mestre do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: easf891@gmail.com

Samara Beatriz da Silva Mendonça Alves

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –

ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: sbeatriz.mendonca@gmail.com

Renato Kennedy Ribeiro Neves

Mestre do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: rkennedy.neves@gmail.com

Ieda Hortêncio Batista

Profª Drª. do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: iedahbatista@gmail.com

Carlossandro Carvalho de Albuquerque

Profª Dr. Coordena. do Prog. de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –

ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: carlossandro.albuquerque@gmail.com

Solange Batista Damasceno

Mestre do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfªÁgua

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: bio.solange@yahoo.com.br

Dênis Agüero do Nascimento

Mestre do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Prof. Água

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas – UEA

Endereço: Av. Djalma Batista, nº 2470 – Chapada, Manaus-AM, Brasil

E-mail: portomurinho@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos; de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal obtidos em análises realizadas na microbacia do Igarapé do Mindu, que possui sua extensão localizada na zona urbana de Manaus. Dentre os efeitos da influência antrópica sob o córrego, tem-se verificado extensas modificações em suas características naturais da qualidade das águas nos onze pontos da nascente até a foz do Igarapé selecionados para avaliação. As amostras foram coletadas no período seco e chuvoso, com análises de campo para pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, e nitrogênio amoniacal realizado em laboratório. Os resultados obtidos evidenciaram poluição e contaminação das águas nas proximidades das nascentes, e nos cursos alto, médio, e baixo foram identificados; assoreamento do leito, redução da mata ciliar, lançamentos de esgoto doméstico e efluentes industriais, além da presença de cor e odor desagradável nas águas. Os parâmetros analisados mostram que as águas das nascentes possuem características levemente ácidas, moderada condutividade elétrica, presença de nitrogênio amoniacal nas águas e alta concentração de oxigênio dissolvido. Os demais pontos analisados mostram pH de características básicas, alta condutividade elétrica, alta concentração de nitrogênio amoniacal e baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Palavras-chave: Igarapé, Mindu, poluição.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate physical-chemical parameters; pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and ammoniacal nitrogen obtained from analyzes carried out in the Mindu Igarapé microbasin, which is located in the urban area of Manaus. Among the effects of the anthropic influence under the stream, there have been extensive modifications in their natural characteristics of the water quality in the eleven points from the source to the mouth of the Igarapé selected for evaluation. The samples were collected in the dry and rainy season, with field analysis for pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, and ammoniacal nitrogen in the laboratory. The results obtained evidenced pollution and contamination of the waters near the springs, and in the high, medium and low courses were identified; sedimentation of the bed, reduction of riparian forest, releases of domestic sewage and industrial effluents, besides the presence of unpleasant color and odor in the waters. The analyzed parameters show that the waters of the springs have slightly acidic characteristics, moderate electrical conductivity, presence of ammoniacal nitrogen in the waters and high concentration of dissolved oxygen. The other analyzed points show pH of basic characteristics, high electrical conductivity, high concentration of ammoniacal nitrogen and low concentrations of dissolved oxygen.

Key words: Igarapé, Mindu, Pollution.

