

## **Uso da terra e parâmetros de qualidade da água na seca de 2018 na bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra, Iranduba-AM**

Land use and water quality parameters during the 2018 drought in the Igarapé do Cacau Pirêra watershed, Iranduba-AM

Uso del suelo y parámetros de calidad del agua durante la sequía de 2018 en la cuenca del Igarapé do Cacau Pirêra, Iranduba-AM

**Marcos Fabricio Leal Ramos**

Universidade Federal do Amazonas

[m.lealramos@gmail.com](mailto:m.lealramos@gmail.com)

**João Cândido André da Silva Neto**

Universidade Federal do Amazonas

[joao.candido@ufam.edu.br](mailto:joao.candido@ufam.edu.br)

**Bruno Sarkis Vidal**

Universidade Federal do Amazonas

[bruno.sarkis.v@gmail.com](mailto:bruno.sarkis.v@gmail.com)

**Flávio Wachholz**

Universidade do Estado do Amazonas

[fwalemao@gmail.com](mailto:fwalemao@gmail.com)

### **Resumo**

A apropriação e o uso das terras na bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra, caracterizados pela expansão da especulação imobiliária e pela diversificação de atividades econômicas, como agricultura, pecuária e usos recreativos associados à balneabilidade são reflexos dessas alterações. A presente pesquisa teve por objetivo analisar os parâmetros químicos e físicos da água e o uso da terra e cobertura vegetal na bacia, além de buscar mapear o uso da terra e cobertura vegetal na área; avaliar as águas superficiais da bacia a partir de alguns parâmetros de qualidade da água. A metodologia consistiu em procedimentos relacionados aos dados limnológicos e a apropriação social da natureza e suas expressões no uso da terra. Para atingir os objetivos estabelecidos foi utilizado as geotecnologias como os produtos de Sensoriamento Remoto (SR) e as ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG). As variáveis de qualidade da água foram relacionadas com a Resolução CONAMA Nº. 357/2005. Quanto aos resultados, a condutividade e os sólidos totais dissolvidos ficaram dentro dos parâmetros para usos da classe especial, contudo os resultados revelaram que o recurso hídrico está apropriado para os usos de contato secundário, sendo importante restringir o consumo humano evitando usos de contato primário.

**Palavras-chave:** Uso da terra. Geotecnologias. Qualidade da água. Bacia hidrográfica. Amazonas.

### **Abstract**

The appropriation and use of land in the Igarapé do Cacau Pirêra watershed, characterized by the expansion of real estate speculation and the diversification of economic activities such as agriculture, livestock farming, and recreational uses associated with bathing, are reflections of these

changes. This research aimed to analyze the chemical and physical parameters of the water, as well as land use and vegetation cover in the basin, in addition to mapping land use and vegetation cover in the area and evaluating the basin's surface waters based on some water quality parameters. The methodology consisted of procedures related to limnological data and the social appropriation of nature and its expressions in land use. To achieve the established objectives, geotechnologies such as Remote Sensing (RS) products and Geographic Information System (GIS) tools were used. Water quality variables were linked to CONAMA Resolution N°. 357/2005. Regarding the results, the conductivity and total dissolved solids were within the parameters for special class uses, however the results revealed that the water resource is suitable for secondary contact uses, and it is important to restrict human consumption by avoiding primary contact uses.

