

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO IGARAPÉ DO MINDU
NOS BAIRROS JORGE TEIXEIRA, CONJUNTO PETROS E PARQUE DEZ EM
MANAUS-AMAZONAS**

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MINDU'S IGARAPÉ
WATERS IN THE NEIGHBORHOODS JORGE TEIXEIRA, PETROS AND PARQUE DEZ
IN MANAUS-AMAZONAS

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS DEL IGARAPÉ DEL MINDU
EN LOS BAIRROS JORGE TEIXEIRA, CONJUNTO PETROS Y PARQUE DIEZ EN
MANAUS-AMAZONAS

Elton Alves de Souza Filho¹

Renato Kennedy Ribeiro Neves²

Ieda Hortêncio Batista³

Carlossandro Carvalho de Albuquerque⁴

Resumo: Este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização dos parâmetros físico-químicos da bacia hidrográfica do Mindu, no seu curso principal, o Igarapé do Mindu. A coleta dos dados foi realizada em três pontos da microbacia do igarapé do Mindu, com localização próximo a saída da nascente que fica no bairro Jorge Teixeira, no médio curso no conjunto petros, e em direção a foz no ponto do Parque Municipal do Mindu no bairro Parque dez em Manaus-AM. A coleta dos dados foi realizada no período de vazante do rio, nos meses de julho e outubro de 2017. Foram estudados os parâmetros físicos e químicos: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, e turbidez, determinados no local de estudo, por meio de uma sonda multiparamétrica. O parâmetro nitrogênio amoniacal (amônia) foi determinado em laboratório. Os parâmetros analisados mostraram que o ponto situado na saída da nascentes apresenta pH ligeiramente ácido, alta condutividade elétrica e teores de oxigênio dissolvido dentro das características naturais para águas de cor escuras. Todavia este ponto apresentou impactos decorrentes de lançamento de esgotos e lixo em seu curso. Os demais pontos de coleta

¹ Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfªÁgua) pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus/AM. E-mail: casf891@gmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3772715737443181>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-8114-1048>

² Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfªÁgua) pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus/AM. E-mail: rkennedy.neves@gmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3889675887979420>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-0433-0384>

³ Doutora em Biotecnologia. Profª Adjunta da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus/AM. E-mail: ibatista@uea.edu.br. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/5290529604475961>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-8465-3129>

⁴ Doutor em Geografia Física. Prof. Adjunto da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus/AM. E-mail: cscarvalho@uea.edu.br. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/9320960092227775>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-8399-6170>

apresentaram-se sob forte influência antrópica com aumento de pH, baixos teores de oxigênio dissolvido e amônia valores em desacordo a legislação e concentração elevada de condutividade elétrica.

Palavras-chave: Igarapé, mindu, parâmetros, águas naturais

Abstract: This work aimed to characterize the physical-chemical parameters of the Mindu watershed, in its main course, the Igarapé do Mindu. Data collection was carried out at three points in the Mindu igarapé microbasin, located near the source of the spring located in the Jorge Teixeira neighborhood, in the middle course in the Petros complex, and towards the mouth at the point of Mindu Municipal Park in the Parque dez neighborhood in Manaus-AM. Data collection was carried out in the period of ebb of the river, in the months of July and October 2017. The physical and chemical parameters were studied: pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, and turbidity, determined at the study site, through a multiparametric probe. The parameter ammoniacal nitrogen (ammonia) was determined in the laboratory. The analyzed parameters showed that the point located at the source of the springs has a slightly acid pH, high electrical conductivity and dissolved oxygen levels within the natural characteristics for dark colored waters. However, this point had impacts due to the release of sewage and garbage in its course. The other collection points were under strong anthropic influence with increased pH, low levels of dissolved oxygen and ammonia with values in disagreement with the legislation and high concentration of electrical conductivity.

Keywords: Igarapé, mindu, parameters, natural waters

Resumen: Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar los parámetros físico-químicos de la cuenca del río Mindu, en su curso principal, el Igarapé do Mindu. La recolección de datos se llevó a cabo en tres puntos en la microcuenca igarapé Mindu, ubicada cerca de la fuente del manantial ubicada en el barrio Jorge Teixeira, en el curso medio en el complejo de Petros, y hacia la boca en el punto del Parque Municipal Mindu en el Barrio Parque dez en Manaus-AM. La recolección de datos se llevó a cabo en el período de reflujos del río, en los meses de julio y octubre de 2017. Se estudiaron los parámetros físicos y químicos: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez, determinados en el sitio de estudio, mediante una sonda multiparamétrica. El parámetro nitrógeno amoniacal (amoniaco) se determinó en el laboratorio. Los parámetros analizados mostraron que el punto ubicado en la fuente de los manantiales tiene un pH ligeramente ácido, alta conductividad eléctrica y niveles de oxígeno disuelto dentro de las características naturales de las aguas de color oscuro. Sin embargo, este punto tuvo impactos debido a la liberación de aguas residuales y basura en su curso. Los otros puntos de recolección estaban bajo una fuerte influencia antrópica con un aumento en el pH, bajos niveles de oxígeno disuelto y amoníaco con valores en desacuerdo con la legislación y alta concentración de conductividad eléctrica.

Palabras clave: Igarapé, mindu, parámetros, aguas naturales.

Introdução

A qualidade das águas tem se transformado em um dos pilares de ações e tomada de decisão de órgãos gestores de recursos hídricos, seja pela importância de distinguir usos e estabelecer classes de qualidade para usuários de recursos hídricos, seja pela necessidade de avaliação e prognóstico de subsídios de informações. Tais fatos são elencados como

ferramentas essenciais no desenvolvimento e discussão de ações por comitês de bacia, companhias de abastecimento, sociedade civil, secretarias e órgãos públicos de meio ambiente.

Dentro deste escopo, a Agência Nacional de Águas (2017) descreve que a oferta da água é determinada pela dinâmica hídrica e socioeconômica das bacias, além das condições de qualidade da água. O conhecimento dessa oferta depende do monitoramento, tanto da quantidade quanto da qualidade da água da bacia.