1 INTRODUÇÃO

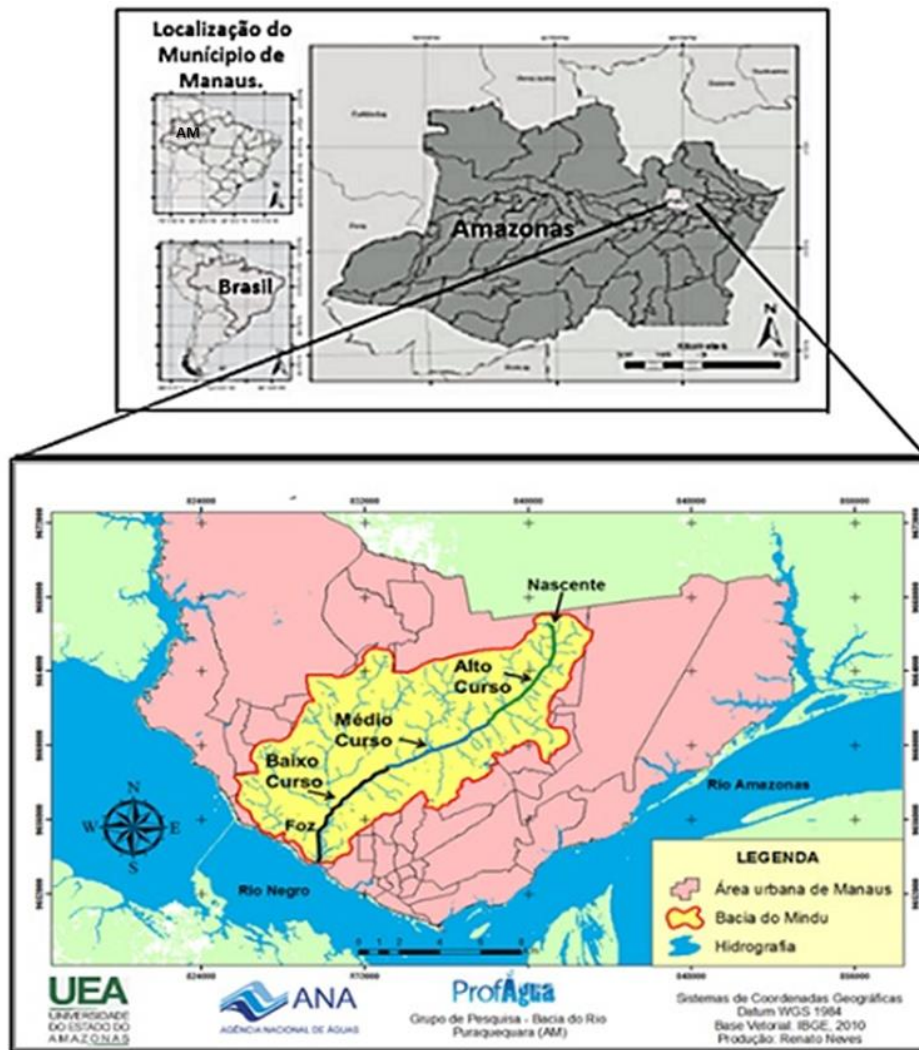
No âmbito deste estudo é levantada a questão da degradação e poluição do Igarapé do Mindu, pertencente à bacia hidrográfica do São Raimundo, que possui predominância na zona urbana de Manaus, capital do Amazonas. A palavra Igarapé é comumente chamada na região para córregos ou

rios de canais estreitos. O igarapé do Mindu é um dos igarapés urbanos da cidade de Manaus responsáveis por absorver e diluir as fontes de poluição e difusa da cidade, haja visto o estado de contaminação das águas, com destaque para o lançamento de resíduos sólidos e esgoto doméstico nas proximidades das nascentes do qual são revelados neste estudo. Apesar da cidade de Manaus possuir uma das maiores arrecadações do Produto interno Bruto (PIB) do país, em virtude dos impostos gerados pela zona franca de Manaus, e estar localizada na maior bacia hidrográfica do mundo (bacia amazônica) e possuir ainda um dos maiores aquíferos de água subterrânea do mundo (Alter do chão), a cidade apresenta em sua intrincada malha hidrográfica que recorta toda a cidade, impactos que vão desde a ocupação das margens, retiradas da mata ciliar, lançamento de esgoto doméstico e efluente industrial, erosão e assoreamento do leito dos igarapés, e lançamento de resíduos sólidos em suas águas. Estes impactos tem sido quantificados com modificação das características naturais das águas, com alteração do pH, elevada concentração de sais dissolvidos nas águas, presença de nitrogênio e fósforo, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e impactos na vida aquática e seres fotossintéticos presentes nos igarapés. Em contraponto a essas características, os igarapés com águas preservadas apresentam baixa condutividade elétrica, pH ácido, e baixos valores de nutrientes dissolvidos nas águas como nitrogênio, fósforo e baixas concentrações de metais dissolvidos, estando as concentrações encontradas relacionadas as características intrínsecas de formação das águas amazônicas (Pinto et al., 2009; Melo et al., 2005; Ferreira et al., 2012).

Pinto et al. (2009) descreveu que a crescente ocupação urbana provocou a retirada da mata ciliar (resta apenas alguns fragmentos em áreas que abrangem órgãos estaduais e federais), assoreamento do leito e, conseqüentemente, transbordamento dos mesmos, quando ocorrem eventos pluviométricos de grande escala. A microbacia do Tarumã localizada na zona Oeste de Manaus ainda mantém alguns aspectos naturais preservados, como áreas de vegetação nativa. Mas, as atividades econômicas se ampliam na medida em que a área urbana da cidade se expande.

Para reforçar este questionamento verificamos que Pinto et al. (2009) destacou que na região Amazônica, a contaminação dos igarapés está se tornando um dos problemas mais relevantes, pois, além da poluição visual, vem crescendo, em importância, a contaminação dos recursos hídricos por metais tóxicos cujos tratamentos são difíceis e caros. Este tipo de efeito vem sendo observado, também, nos igarapés urbanos de Manaus, os quais são tributários do Rio Negro, principal agente de drenagem da cidade. Na orla de Manaus, este rio recebe a contribuição das microbacias dos igarapés São Raimundo e Educandos (urbanas) e, também, da microbacia do igarapé Tarumã, que drena principalmente área rural. Na Figura 1 consta o mapa da cidade de Manaus e seu ordenamento geográfico e urbano, com destaque para a delimitação para a microbacia do igarapé do Mindu.