**Keywords:** Land use. Geotechnologies. Water quality. Hydrographic basin. Amazonas.

## Resumen

La apropiación y el uso de la tierra en la cuenca hidrográfica del Igarapé do Cacau Pirêra, caracterizada por la expansión de la especulación inmobiliaria y la diversificación de actividades económicas como la agricultura, la ganadería y los usos recreativos asociados al baño, son reflejo de estos cambios. Esta investigación tuvo como objetivo analizar los parámetros químicos y físicos del agua, así como el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca, además de mapear el uso del suelo y la cobertura vegetal en el área y evaluar las aguas superficiales de la cuenca con base en algunos parámetros de calidad del agua. La metodología consistió en procedimientos relacionados con datos limnológicos y la apropiación social de la naturaleza y sus expresiones en el uso del suelo. Para alcanzar los objetivos establecidos, se utilizaron geotecnologías como productos de Teledetección (RS) y herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG). Las variables de calidad del agua se vincularon a la Resolución CONAMA No. 357/2005. Respecto a los resultados, la conductividad y los sólidos disueltos totales se encontraron dentro de los parámetros para usos de clase especial, sin embargo los resultados revelaron que el recurso hídrico es apto para usos de contacto secundario, siendo importante restringir el consumo humano evitando usos de contacto primario.

**Palabras clave:** Uso del suelo. Geotecnologías. Calidad del agua. Cuenca hidrográfica. Amazonas.

## Introdução

Na Amazônia Brasileira, localizada na região norte do Brasil, ocorrem significativas contradições, pois essa região é um dos últimos grandes e ricos espaços que dispõe de uma significativa diversidade de recursos, contudo com um delicado equilíbrio ecológico (BECKER, 2010). As projeções indicam que as futuras mudanças no uso da terra, associadas à expansão agrícola e à urbanização no Brasil, tendem a provocar significativa degradação da qualidade da água. Nesse contexto, torna-se fundamental antecipar e prever tais impactos, de modo a implementar medidas capazes de mitigar ou evitar a deterioração dos recursos hídricos, assegurando a manutenção de seu suprimento tanto para as gerações atuais quanto para as futuras (DE MELLO ET. AL, 2020).

Nesse contexto a região Norte tem uma posição privilegiada no que diz respeito à disponibilidade de água in natura, pois aproximadamente 70% da disponibilidade hídrica do Brasil

se encontra nessa região, onde vivem apenas 7% da população do país. As demais regiões, que abrigam o restante da população, corresponde a apenas 30% da disponibilidade hídrica brasileira (MACHADO, 2003). Lima et al. (2011), afirmam que a disponibilidade hídrica do Amazonas caiu cerca de 46% entre 1980 e 2007, as principais razões que corroboram para esse decréscimo é a crescente degradação do meio hídrico, o aumento da população e a ineficaz distribuição por parte dos sistemas de abastecimento. Melo et al. (2005), fazem referência ao elevado crescimento na degradação dos recursos hídricos, destacando os efluentes domésticos.

Tucci (2008) afirma que o Brasil, mesmo com todos os avanços na legislação nacional nas últimas décadas, ainda está na fase higienista, o motivo é a falta de tratamento de efluentes em quase todos os meios urbanos do país. O reflexo dessa problemática é essa ineficiência dos sistemas de tratamento e distribuição de água no Brasil.

Na Região Metropolitana de Manaus (RMM), mais especificamente em Iranduba, as transformações socioespaciais se intensificaram no período de 2003 a 2012, pois nesse período ocorreu um processo de restruturação do espaço que pode ser observado através das mudanças no sistema de transporte, no mercado imobiliário e nas atividades de comércios e serviços. Essa transformação decorre da reorganização do espaço urbano-regional, desenvolvida a partir da constituição da região metropolitana e da construção da ponte Rio Negro, colocando os municípios dessa região como principal opção para expansão da mancha urbana da capital (SOUZA, 2015).

Esse processo ocasionou uma significativa mudança na apropriação e uso das terras no local, intensificando a especulação imobiliária e várias outras atividades, como a agricultura, piscicultura, pecuária, balneabilidade na planície de inundação. As mudanças socioespaciais também possivelmente influenciaram a bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra que é utilizada para as mais diversas finalidades, sendo uma das maiores receptoras de todos os efluentes domésticos de seu entorno, visto que, a região metropolitana não possui tratamento de efluentes urbanos, que são lançados diretamente nos corpos d'água. A presente pesquisa, teve por objetivo analisar os parâmetros de qualidade da água e suas relações com os tipos usos da terra no período hidrológico de seca na bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra, Iranduba-AM. Para se alcançar os objetivos propostos foi realizado o mapeamento dos usos da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica, bem como, foram analisadas as águas superficiais a partir de alguns parâmetros de qualidade da água durante o período hidrológico da seca. Além disso, os usos da terra e os parâmetros de qualidade da água foram analisados conforme a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente Nº 357/2005.