A qualidade da água está intrinsecamente ligada e determinada pelo uso e ocupação do solo, ou seja, ainda que sejam realizados o monitoramento e avaliação das condições física, química e biológicas das águas, seu uso e preservação está atrelado a dinâmica de sua transformação pelos usuários de recursos hídricos, tomada de decisão de gestores, e sua aplicabilidade na bacia hidrográfica com finalidade racional e integrada pelos atores. Oliveira e Rodrigues (2012, p.306) salientam que as bacias hidrográficas, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais sofrem grandes alterações, especialmente, pela impermeabilização excessiva do solo, que gera mudanças na vazão dos cursos de água, redução das áreas de infiltração das águas pluviais, escoamento superficial mais rápida, aumento na frequência de enchentes, que acabam por sua vez, prejudicando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e, conseqüentemente, as condições de vida da população.

No Brasil, grande parte dos municípios que se constituem em centros de Regiões Metropolitanas, como é o caso de Manaus, capital do estado do Amazonas, maior metrópole da região norte do país, teve seu processo de formação territorial municipal sem ordenamento adequado do solo urbano. Isso materializou a cidade sob a lógica do espaço ser mercadoria, e o risco de um elemento intrínseco desse processo de relação entre sociedade e natureza. Intrínseco no sentido de não ter planejamento nas áreas construídas, e de “deixar” construções serem feitas sem infraestrutura adequada, isto é, predominando a ausência do poder público (MACENA, 2016, p.22). A cidade cresceu rapidamente, tanto em contingente populacional, quanto da quantidade de resíduos gerados, o reflexo disso, foi uma grande pressão antrópica sobre os recursos hídricos da cidade. Houve acréscimo do esgotamento sanitário, lançamento de efluentes industriais, carência de abastecimento público em diversos pontos da cidade, e modificação das características naturais de diversos corpos hídricos da cidade, sobretudo na zona urbana da cidade, onde cresceu a quantidade de resíduos sólidos e a intensa ocupação das margens destes rios, que conseqüentemente sofreram modificações drásticas, com erosão em diversos trechos, assoreamento do leito, remoção da mata ciliar, e ocorrências de alagamentos

e inundações recorrentes por sua deficiência em infraestrutura e no planejamento público da cidade.

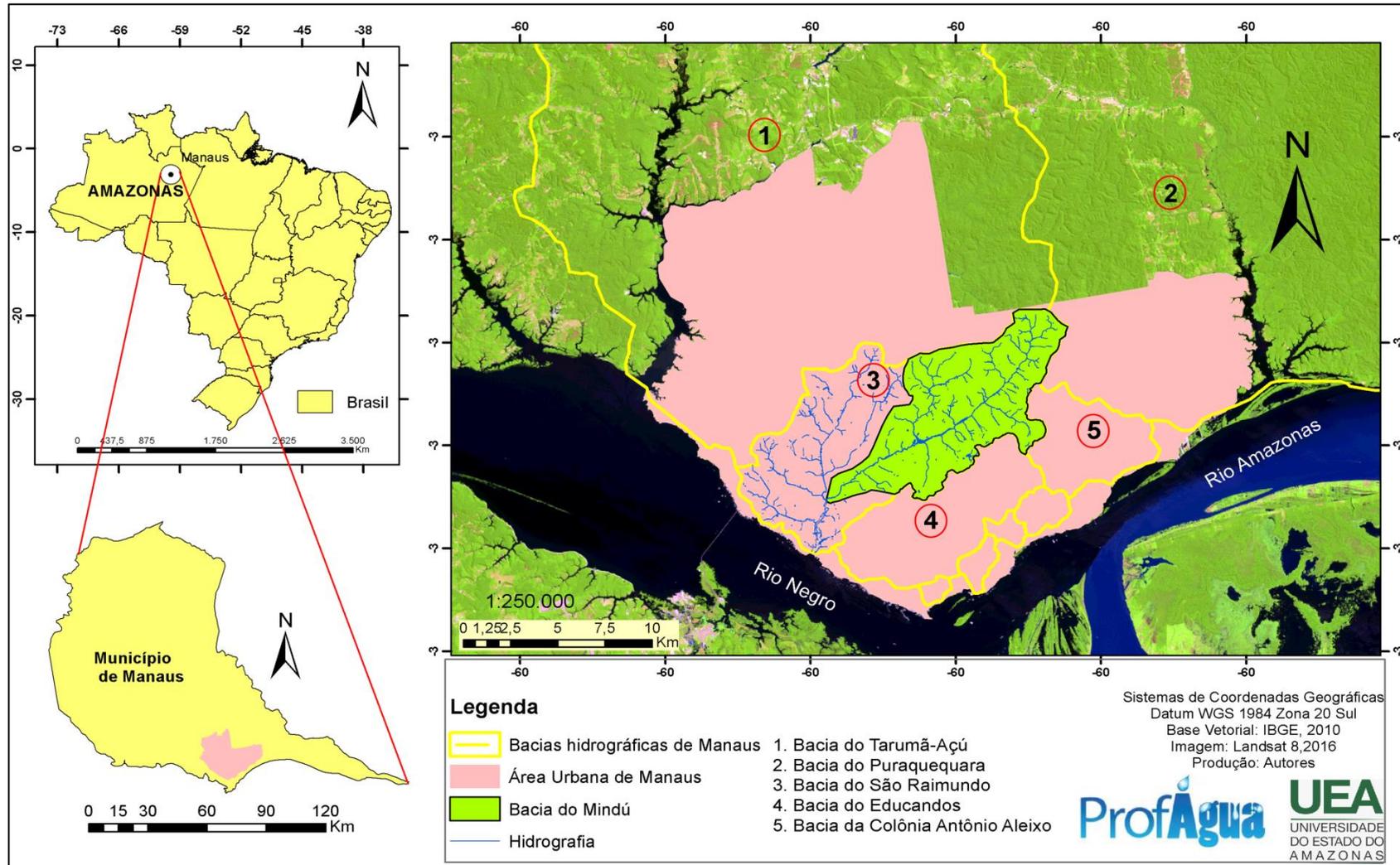
Conforme o Atlas Esgotos (2017, p.22) a grande maioria das cidades brasileiras (4.801 cidades, totalizando 129,5 milhões de habitantes) apresenta níveis de remoção da carga orgânica inferiores a 60% da carga gerada. A situação do saneamento básico do Brasil é caracterizada por:

Predominância de cidades com baixos níveis de remoção de carga orgânica em todas as regiões geográficas, em especial no Norte e no Nordeste. O lançamento de esgotos domésticos nos corpos d'água sem adequado tratamento ou em desconformidade com os atuais padrões legais estabelecidos para lançamento de efluentes resulta em comprometimento da qualidade da água do corpo receptor e pode inviabilizar o atendimento aos usos atuais e futuros dos recursos hídricos a jusante do lançamento. Isso ocorre especialmente em áreas urbanizadas (ATLAS ESGOTOS, 2017, p.22).