Figura 1: Ordenamento geográfico da cidade de Manaus e delimitação da microbacia do igarapé do Mindu na zona urbana de Manaus.



Fonte: Souza Filho et al., 2019.

Em estudos levantados sobre a influência antrópica sobre as águas urbanas de Manaus destacamos os realizados por Melo et al. (2005), e Elias e Silva (2011) avaliando estes córregos desde suas nascentes, passando por trechos urbanos até sua foz. Os igarapés avaliados possuem nascentes em área rural (microbacia do tarumã) e em zona urbana (Igarapé do Quarenta e Mindu).

Este trabalho tem como objetivo a discussão dos resultados levantados por Pinto et al. (2009) que classificou; as águas do igarapé do Mindu e igarapé do Quarenta sob forte influência antrópica, a microbacia do tarumã com avaliação das águas do igarapé Barro Branco e Acará sob moderada influência antrópica, e classificou o rio Negro com características naturais, sem modificação da qualidade das águas, estando pois estas classificações organizadas em tabelas com seus respectivos dados físico-químicos levantados pra cada um destes córregos.

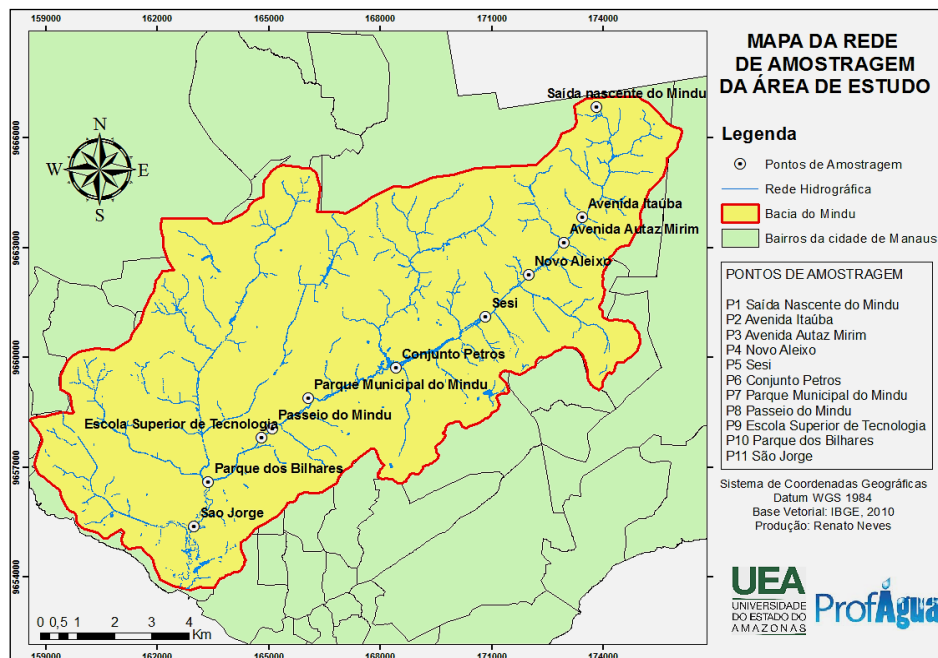
Para a avaliação da qualidade das águas realizou-se as coletas e análises de campo dos parâmetros físico-químicos de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e no laboratório para nitrogênio

amoniaco sob a metodologia descrita pela Agência Nacional de Águas (ANA) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) no “Guia nacional de coleta e preservação de amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos”

2 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da qualidade das águas do igarapé do Mindu foram realizadas em onze pontos de coleta, selecionados em todo o curso do córrego, partindo das nascentes, no alto curso, até sua foz, no baixo curso. Os onze pontos selecionados foram dispostos conforme a facilidade de acesso a coleta da água e transporte das garrafas de amostragem. A localização dos pontos de amostragem estão organizados no mapa da Figura 2.

Figura 2 – Identificação dos pontos de amostragem no curso do igarapé do Mindu.



Fonte: Souza Filho et al., 2019.

As amostras foram coletadas em 3 períodos, em julho e outubro de 2017 no período seco ou de poucas chuvas em Manaus-AM, e janeiro de 2018 no período chuvoso. Foram coletadas amostras em garrafas de polietileno de 0,5 L para análise de nitrogênio amoniaco com metodologia descrita em APHA 4500-NH₃ D/1997 - Ammonia-Selective Electrode Method, e realizada em laboratório no equipamento Metrohm 781 pH/Ion meter. As análises de pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram realizadas em campo com o auxílio do equipamento Multiparâmetro HANNA HI 98194 conforme Figura 3.