## Materiais e método

### Elaboração do mapa de uso da terra

Para analisar o uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens de satélite PlanetScope, de 11 de junho de 2018, com resolução espacial de 3 metros, as quais foram processadas em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica), as bandas Verde (G: 500-590 nm), Vermelho (R: 590 - 670 nm), e Infravermelho Próximo (NIR- 780 - 860 nm), seu processamento foi realizado nos softwares SPRING 5.5 e QGIS 3.8. No software QGIS 3.8, realizou-se o pré-processamento da imagem, como composição colorida em pseudo-cores, além dos ajustes de brilho e criação de mosaico. No SIG, SPRING 5.5, implementou-se o processo de classificação supervisionada das imagens, que consistiu nas etapas: Segmentação por região, Treinamento, ou coleta de *pixels*, Análise de amostras e geração índice de *Kappa*, seleção de classificador, optou-se pelo classificador supervisionado Bhattacharya, e por fim, o mapeamento temático em que se associou o *raster* classificado às classes temáticas de uso de acordo com o Manual técnico de uso da terra (IBGE, 2013).

### Coleta de dados limnológicos

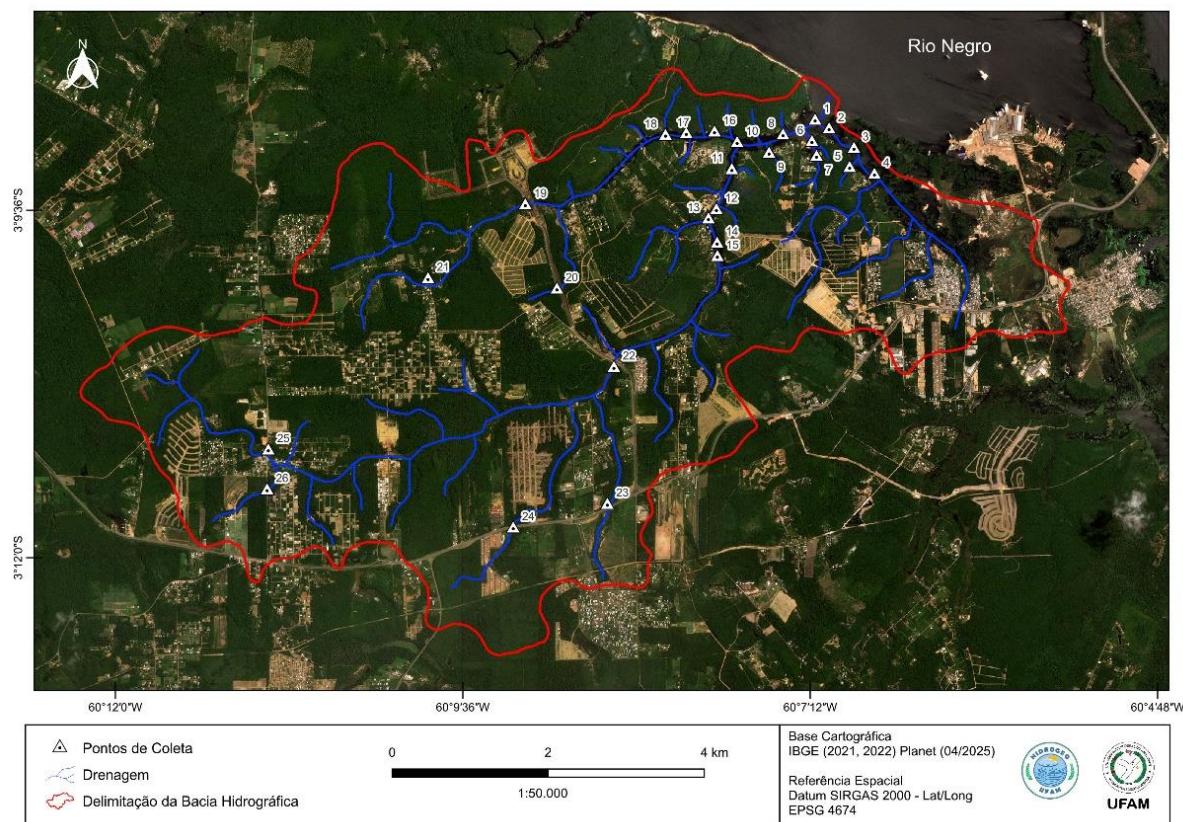
Os procedimentos referentes aos dados limnológicos foram coletadas e analisadas em *in loco* as seguintes variáveis: Transparência, Turbidez, Temperatura, Condutividade elétrica, Oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e potencial hidrogeniônico (pH). Para determinar os pontos de coleta foi utilizado um Global Positioning System – GPS (Sistema de Posicionamento Global), para georreferenciar e demarcar os pontos de coleta da água levando em consideração a melhor logística de acesso, posteriormente os dados foram inseridos no formato shapefile no software QGIS 3.8. As variáveis limnológicas foram medidas *in situ*, para determinar a transparência foi utilizado um disco de Secchi de 30 cm de diâmetro, no qual a leitura é indicada pelo desaparecimento na coluna d'água e realizada por um único observador. As variáveis temperatura, condutividade elétrica, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido, também foram coletadas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987) e Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e pelo guia nacional de coleta e preservação de amostras da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