O ranking de saneamento, que faz o levantamento das cem maiores cidades do Brasil, divulgado pelo Instituto Trata Brasil no referido ano de 2018, destacou que a cidade de Manaus-AM encontra-se entre os 10 piores municípios com mais deficiência na coleta de esgoto com apenas 10,18% de atendimento, ou seja, a cidade não atende toda a população e como consequência colabora com sua ineficiência no saneamento básico para que sejam lançados diretamente 89,82% de esgoto in natura nas águas, com predominância nos córregos urbanos da cidade, e o que culmina por apresentar alta contaminação e poluição destes rios da cidade (TRATA BRASIL, 2018).

Manaus possui uma vasta densidade hidrográfica, onde diversos rios urbanos recortam a cidade, que é constituída por grandes bacias hidrográficas (Figura 1), sendo as principais bacias urbanas, a bacia hidrográfica do São Raimundo, Puraquequara, Educandos e Tarumã-Açu. A bacia hidrográfica do Mindu (Figura 1) apresenta seu entorno na área urbanizada da cidade, com grande ameaça de poluição e contaminação de seus cursos d'água, haja visto o grande volume de dejetos orgânicos lançados sem tratamento e efluentes industriais lançados ao longo dos mananciais que compõem a bacia.

Figura 1 – Bacias hidrográficas e limites da bacia do Mindu em Manaus-AM.



Fonte: Souza Filho, E.A e Neves, R.K.R (2020).

Entre os principais tributários da bacia do Mindu, apresenta-se o igarapé do Mindu que em seus aproximadamente 22 km de extensão, perpassa pelos principais bairros da cidade. No seu curso, a bacia do igarapé do Mindu corta a cidade no sentido nordeste-sudoeste e possui três cursos principais; curso superior, médio curso e baixo curso. Nos seus limites possui diversas áreas de proteção ambiental conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas protegidas de Manaus-AM na bacia do Mindu.

Espaço protegido	Área total (Hectares)	Perímetro	Instrumento de criação
PARQUE MUNICIPAL DO MINDÚ	40,8	AREA URBANA	DECRETO MUNICIPAL 9.043 DE 22/05/2007
PARQUE MUNICIPAL DAS NASCENTES DO MINDU	16,2	AREA URBANA	DECRETO MUNICIPAL 8.351 DE 17/03/2006
CORREDOR ECOLÓGICO URBANO DO IGARAPÉ DO MINDU	195,27	AREA URBANA	DECRETO MUNICIPAL 9.329 DE 26/10/2007

Fonte: Prefeitura Municipal de Manaus - SEMMAS.

No escopo da realização deste trabalho foram selecionados três pontos para avaliação dos parâmetros físico-químicos das águas do Igarapé do Mindu, estes pontos foram destacados nas proximidades de cada área protegida descrita na Tabela 1. Os pontos selecionados foram no Parque Municipal do Mindu (P3), no conjunto residencial Petros (P2) cujo limite encontra-se no Corredor Ecológico Urbano do Igarapé do Mindu, e um ponto localizado na saída do Parque Municipal Nascentes do Mindu (P1). Este ponto (P1) foi escolhido conforme avaliação visual de impacto de influência antrópica, pois a água que sai das nascentes do Mindu após o parque já sofre impacto antrópico e contato com um bueiro de esgoto logo em seguida.

O presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterizações dos aspectos físicos e químicos de pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez das águas do igarapé do Mindu em Manaus-AM. O levantamento destes dados vem com a expectativa de acompanhar os níveis de poluição e contaminação das águas deste córrego nestes pontos avaliados.

Material e Métodos

Foram definidos um total de 3 (três) pontos de amostragem (Tabela 2), sendo um cada bairro destacado, no bairro Parque dez, na localização do Parque Municipal do Mindu, no bairro Jorge Teixeira, na saída das águas do Parque Municipal Nascentes do Mindu, e no Conjunto Petros, que possui grande influência antrópica nos arredores. Abaixo a identificação das coordenadas geográficas dos pontos avaliados e a denominação sob P1, P2 e P3 na Tabela 2.

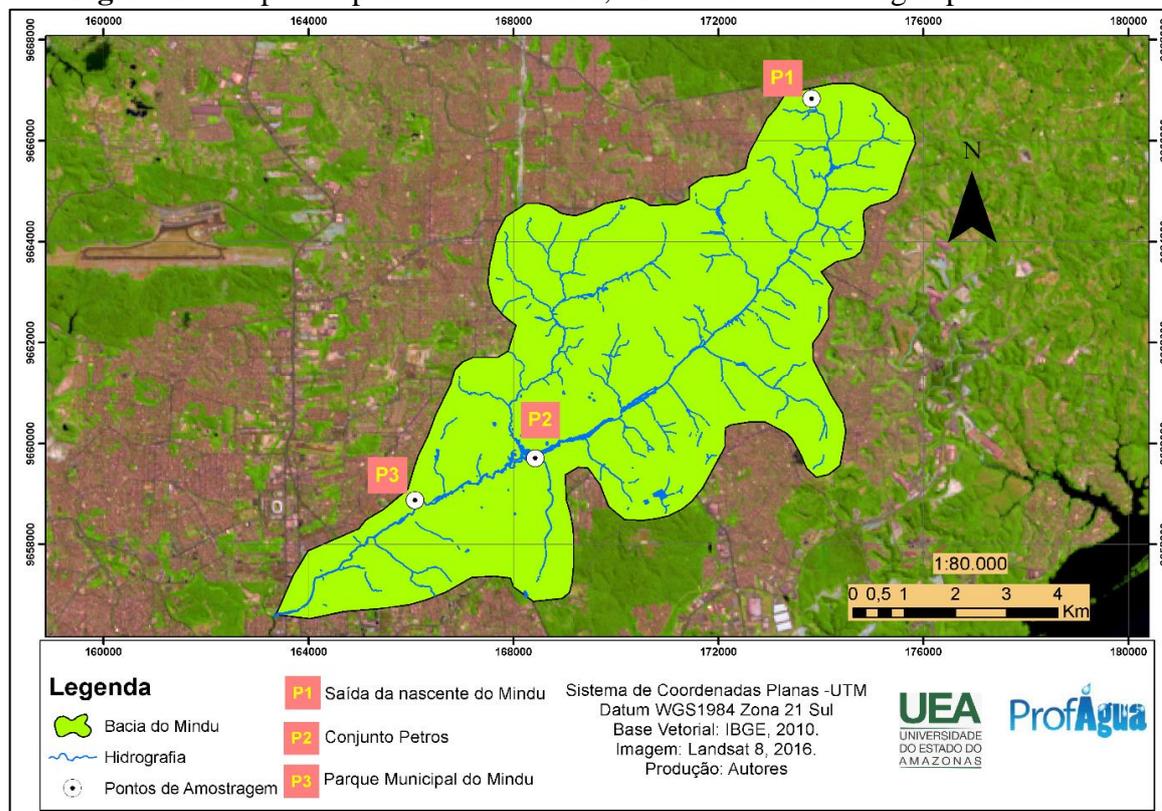
Tabela 2 – Coordenadas dos pontos de amostragem.