Figura 3 – À esquerda o equipamento multiparâmetro HANNA HI 98194, e à direita exemplo da utilização do equipamento com acesso da sonda na zona superficial das águas para obtenção de dados.



Fonte: Autor, 2019.

As coletas e análises foram realizadas conforme as metodologias descritas na Resolução ANA nº 724/2011, a qual define o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimentos, Comunidades aquáticas e Efluentes líquidos”. A Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a CETESB tem buscado realizar uma padronização nos procedimentos de coleta de águas entre os estados da federação, por isso organizou estes procedimentos em um livro com as devidas instruções. Seguindo esta resolução no artigo 14 no parágrafo 3º as análises de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água e turbidez devem ser avaliados no ponto de amostragem. Os dados levantados nas coletas foram dispostos em planilha Excel e em seguida realizou-se a média aritmética simples para cada análise. Na Tabela 1 foram reunidos os métodos utilizados e suas respectivas unidades.

Tabela 1 - Representação dos parâmetros físico-químicos e respectivas metodologias.

Parâmetro	Método	Observação	Unidade
pH	Eletrométrico	In loco	N/A
Condutividade elétrica	Condutimetria	In loco	uS.cm ⁻¹
Oxigênio dissolvido	Eletrométrico	In loco	mg.L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	Eletrodo seletivo	APHA	mg.L ⁻¹

Fonte: Souza Filho et al., 2019.

No ponto de amostragem – Saída nascentes do Mindu, verificou-se que em suas proximidades foi construído um bueiro que lança esgoto in natura diretamente nas águas do córrego. Foi

identificado ainda o lançamento de resíduos sólidos em seu leito, conforme Figura 4. Tais fatos foram verificados na coleta do mês de outubro de 2017.

Figura 4 – À esquerda ponto de saída da nascente do Mindu, à direita indicado pela seta azul o bueiro encontrado na saída das águas da nascente, a seta vermelha identifica a presença de resíduos sólidos lançados nas águas.



Fonte: Souza Filho et al., 2019.

Na coleta do mês de janeiro de 2018, foi verificado no ponto de amostragem do conjunto Petros, que um fragmento de floresta foi removido das margens do igarapé neste ponto. Tal condição propiciou condições de assoreamento sobre o leito do córrego conforme Figura 5 e agravou as condições de oxigênio dissolvido e condutividade elétricas neste trecho.

Figura 5 – Derrubada de árvores e assoreamento foram identificados na coleta do mês de janeiro de 2018 no ponto de amostragem do conjunto Petros.



Fonte: Souza Filho et al., 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS

Excetuando-se às águas da saída das nascentes cuja amostra apresentou-se na cor escura, sem odor característico e aspecto de condições naturais, com vegetação ciliar e curso preservado, os demais pontos as águas apresentaram-se cor marrom esverdeada, forte odor desagradável, diversos pontos com remoção da remoção da mata ciliar e trechos assoreados, como Avenida Autaz Mirim e Itaúba, conjunto Petros, Novo Aleixo, SESI e Parque dos bilhares.