Utilizou-se o equipamento medidor Multiparâmetro (HI 98194) com Sonda (HI 7698194) para medir a temperatura (Resolução 0,01°C e precisão  $\pm 0,15^\circ\text{C}$ ), pH (Resolução 0,01 e precisão  $\pm 0,01$ ), condutividade elétrica em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Resolução 0,1 e precisão de  $\pm 1\%$  de leitura), oxigênio dissolvido em mg/L (Resolução 0,01 e precisão de  $\pm 1,5\%$  de leitura) e sólidos totais dissolvidos

(Resolução 1 ppm (mg/L) e Precisão de  $\pm 1$  ppm (mg/L), baseada na calibração de condutividade). O Turbidímetro digital portátil (Instrutherm TD-300) foi utilizado para medir a turbidez em NTU (Resolução 0,01 e precisão de  $\pm 0,5$  NTU).

O primeiro trabalho de campo foi realizado no dia 03 de março de 2018, para a definição dos pontos amostrais e reconhecimento da área de estudo. A amostragem no período hidrológico da seca foi realizada no dia 24 de novembro de novembro de 2018, quando o nível rio Negro encontrava-se em 17,96 m, próximo a cota mínima de 17,05 m, no dia 6 de novembro de 2018 (Porto de Manaus, 2018). Segundo Bittencourt e Amadio (2007), a variabilidade do rio Negro e do rio Solimões, localizados nas proximidades da cidade de Manaus, possuem sazonalidades que afetam diretamente as regiões de bacias ao seu entorno, assim como a bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra. Desse modo, os quatro períodos hidrológicos são definidos da seguinte forma: enchente (janeiro a abril) quando o rio Negro se encontra ascendente entre 20 a 26 metros; cheia (maio a julho) com nível do rio superior 26 metros; vazante (agosto a setembro) com nível do rio descendente entre 26 a 20 metros; seca (outubro a dezembro) quando o nível for inferior a 20 metros. A presente pesquisa contempla o período hidrológico da cheia.