Ponto de Coleta	Coordenadas geográficas
Saída Nascentes do Mindu (P1)	3°00'36.8"S e 59°56'02.6"W
Conjunto Petros (P2)	3°04'28.1"S e 59°58'57.8"W
Parque Municipal do Mindu (P3)	3°04'55.0"S e 60°00'13.7"W

Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

Na Figura 2 estão determinados no mapa da bacia do Igarapé do Mindu os pontos de coleta em vermelho. As coletas foram realizadas no período de vazante do rio nos meses de julho em outubro de 2017 realizados nos três pontos de coleta P1, P2 e P3.

Figura 2 – Mapa dos pontos de coleta P1, P2 e P3 na bacia do Igarapé do Mindu.



Fonte: Souza Filho, E.A e Neves, R.K.R (2020).

As coletas e análises foram realizadas conforme a 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” sendo este o documento de referência técnica para disciplinar os procedimentos de coleta e preservação de amostras de águas superficiais em todo o território nacional. No ponto de saída da água nascentes do Mindu (P1) foi identificado um bueiro de esgoto (demarcado no retângulo em vermelho) e verificado a presença de lançamento de resíduos sólidos nas águas conforme Figura 3, onde se identificou o curso da água e do esgoto lançado. O ponto P1 foi amostrado antes desta confluência entre esgoto e água limpa da nascente, fora do parque nascentes do Mindu.

Figura 3 – Curso de água e de lançamento de efluentes. Seta vermelha (esgoto lançado). Seta azul (água proveniente da nascente).



Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

As análises de pH, condutividade elétrica, temperatura da água e do ar, oxigênio dissolvido, e turbidez, de acordo com o artigo 14 no parágrafo 3º da Resolução ANA nº 724/2011 devem ser avaliados no ponto de amostragem. Tais análises foram realizadas com o auxílio de um equipamento portátil (sonda multiparamétrica) conforme Figura 4 que mede estes parâmetros. Estas análises foram realizadas no campo com a inclusão da sonda na zona superficial das águas, em seguida os dados foram anotados e posteriormente tabulados em planilha do Software Excel para construção dos gráficos a partir da média aritmética calculada de cada ponto avaliado. A análise de amônia foi realizada conforme descrita em APHA (*Standard methods for the examination of water and wastewater*). Para o parâmetro sólidos totais dissolvidos (STD) foi utilizado os valores mensurados sob cálculo no equipamento Multiparâmetro da Fabricante HANNA modelo HI 98194 (Figura 4).

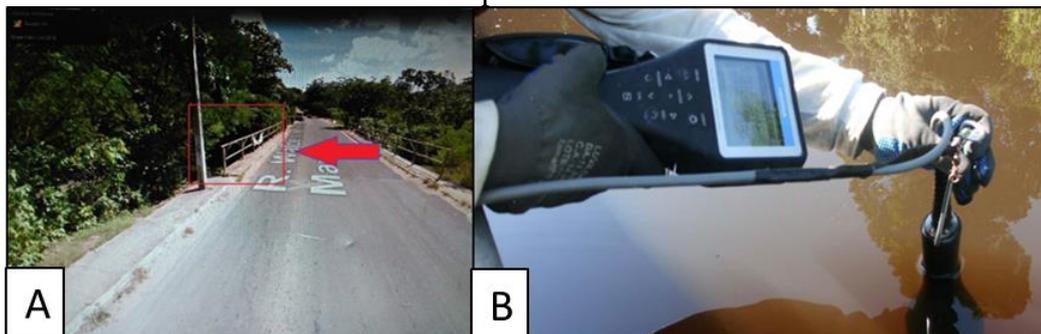
Figura 4 - Sonda multiparamétrica utilizada para medição de variáveis físico-químicas.



Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

No bairro conjunto Petros a coleta foi realizada com o apoio de uma ponte para içamento do balde e posteriormente realizou-se a medição dos parâmetros com a sonda. Nos demais pontos a medição foi realizada in situ conforme Figura 5.

Figura 5 – Realização de análise de parâmetros físico-químicos da água, (A) ponte utilizada na amostragem no bairro conjunto Petros, em (B) análise in situ realizada com a sonda multiparamétrica.

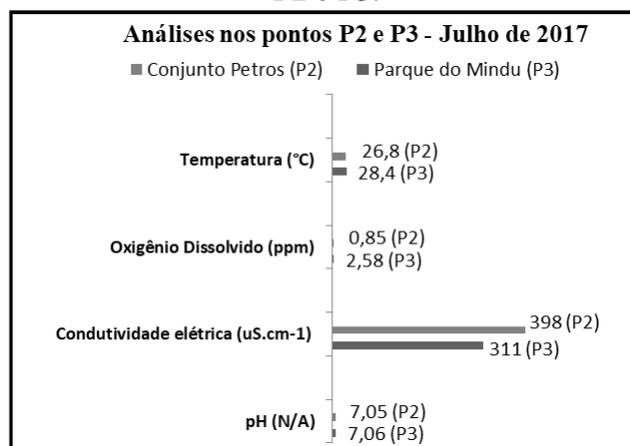


Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nas coletas realizadas no mês de julho de 2017 no Parque Municipal do Mindu são apresentados na Figura 3. Os valores observados destacam a poluição do corpo hídrico, haja visto que a baixa concentração de oxigênio dissolvido, é indicativa de que as águas estão poluídas por esgotos, pois o oxigênio é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica.