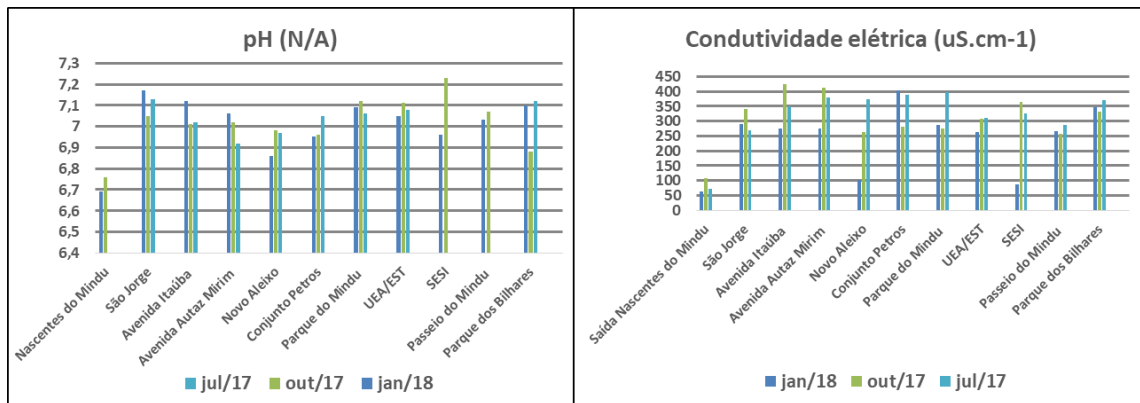
No ponto de amostragem do Parque Municipal do Mindu, no médio curso foi identificado grande quantidade de resíduos sólidos acumulados no córrego, o mesmo por estar localizado no centro do igarapé recebe todo o lixo proveniente dos bairros a montante e carrega para os demais pontos do córrego todo o lixo acumulado. No ponto de amostragem do Novo Aleixo as águas apresentaram características turvas e grande quantidade de areia em seu curso, provavelmente relacionados ao assoreamento do curso neste ponto. O ponto localizado no Parque dos Bilhares e conjunto Petros apresentaram odor forte e desagradável, provavelmente relacionados ao lançamento de esgoto in natura no córrego. Os pontos de amostragem UEA/EST e Passeio do Mindu possuem vegetação comprometida, pois são canalizados em seu curso por pedra e concreto nas margens. Às águas nestes pontos por estarem localizadas do médio para o baixo curso do córrego ganham velocidade e carregam os poluentes para a foz, chegando ao ponto de amostragem São Jorge, e posteriormente sendo diluídos em parte pelo rio Negro.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Verificou-se através dos resultados obtidos por Melo et al. (2005) que o pH nas nascentes apresentou características ácidas com média de 3,2 a 5,6. Na avaliação de Melo et al. (2005) de áreas impactadas por fontes antrópicas no conjunto Petros e Parque Municipal do Mindu, o pH apresentou oscilação para valores de até 7,2. Nas médias da condutividade elétrica de Melo et al. (2005) as faixas obtidas foram de até 267 uS.cm⁻¹.

O parâmetro condutividade elétrica para este estudo conforme gráfico na Figura 6 (à direita), os menores valores foram encontrados no ponto de amostragem saída nascentes do Mindu, todavia os resultados de 50 até 100 uS.cm⁻¹ já é um indicativo que os resíduos sólidos e esgoto lançados nas águas já denota caso não haja preservação, o início de comprometimento do trecho.

Figura 6 - À esquerda (gráfico do pH) e a direita gráfico da condutividade elétrica.



Fonte: Autor, 2019.

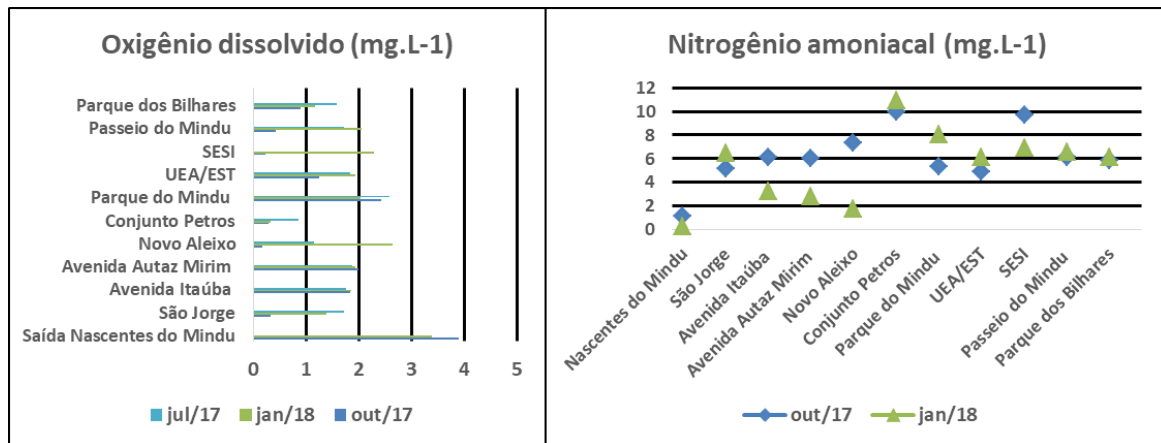
Para os demais pontos de amostragem que estão localizados em áreas de ocupação urbana, os valores obtidos foram de até 423 uS.cm^{-1} , o que é um forte indicativo de lançamento de efluentes domésticos e industriais no córrego, haja visto que a presença de resíduos sólidos é fortemente conotada pelas fontes de poluição dispostas sobre as águas, com presença destacável de resíduos sólidos sobre diversos pontos do córrego, identificação de lançamentos de esgotos domésticos, presença de sedimentos depositados no fundo do córrego por assoreamento.

O oxigênio dissolvido o obtido por Melo et al. (2005) apresentou pontos de forte ocupação antrópica como característica dos baixos teores de oxigênio dissolvido onde encontrou-se valores de $<2,38 \text{ uS.cm}^{-1}$. Confrontando estes resultados com os valores obtidos no igarapé do Mindu verificou-se que as águas de proximidades das nascentes, com águas de características escuras e apresentando-se em condições naturais, o pH apresentou-se em condições levemente ácido com valores de até 6,6. Nos demais pontos de coleta, os resultados mostraram médias de até 7,2.