Na amostragem de campo, no período hidrológico da seca de 2018, foram amostrados 26 pontos. Esses pontos foram escolhidos conforme a logística e a espacialidade para promover a interpolação dos dados e de acordo com a variação na localização dos pontos devido a sazonalidade da planície de inundação, onde os pontos de 1 a 18, foram amostrados com o uso de uma voadeira de pequeno porte (Motor de popa 15HP). Enquanto os pontos 19 a 26, foi usado um veículo para a locomoção, onde os pontos foram amostrados nas margens da Rodovia Manuel Urbano (AM-070) e ramais adjacentes (Figura 1).



**Figura 1** – Pontos de coleta na área de estudo.

Organização: Autores (2020).

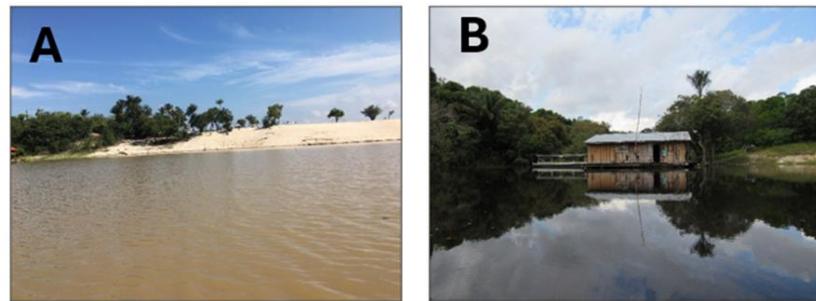
Após as coletas os dados foram especializados os parâmetros analisados, utilizando técnicas geoestatísticas de interpolação de dados que resultaram em mapas temáticos de cada parâmetro analisado da qualidade da água, possibilitando assim se estabelecer uma relação entre os diversos usos da terra e os parâmetros verificados. A espacialização dos dados consistiu na utilização da técnica geoestatística de interpolação dos dados em ambiente de SIG. Assim, o método de interpolação utilizado foi o da ponderação pelo inverso da distância (Inverse Distance Weighting, IDW), pois proporcionou os resultados satisfatórios, para espacialização de dados dessa natureza. (CECÍLIO e PRUSKI, 2003).

O uso da terra e parâmetros de qualidade da água foram abordados diante à legislação, visto os diferentes usos (navegação, agricultura, pesca, recreação e captação de água) realizados de maneira inadequada, que podem promover a alteração desses parâmetros e impactos a bacia hidrográfica. Diante desse contexto a resolução CONAMA nº357/2005, dispõe a propósito da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais visando o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e ainda define que as águas doces devem possuir alguns parâmetros de qualidade que enquadram os corpos hídricos em classes de uso (BRASIL, 2005).

## Resultados e discussões

### Variáveis limnológicas de qualidade da água

A coloração da água na bacia hidrográfica do Igarapé do Cacau Pirêra (figura 2 - A e B) no período analisado, se apresentou branca, com profundidade da lâmina d'água variando de 0,10 a 2,6 m, e valor médio de  $1,8 \pm 0,72$  m. Esses valores do pulso de inundação periódica da bacia do Igarapé do Cacau Pirêra são condicionados pela dinâmica fluvial do rio Negro, curso no qual o Igarapé principal da bacia é afluente. Enquanto o rio Negro é condicionado por diversos cursos d'água, visto que é um dos principais cursos da bacia amazônica.