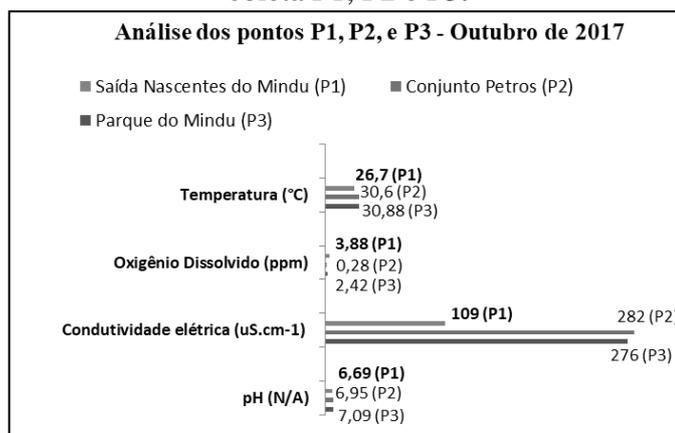
Figura 6 – Parâmetros físico-químicos caracterizados em julho de 2017 nos pontos de coleta P2 e P3.



Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

Embora sejam valores enquadrados na legislação CONAMA 357/2005 para corpos receptores de classe II para o pH (entre 6,0 – 9,0) e CONAMA 430/2011, com pH enquadrado entre (5,0 – 9,0), os resultados obtidos por diversos autores (Sioli 1950; Walker 1995; Ferreira et. al 2012) demonstram valores médios de $\text{pH} < 5$, característicos das águas naturais de cor escura conforme discussão apresentada por Silva (2012, p.53) que obteve para nascente do Mindu o valor de pH de 4,53 no período de cheia e 4,70 na vazante, indicando que se trata de um ambiente de água ácida, assemelhando-se aos valores dos rios de água preta, fato esperado já que se trata de um igarapé de águas pretas. Os resultados obtidos em P1 (Figura 7) indicam que a poluição está se aproximando da área das nascentes, os valores médios de $\text{pH}=6,69$; condutividade elétrica= 109 uS.cm^{-1} , oxigênio dissolvido de 3,88 ppm, temperatura= $26,7^{\circ}\text{C}$, turbidez= $10,7 \text{ NTU}$, amônia= $1,14 \text{ mg.L}^{-1}$ e sólidos dissolvidos totais (STD) = 55 mg.L^{-1} começam a caracterizar impactos antrópicos, com alteração do pH e condutividade elétrica moderada neste trecho. Sob a ótica da Legislação CONAMA 357/2005 o valor de oxigênio dissolvido encontra-se inferior ao preconizado na legislação que apresenta limites superiores a 5,0 ppm para águas de classe II.

Figura 7 – Parâmetros físico-químicos caracterizados em outubro de 2017 nos pontos de coleta P1, P2 e P3.



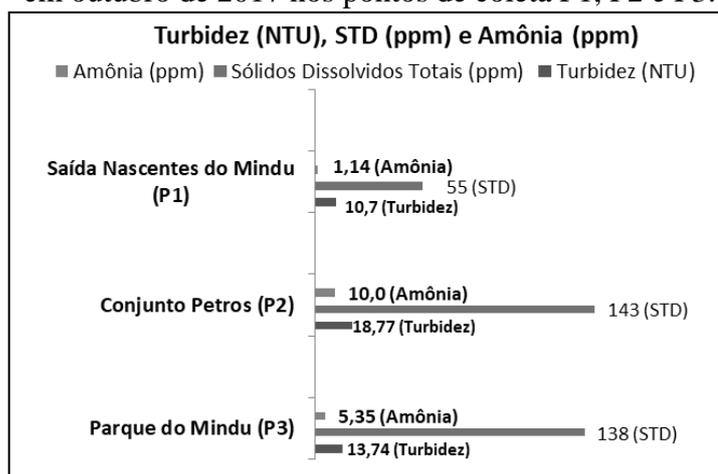
Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

No ponto de coleta (P2) do conjunto Petros o pH obtido em julho foi de 7,05 e de 6,95 no mês de outubro, enquadrados na legislação CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011, porém fora da realidade das características naturais das águas. Para os valores de oxigênio dissolvido a concentração apresentou 0,85 ppm em julho e 0,28 ppm no mês de outubro, valores estes em desacordo a legislação CONAMA 357/2005. Foram encontrados altos valores de condutividade elétrica no mês de julho 398 uS.cm⁻¹ e 282 uS.cm⁻¹ no mês de outubro. A temperatura apresentou-se de em 26,8 °C em julho e 30,6 °C no mês de outubro. Os resultados obtidos para amônia neste ponto foi de 10,0 ppm (superiores ao limite da legislação CONAMA 357/2005), e para a turbidez de 18,77 NTU (enquadrados a Legislação CONAMA 357/2005) e 143 ppm de STD. A legislação CONAMA 357/2005 estabelece limites para nitrogênio amoniacal de até 3,7 ppm com ambientes com pH até 7,5 e turbidez de até 100 NTU. Os maiores valores de turbidez e STD são encontrados nos pontos P2 e P3, onde se concentra a maior quantidade de sedimentos nas águas e trechos assoreados do igarapé, supostamente associados com o lançamento de resíduos domésticos e resíduos sólidos que se acumulam nestas áreas por terem menor declividade (curso médio do rio).

A alteração do pH para a faixa básica, a baixa concentração de oxigênio dissolvido e as elevadas temperaturas e condutividade elétrica são indicativos de contaminações por diluição de esgotos domésticos aumentando do curso alto (P1) até o curso médio (P2 e P3), o que indica que a poluição das águas é favorecida pela declividade do curso e receptora da contaminação advinda do curso alto, concentrando nos cursos mais baixos os resíduos sólidos e dissolvendo os poluentes oriundos de efluentes domésticos e industriais sob suas águas.

A presença de amônia (Figura 9) em concentração elevada está associada a contaminações recentes por fonte antrópica, tendo em vista que o íon NH_4^+ é oriundo de fontes que possuem nitrogênio orgânico, formas oxidadas na forma NO_3^- e NO_2^- e forma molecular NH_3 dissolvido nas águas (SOUZA FILHO et al. (2019, p.23).