As médias para oxigênio dissolvido foram encontradas para a água da saída das nascentes o valor de até $3,88 \text{ mg.L}^{-1}$. Os outros pontos de amostragens apresentaram teor de oxigênio dissolvido de $<2,80 \text{ mg.L}^{-1}$. O menor valor encontrado para o teor de oxigênio dissolvido foi no ponto de amostragem do conjunto Petros com valor de $0,16 \text{ mg.L}^{-1}$ em outubro de 2017 conforme gráfico da Figura 6 (à esquerda). Melo et al. (2005) destacou que os menores valores do oxigênio dissolvido na área de estudo (Igarapé do Quarenta e Mindu) estão relacionadas à decomposição da matéria orgânica proveniente de despejo industrial e esgotos domésticos.

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal os valores oscilaram de $1,14 \text{ mg.L}^{-1}$ nas águas da saída das nascentes até $10,9 \text{ mg.L}^{-1}$ obtidos no conjunto Petros conforme gráfico da Figura 7.

Figura 7 – À esquerda gráfico do teor de oxigênio dissolvido e a direita gráfico do parâmetro de nitrogênio amoniacal.



Fonte: Autor, 2019.

Os altos valores podem estar relacionados ao lançamento de resíduos domésticos e industriais lançados no leito do igarapé, haja visto que a presença de nitrogênio na forma amoniacal é oriundo da fonte de excretas nitrogenadas, e urina conforme destacou Emerson et al. (1975), além de estar relacionada ao lançamento de efluentes industriais.

A grande dificuldade para oxidação de nitrogênio e fosforo em córregos e lagos reside na capacidade de espécies de algas utilizarem estes compostos como nutrientes e promoverem o fenômeno da eutrofização do córrego, pois através deste alimento haveria um aumento exponencial das algas e microrganismos presentes. Consequentemente com menos oxigênio dissolvido, pois as algas reduziriam a passagem de luz na zona límnica, prejudicando dessa forma a vida aquática e fotossintética do meio.

3.3 COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ENTRE AUTORES COM ESTUDOS EM IGARAPÉS DA ZONA URBANA DE MANAUS-AM

Buscou-se comparar estes resultados obtidos no igarapé do Mindu em 2017 e janeiro de 2018 com os trabalhos obtidos sob influência antrópica de igarapés de bacias hidrográficas da zona rural (Tarumã) e zona urbana de Manaus-AM (Quarenta e Mindu), além de discorrer ao que foi discutido por Pinto et al. (2009) que classificou o rio Negro através de suas características naturais, a microbacia do Tarumã como característica de moderada influência antrópica, pois destacou que seus tributários, como o igarapé Acará, cujas nascentes se encontram em área de proteção, a reserva Adolpho Ducke, ainda estão preservadas, mas grande parte dos demais tributários, entre eles os igarapés Bolívia e Matrinxã, se encontram em processo de degradação causada por efluentes domésticos e pelo aterro controlado da cidade, segundo estudos de Barroncas (1999) e Santos et al. (2006).

Conforme Pinto et al. (2009) a zona urbana dos Igarapés Quarenta e Mindu foram classificados como possuindo forte influência antrópica em virtude da grande densidade populacional e de atividades industriais no seu entorno. São comparados neste os trabalhos desenvolvidos por; Melo et al. (2005) que avaliou a microbacia do Tarumã, Mindu e Quarenta; Elias e Silva (2001) com limites nos Igarapés do Quarenta e Mindu; Pinto et al. (2009) com trabalhos nos Igarapés do Quarenta e Mindu, Souza Filho (2017) que obteve resultados na microbacia do Tarumã, em confronto com os resultados obtidos neste trabalho realizado no igarapé do Mindu da saída das nascentes até suas foz com resultados de 2017 e janeiro de 2018. Dentre os resultados dispostos na Tabela 2 é possível destacar aspectos físico-químicos alterados nas águas e relacionados a influência antrópica conforme discussão de Pinto et al. (2009).

Tabela 2 - Comparação dos valores de pH, Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), Oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), Nitrogênio amoniacal ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) em ambientes; naturais (1), sob moderada influência antrópica (2) e sob forte influência antrópica (3), em Manaus-AM.