Figura 8 – Parâmetros de turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e amônia, caracterizados em outubro de 2017 nos pontos de coleta P1, P2 e P3.



Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

Silva et. al (2014) destacou que na Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde, o valor máximo permissível (VMP) para o consumo humano é de 1,5 mg.L^{-1} ; os valores de concentração de amônia acima do VMP certamente estão ligados à contaminação recente por esgotos domésticos, fossas sépticas, excrementos e fezes de animais, ou mesmo aos fertilizantes nitrogenados.

Melo et. al (2005, p.41) avaliou as condições físico-químicas na bacia hidrográfica do Mindu no Igarapé do Mindu em área de nascente no bairro São José 1, no Clube do Trabalhador, no conjunto Petros e no Parque Municipal do Mindu, em coletas realizadas nos meses de julho, agosto e outubro, obteve resultados para o pH das nascente obteve variação de 4,3 a 5,8. Nos demais pontos, obteve pH variando de 6,2 a 7,2. Para os resultados de condutividade elétrica, apenas na nascente apresentou-se baixa condutividade com variação de 10,33 a 33,40 uS.cm^{-1} , nos demais pontos os resultados obtidos foram acima de 166,0 uS.cm^{-1} . Os maiores teores de oxigênio dissolvido foram obtidos nas nascentes com concentrações superiores entre 3,2 a 5,9 ppm, sendo que nos demais pontos o oxigênio dissolvido apresentou concentrações entre 0,3 a 2,38 ppm.

Lopes et. al (2008, p.6) realizou análises de oxigênio dissolvido e amônia, na bacia do Igarapé do Mindu em Manaus-AM selecionou três pontos: uma nascente do igarapé localizado

no campus do clube do trabalhador SESI, do qual obteve o valor médio de 3,55 ppm para oxigênio dissolvido e 0,16 ppm para amônia; No ponto com forte contaminação orgânica localizado no conjunto residencial Petros obteve 0,72 ppm para oxigênio dissolvido e 2,71 ppm para amônia; Em um ponto com contaminação orgânica localizado no Parque Municipal do Mindu obteve 1,62 ppm de oxigênio dissolvido e 2,46 ppm para amônia neste ponto.

Correa (2011, p.3) realizou análises nos mesmos pontos que Lopes et. al (2008) em uma das nascentes do igarapé do Mindu no SESI; No Conjunto residencial Petros, e também no Parque Municipal do Mindu. Para a temperatura observou para as águas do igarapé do Mindu a média de 25,6 °C. As nascentes apresentaram águas ácidas (<5,0), refletindo assim, características de ambientes naturais e os demais pontos amostrais apresentaram pH alcalino (>6,5). A média dos valores obtidos por Correa (2011) foram de pH=4,70; oxigênio dissolvido de 3,32 ppm, 19,11 uS.cm⁻¹ para condutividade elétrica, e temperatura média de 24°C para o ponto localizado na nascente do SESI. No ponto localizado no Conjunto Petros obteve pH=7,10; condutividade elétrica de 275,8 uS.cm⁻¹, oxigênio dissolvido de 1,75 ppm e temperatura média de 27°C. Na avaliação do Parque municipal do Mindu obteve pH= 7,12; condutividade elétrica de 299,5 uS.cm⁻¹, oxigênio dissolvido de 2,45 ppm e temperatura média de 26°C. Estes resultados foram obtidos em coletas realizadas em outubro de 2010.

Nascimento (2011, p.22) em coleta realizada no ano de 2010, destacou que na avaliação dos pontos de máxima contaminação do Igarapé do Mindu (03°09'S, 60°01'W), a água apresentava uma tonalidade esverdeada e odor característico de matéria orgânica em decomposição. Em seu experimento aferiu, pH=6,94, temperatura= 30,1°C e oxigênio dissolvido de 1,02 ppm in loco, coletou ainda amostras de água para análise de amônia, do qual obteve 10,08 ppm. Em todos os casos medidos in loco ele aferiu os seguintes parâmetros físico-químicos: pH e temperatura utilizando um pHmetro (YSI 63/ mod. 63-10 FT) e oxigênio dissolvido (OD) utilizando um oxímetro (YSI 55/ mod. 55-25 FT), todos equipamentos portáteis.

Na Tabela 3 é resumida toda a discussão obtida pelos autores que realizaram trabalhos nos pontos de coleta de Nascentes do Igarapé do Mindu, no conjunto residencial Petros e Parque Municipal do Mindu entre os anos de 2002 a 2011 até o trabalho atual de 2017.

Tabela 3 – Comparações entre resultados obtidos (*valores médios) na avaliação dos P1, P2 e P3 com autores entre 2002 a 2011 nos pontos de coleta de nascentes, conjunto Petros e Parque Municipal do Mindu e Limites CONAMA 357/2005 para águas de classe II para pH, condutividade e amônia.

Autores	Localização	pH (N/A)	Condutividade (uS.cm ⁻¹)	Oxigênio dissolvido (ppm)	Amônia (ppm)
	Limites CONAMA 357/2005	6,0 – 9,0	-	>5,0 ppm	Até 3,7 ppm para pH até 7,5
Melo (2005)	Nascente (SESI)	4,3 a 5,8	10,33 a 33,40	3,2 a 5,9	-
	Conjunto Petros				
	Parque Municipal do Mindu	6,2 a 7,2	>166	0,3 a 2,38	-
Lopes (2008)	Nascente (SESI)	-	-	3,55	0,16
	Conjunto Petros	-	-	0,72	2,71
	Parque Municipal do Mindu	-	-	1,62	2,46
Correa (2011)	Nascente (SESI)	4,70	19,11	3,32	-
	Conjunto Petros	7,10	275,8	1,75	-
	Parque Municipal do Mindu	7,12	299,0	2,45	-
Souza Filho (2017)	Saída Parque nascentes do Mindu (P1)	6,69	109	3,88	1,14
	Conjunto Petros (P2)	7,00	340	0,55	10,0
	Parque municipal do Mindu (P3)	7,08	293,5	2,50	5,35

Fonte: Souza Filho, E.A (2020).

Pode-se perceber que os resultados obtidos para águas de nascentes do Mindu tem apresentado características ácidas conforme discutido por Pinto et. al (2009, p.631). As águas da Amazônia possuem uma divisão clássica, que as categoriza em três tipos, ou seja, águas brancas, águas pretas e águas claras (Sioli, 1950, p.275). Há também variedades dentro de cada uma destas categorias. Temos, por exemplo, nos ambientes naturais da região de Manaus, sobre a formação Alter do Chão, águas que estariam incluídas na categoria de águas pretas, mas que exibem tonalidades que vão de uma condição quase cristalina a uma coloração bastante escura. Walker (1995, p.169) relaciona esta variação com a matéria orgânica drenada para os igarapés. Segundo este autor, a condição cristalina ou águas claras, se deve ao fato de que estas águas

ocorrerem em terrenos argilosos nos quais o escoamento não se dá com tanta facilidade, permitindo que haja tempo suficiente para que aconteça a mineralização da matéria orgânica. Estas águas, conforme esse autor são ácidas tendo um pH médio de $4,27 \pm 0,52$. Já nos solos mais arenosos, o escoamento se processa com mais rapidez, arrastando, dentre outras substâncias, o material húmico contido nos solos, sem que haja tempo para sua mineralização, de maneira que esta água adquire, com isto, uma certa coloração e chega aos igarapés produzindo, não apenas uma tonalidade escura nos mesmos como também rebaixando ainda mais o pH, o qual fica em média $3,87 \pm 0,51$, uma vez que tais substâncias (ácidos húmicos e fúlvicos) tem um caráter ácido. Outro fato interessante, mencionado ainda por Walker (1995, p.170), foi verificar que, em um longo período sem chuvas, os valores de pH se elevaram acima de 6,0, fortalecendo a hipótese de que a condição ácida destas águas se deve, de fato, a alimentação por substâncias húmicas dissolvidas por ação da água da chuva.

Para o oxigênio dissolvido não houve grande diferença entre os resultados obtidos em área de nascente com os dados obtidos em (P1), nas concentrações entre 3,2 a 5,9 ppm obtida por Melo et. al (2005, p.41), e 3,88 ppm para o ponto saída das nascentes do Mindu (P1). Para o pH verificou-se apesar da característica ácida de 6,69, que o valor está acima do resultado obtido por outros autores, tal fato pode ser explicado pela dissolução de algum poluente lançado neste ponto, haja vista que este impacto é denotado ainda pela concentração de 109 uS.cm^{-1} de condutividade elétrica, e até mesmo da presença de nitrogênio amoniacal (amônia) com valor de 1,14 ppm, indicativo de contaminação por esgotos.

Para avaliação dos resultados obtidos no Conjunto Petros (P2) verifica-se que todos os resultados indicam contaminação orgânica apresentando altos valores de condutividade elétrica com média de 340 uS.cm^{-1} , altos valores de concentração de nitrogênio amoniacal com 10,0 ppm, e concentrações de oxigênio dissolvido com valores próximos de zero, característico de contaminação por dejetos orgânicos e poluentes lançados no curso do igarapé (MELO et. al, 2005, p.42).

O Parque Municipal do Mindu, ponto de coleta (P3), fica praticamente no centro da bacia do igarapé do Mindu, recebendo descarga de todos os bairros a montante e transferindo toda a poluição advinda das zonas leste e norte de Manaus para a área da foz que deságua na grande bacia do Rio negro, receptor de toda a poluição e contaminação do Igarapé do Mindu. Neste ponto verificou-se que os valores de pH apresentaram-se sempre acima de 7,0 e concentrações de oxigênio dissolvido de 2,50 ppm, estes valores de oxigênio pode estar

associado a este ponto possuir maior área de matas ciliares preservadas e por estar em área de preservação sob gestão da Prefeitura Municipal de Manaus.

Sob o ponto de vista da legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe II nos resultados obtidos pelos autores, apenas Melo et. al (2005, p.41) encontrou valores superiores a 5,0 ppm de oxigênio dissolvido nas águas, os demais autores Lopes et. al (2008, p.6); Nascimento (2011, p.22) e Correa (2011, p.3), somados aos resultados obtidos neste trabalho os valores encontrados foram inferiores a 5,0 ppm de oxigênio.

Nascimento (2011, p.22), encontrou resultados de amônia superiores a 3,7 ppm de amônia para águas com pH até 7,5 o que foi corroborado com valores superiores a 3,7 ppm de amônia em trechos do conjunto Petros (10,0 ppm) e no Parque Municipal do Mindu (5,35 ppm) neste estudo, o que colocou este parâmetro em desacordo ao que estabelece a legislação CONAMA 357/2005. As entradas de nitrogênio nas formas amoniacal (NH_3 , NH_4^+) propicia a elevação do pH, redução do oxigênio dissolvido e somada as reações de formação das formas oxidadas (NO_2^- , NO_3^-) propicia alterações na característica das águas, acrescentando em cor e odor devido a origem orgânica do nitrogênio, além de servirem de alimento nutricional para algas e bactérias.

Na avaliação do pH, apesar dos resultados obtidos por estes autores apresentarem-se enquadrados a legislação com pH entre 6,0 – 9,0 (pontos excetuando-se as nascentes) para águas de nascentes da bacia do igarapé do Mindu os resultados obtidos foram inferiores a 6,0, características já discutidas por Walker (1995, p.169) e corroborado por Melo et. al (2005, p.41); Pinto et. al (2009, p.631); Souza Filho, et al., (2019, p. 13); e Souza Filho et al., (2020, p.2430) que atestaram a acidez das águas.

Conclusão

Avaliando-se os resultados obtidos e confrontados com a literatura pode se perceber que não houve grandes melhorias na qualidade das águas em relação aos parâmetros discutidos de pH, condutividade elétrica, temperatura, amônia e oxigênio dissolvido entre os anos comparados pelos autores de 2005, 2008, 2011 e por último na discussão deste trabalho em 2017.

Os pontos de ocupação urbana, onde se encontra o Parque Municipal do Mindu (P3) e o conjunto residencial Petros (P2) apresentaram resultados de pH alcalino, baixas concentrações de oxigênio dissolvido em relação as nascentes, e em comparação com as características naturais das águas, além de apresentar alta condutividade elétrica, ocasionadas

por poluição provavelmente decorrente de atividades domésticas e industriais despejadas ao longo leito do igarapé.