Local	pH (N/A)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nitrogênio amoniacal (ppm)	Oxigênio dissolvido (ppm)	Referência
Igarapé do Quarenta e Mindu (Nascentes)*	3,2 – 5,6	6,5 – 30,0	–	0,0 – 7,28	Melo et al., (2005).
Igarapé do Quarenta e Mindu (Trechos urbanos)***	5,8 – 7,2	134,8 – 267,0	–	<2,38	
Microbacia do Tarumã*	3,7 – 4,9	15,0 – 33,0	0,42 – 0,48	0,0 – 7,28	Melo et al., (2005).
Microbacia do Tarumã*	4,0 – 4,8	9,0 – 12,0	–	5,0 – 6,5	Souza Filho (2017)
Igarapé do Quarenta e Mindu (Jusante a Foz)***	5,7 – 6,5	82,0 – 182,0	0,1 – 8,0	–	Elias e Silva (2001)
Igarapé do Quarenta e Mindu (Jusante a Foz)***	4,8 – 6,9	214,0 – 593	1,12 – 9,25	0,0 – 7,3	Pinto et al. (2009)
Igarapé do Mindu (Saída das)	6,6 – 7,2	62,0 – 423	1,14 – 10,9	0,16 – 3,88	Presente Trabalho

nascentes até a
Foz)***

*características naturais (1); **moderada influência antrópica (2); ***forte influência antrópica (3).

Fonte: Autor, 2019.

Sob a ótica da classificação levantada por Pinto et al. (2009), vemos que os menores resultados de pH foram obtidos para áreas de nascentes, principalmente as localizadas em zona rural, em áreas de fragmentos florestais e de preservação por decretos municipais como as Áreas de Preservação Permanente (APP). Os resultados indicaram acidez das águas ($\text{pH} < 7,0$), reforçado por Melo et al (2005) com pH entre 3,2 a 5,6, por Pinto et al (2009) com pH oscilando entre 4,8 a 6,9, por Elias e Silva (2001) com pH entre 5,7 a 6,5, e também por este trabalho cujo pH obtido foi de até 6,7 para às águas da saída das nascentes, o que condiz com a característica dos rios amazônicos e tributários que possuem coloração de águas escuras, possuindo características ácidas conforme descreve Walker (1995). Os resultados para a microbacia do Tarumã obtidos por Melo et al. (2005) e por Souza Filho (2017), verificou-se que as águas apresentaram pH de características ácidas ($\text{pH} < 7,0$), baixa condutividade elétrica e altos teores de oxigênio dissolvido, o que indica que as águas apresentam suas características naturais.

Em análise dos pontos que se encontram na zona urbana de Manaus e sob forte influencia antrópica, haja visto problemas decorrentes de ausência de tratamento e coleta de esgoto em diversos trechos, ocupação das margens dos igarapés, crescimento populacional desordenado, lançamento de efluentes industriais sem fiscalização, além da falta de sensibilização ambiental da população que lança seus resíduos sólidos sobre as águas, vem a agravar o problema da poluição e contaminação destes trechos urbanos. Os resultados indicam que houve alteração do pH para a faixa básica ($\text{pH} > 7,0$), alta condutividade elétrica, com Pinto et al. (2009) e Melo et al. (2005) constatando respectivamente valores de até $593,0 \text{ uS.cm}^{-1}$ e $267,0 \text{ uS.cm}^{-1}$, além de verificar-se neste trabalho valores médios de 250 uS.cm^{-1} até 423 uS.cm^{-1} obtidos em diversos pontos de coleta e em meses distintos.

Avaliando os resultados para o parâmetro nitrogênio amoniacal verifica-se que os resultados obtidos neste trabalho entre $1,14 \text{ mg.L}^{-1}$ até $10,9 \text{ mg.L}^{-1}$ assemelham-se aos obtidos por Pinto et al. (2009) que oscilaram entre $1,12 \text{ mg.L}^{-1}$ até $9,25 \text{ mg.L}^{-1}$, além de estarem próximos aos de Elias e Silva (2001) cuja variação esteve $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ até $8,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os pontos de forte influência antrópica, verifica-se que os resultados obtidos neste estudo nos pontos da saída das nascentes até a foz do Igarapé do Mindu, vem a corroborar com os

resultados obtidos pelos diversos autores elencados, tendo em vista que a oscilação apresentada nos parâmetros avaliados apresenta grande incidência de transporte de carga de poluentes e contaminantes orgânicos haja visto os altos valores obtidos de pH de 6,7 a 7,2; condutividade elétrica de 62-423 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; nitrogênio amoniacal de 1,14-10,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e baixos valores de oxigênio dissolvido oscilando de próximos de zero a 3,88 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Os resultados obtidos da saída das nascentes até a foz do igarapé do Mindu neste estudo indicam forte influência antrópica sobre as águas destes pontos, além de levantar a percepção de que nos trabalhos desenvolvidos de 2001 até 2017 não houve grandes alterações na qualidade da água dos trechos urbanos (Mindu) e que em alguns pontos verifica-se que há parâmetros indicando manutenção da poluição e contaminação das águas como; a concentração de oxigênio dissolvido que se apresentou em vários pontos próximo de zero, a incidência de nitrogênio amoniacal, pH na faixa básica ($\text{pH}>7$), alta condutividade elétrica, identificação de trechos assoreados, lançamento de esgoto in natura nas águas, lançamento de resíduos sólidos em área de nascentes, e remoção da mata ciliar; tais parâmetros são indicativos da presença de esgotos domésticos, lançamentos de efluentes industriais e potencial agentes de proliferação de algas, vírus, bactérias e demais agentes microbiológicos sensíveis aos compostos químicos à base de nitrogênio e fósforo.