Analisando estes resultados a luz do que preconiza a Legislação CONAMA 357/2005 para rios de classe II, verifica-se que nestes pontos analisados, P2 e P3 apresentaram oxigênio dissolvido abaixo do estipulado para esta classificação de (>5 ppm) e embora as concentrações de amônia obtidas nos pontos analisados estejam inferiores a (<20ppm) do estipulado pela legislação complementar CONAMA 430/2011 para padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, os resultados variaram entre 1,14 - 10,0 ppm, todavia a presença de NH_4^+ nas águas pode permitir a assimilação por algas, desencadear processos eutróficos, elevar o pH para características básicas, e propiciar a redução do oxigênio dissolvidos nas águas, prejudicando organismos aquáticos como peixes e plantas. Tal fato é denotado pelas características encontradas nas águas nestes pontos, com forte odor característico de contaminação por dejetos orgânicos, cor esverdeada escura, consequências do leito assoreado em diversos trechos, lixo descartado no leito do igarapé, e matas ciliares degradadas.

O ponto (P1) apesar de apresentar-se como água de características naturais, começa a demonstrar impactos com redução do oxigênio dissolvido e aumento do pH para valores acima de 6,0. As águas apresentaram-se com pH ainda com características ácidas, condutividade elétrica moderada, além de presença de amônia.

A redução do lançamentos de esgotos domésticos e industriais de forma inadequada e em desacordo ao preconizado pela legislação somado a ações de preservação e sensibilização ambiental pode reverter o quadro de poluição e contaminação orgânica que começa por se instalar neste ponto (P1), todavia é necessário efetividade do poder público para traçar estratégias, com foco em ações de fiscalização e monitoramento da qualidade das águas além de promover ações de educação ambiental e oficinas de trabalho comunitárias com a finalidade de proteção das nascentes e da vegetação ciliar neste trecho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília-DF: ANA, 2017. p.169.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas** /Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília-DF: ANA, 2017. p.169.

APHA. **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21st ed. Washington, 2005. p.1274.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017. Publicação Nº 190 – DOU de 03/10/17.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo-SP: CETESB; Brasília: ANA, 2011. p.369.

CORREA, G. F. **Avaliação do Grau de eutrofização de dois Igarapés urbanos de Manaus-AM**. XX JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM. Manaus-AM, INPA, 2011. p.1-5.

CONAMA Nº 357/2005 - "**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.**"- Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU: 18/03/2005.

CONAMA Nº 430/2011 - **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011**. Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU: 16/05/2011.

DONALD, A.R.; DIRANE, A.C.M.; MOLINARI, D.C. **Caracterização das vertentes das áreas de risco ambiental do Distrito Industrial II – Manaus (Amazonas)**. Revista Geonorte, v.1, n.1, Ano 01, p.1-13, 2010.

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**. Revista Acta Amazônica, v.42, n.4, p.533-540, 2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento com avaliação dos serviços nas 100 maiores cidades do País**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/pressrelease.pdf> Acesso em 12 de Maio de 2018.

LOPES, M.J.N *et al.* **Avaliação preliminar da qualidade da água de bacias hidrográficas de Manaus utilizando o método BMWP adaptado**. Revista SaBios, v.3, n.2, p.1-9, 2008.

MACENA, L. S. L.; COSTA, R. C. **A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR**. Revista Geonorte, Edição Especial, v.1, n.4, p. p.318–330, 2012.

MACENA, L.S.S. **Áreas de risco nas bacias hidrográficas urbanizadas de Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Manaus-AM: Ufam. 2016, 262f.

MANAUS. Decreto municipal N° 8.351, de 17 de Março de 2006. Institui o Parque Municipal Nascentes (PMNM), Centro de Vigilância da Nascente. 2006.

MANAUS. Lei municipal N° 219, novembro de 1993. **Criação do Parque Municipal do Mindu**. 1993.

MANAUS. **Plano de Manejo do Corredor Ecológico Urbano do Igarapé do Mindu/Parque Municipal do Mindu**. Manaus-AM, 2008.

MELO, E.G.F; Silva, M.S.R.; Miranda, S.A.F. **Influencia antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas**. Revista Caminhos de Geografia, v.5, n.16, p.40–47, 2005.

NASCIMENTO, J.H.P. **Efeitos e exposição de ovos e larvas de Osteocephalus taurinus Steindachner, 1862 – (Anura, Hylidae) à água contaminada de dois igarapés de Manaus-AM: Toxicidade aguda e crônica**. Dissertação de Mestrado. Manaus-AM: Ufam, 2011. 45f.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. **Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas**, Uberlândia MG. Revista Sociedade & Natureza (Online), Uberlândia, v.21, n. 3, p.305-314, 2009.

SILVA, L. M. **Estudo da correlação entre o oxigênio dissolvido e a matéria orgânica em diferentes ambientes aquáticos da Região Amazônica**. Dissertação (Mestrado em Química). Manaus-AM: Ufam, 2012. 100f.

SILVA, D.D; MIGLIORINI, R.B; SILVA, E.C; LIMA, Z.M; MOURA, I.B. **Lack of sanitation and groundwater in shallow aquifer: region of the neighborhood Pedra Noventa, Cuiaba (MT)**. Revista de Engenharia e Saneamento Ambiental, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p.43-52, 2014.

SILVA, I.M.P. **Desafios de gestão do Parque Municipal do Mindu (Manaus-AM). Belém-PA**. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) – Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2014. 85f.

SIOLI, H. **Das Wasser im Amazonasgebiet**. Forschungen und Fortschritte, v.2, p.274-280, 1950.

SOUZA FILHO, E.A; BATISTA, I.H; ALBUQUERQUE, C.C. **Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do Mindu em Manaus-Amazonas**. Revista Geográfica de América Central, 63 (2), p.341-367, 2019.

SOUZA FILHO, E.A; ALVES, S.B.S.M; NEVES, R.K.R; ALBUQUERQUE, C.C; DAMASCENO, S.B; NASCIMENTO, D.A. **Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM**. Revista Brazilian Journal of Development, n°6, p.2419-2433, 2020.

WALKER, I. Amazonian streams and small rivers, p.167-193. 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.

Recebido em 17 de fevereiro de 2020.

Aceito em 26 de março de 2019.

Publicado em 05 de junho de 2020.