A cidade de Manaus paradoxalmente alia a abundância das águas em um lado, com poluição e contaminação de suas águas urbanas de outro. A presença de nitrogênio e outros nutrientes nas águas como, por exemplo, fósforo, associados com a remoção da vegetação das margens destes cursos pode brevemente mudar a característica dos trechos mais lênticos de seus igarapés, pois é o ambiente propício para proliferação de algas, mosquitos, microrganismos, e também para provocar a morte completa da vida aquática e fotossintética de alguns trechos por anóxia nas águas, podemos citar como exemplo o ponto de amostragem no conjunto Petros que apresentou nesta avaliação teores de oxigênio dissolvido de $<1,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Nos estudos elencados de 2001, 2005, 2009 e 2017, com destaque para o principal rio urbano (igarapé do Mindu), que corta toda a cidade e também é o maior, não houve preservação das características naturais das águas, pois, os resultados refutam qualquer política de preservação ambiental das águas, ou de melhoria da qualidade, pois, além de indicarem manutenção de suas características, ou seja, visivelmente poluídas por fonte antropogênica, isso já há exatos 17 anos, apenas destacado por estes estudos.

É notório que deve haver trabalhos de sensibilização ambiental pelo poder público na área do ponto localizado na saída das nascentes do Mindu, em virtude de as águas possuírem ainda características naturais, e ainda mais agravante deste ponto de amostragem estar a poucos metros do Parque Nascentes do Mindu, administrado pela Prefeitura de Manaus.

Somado a estas ações deve estar entre os objetivos o aumento da capacidade de coleta e tratamento de esgoto da cidade, fiscalização dos lançamentos industriais, realização do replantio da mata ciliar nas margens dos trechos impactados e manutenção das que possuem, desassorear os trechos com leito comprometido, além de alçar trabalhos de educação ambiental para conscientizar a população da cidade de Manaus sobre a importância da preservação dos recursos hídricos da cidade, não apenas os que ficam localizados em área protegida, mas todo e qualquer trecho.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington, 2005.

BARRONCAS, P.P. Estudo da Concentração de Metais nos Igarapés Acará, Matrinxã. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 57pp, 1999.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

ELIAS, A.S. S; SILVA, M.S.R. Hidroquímica das Águas e Quantificação de Metais nos Sedimentos de Fundo das Bacias Hidrográficas de Área Urbana de Manaus que Deságuam no Rio Negro. Anais da Jornada de Iniciação Científica do INPA, 10. CNPq/INPA. p.402-405, 2001.

EMERSON, K., R.C. RUSSO, R.E. LUND, AND R.V, THURSTON. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. v.32, p.2379-2383, 1975.

FERREIRA, S.J.F.; MIRANDA, S.A.F.; SILVA, C.C; MARQUES FILHO, A.O. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. Acta Amazônica, v.42, n.4, p.533-540, 2012.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. Caminhos de geografia, v.5, p.40-47, 2005.

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

SANTOS, I.N.; HORBE, A.M.C.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A. F. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do rio Tarumã e afluentes-AM. *Acta Amazônica*, v.36, n.2, p.229-236, 2006.

SOUZA FILHO, E. A. Avaliação da Qualidade da água do Igarapé Barro Branco (Reserva Adolpho Ducke) e estudo da dissolução de sais com medição de condutividade elétrica. 57º Congresso Brasileiro de Química. Gramado-RS. 2017.

SOUZA FILHO, E.A; BATISTA, I.H; ALBUQUERQUE, C.C. Levantamiento de aspectos físico-químicos de las aguas de microbacia del mindu en Manaus-Amazonas. *Revista Geográfica De América Central*, 2(63), pp. 341 – 367, 2019.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto. Belo Horizonte. Ed. DESA/UFMG, p. 452, 2005.

WALKER, I. Amazonian streams and small rivers. In:Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi, T.(Eds). *Limnology in Brazil*. Sociedade Brasileira de Limnologia/Academia Brasileira de Ciência. p.167-193, 1995.