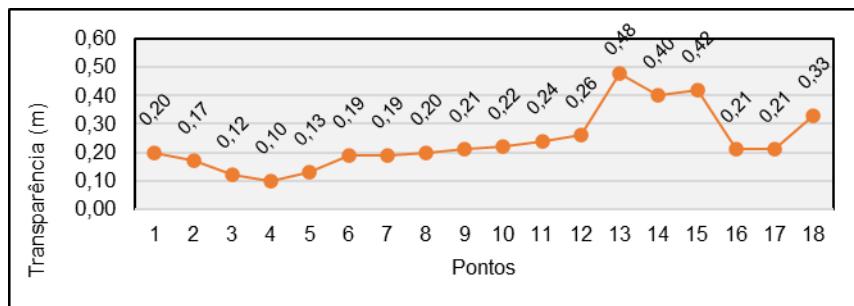


**Figura 2 –**(A) Coloração da água na seca. (B) Coloração da água na cheia.  
Organização: Autores (2020).

### Transparência

A transparência do disco de Secchi, obteve variação entre 0,10 e 0,48 m, com valor médio de  $0,24 \pm 0,10$  m (figura 3). Os baixos valores para águas pretas provavelmente estão relacionados a maior incidência visível de material em suspensão que caracteriza a coloração branca nesse período. É importante frisar também que os valores de profundidade foram significativamente baixos, máxima de 2,60 metros. Desse modo a menor profundidade favorece a concentração de sedimentos que consequentemente diminui penetração da luz e diminui a transparência.

Os menores valores foram encontrados nos pontos 3, 4 e 5 ( $\leq 0,13$  m) (figura 7A), provavelmente, devido a concentração de moradias no local e maior tráfego de embarcações. Além disso, durante a seca existe maior concentração de atividades de lazer a jusante da bacia, próximo a foz do Igarapé do Cacau Pirêra, o que favorece o tráfego de embarcações. Em contrapartida, os pontos 13, 14 e 15, foram aqueles que apresentaram os maiores valores de transparência ( $\geq 0,40$  m), nesses verifica-se também a presença de moradias nas margens, contudo esses estão localizados mais a montante do Igarapé do Cacau Pirêra, que durante a seca, apresentam menor influência do tráfego de embarcações e atividades de lazer.



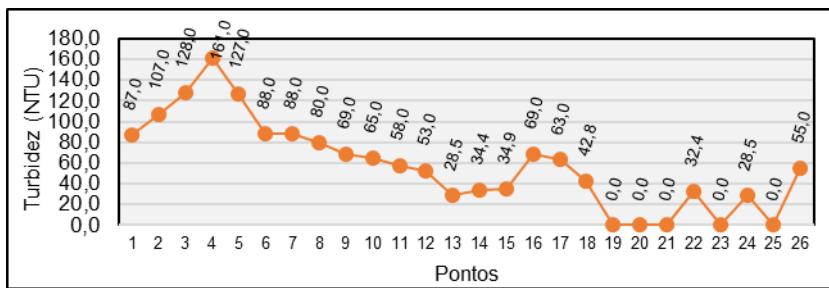
**Figura 3** – Transparência da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo.  
Elaboração: Autores, 2018.

De acordo Brito (2006), nos lagos de várzea influenciados pelas águas brancas do rio Solimões, possuem transparência que oscilam de 0,45 a 1,15 m. Dessa forma, apenas o ponto 13 estaria dentro dos padrões para águas mais turbinadas. Segundo Muntz (1978), as águas brancas, apresentam uma coloração forte devido aos depósitos de sedimentos, ocasionado pouca penetração de luz nessas águas. Em contrapartida, os rios de água preta contêm pouco ou nenhum limo, e neles a luz penetra melhor. Desse modo, a transparência da água em águas brancas é tipicamente da ordem de 0,15 m. Embora as colorações das águas mudem ao longo dos diferentes períodos a bacia recebe apenas influência da ação de cursos d'água da coloração preta. Contudo, a transparência apresentou significativas mudanças, visto que os valores se encontram fora dos padrões para águas pretas, conforme Sioli (1985), e em desacordo com os valores estabelecidos para águas turbinadas, segundo Brito (2006), mas próximos dos valores estipulados por Muntz (1978).

## Turbidez

A turbidez apresentou variação de 0 a 161,0 NTU, com valor médio de  $57,67 \pm 43,21$  NTU (figura 4). Os pontos 2, 3, 4 e 5 ( $> 100$  NTU) se destacaram com os elevados valores de turbidez.

Nesses pontos, os altos valores se devem provavelmente ao aumento do material em suspensão próximo a foz da bacia, que também provocou o decréscimo significativo da transparência nesse período. Com relação aos menores valores (0 NTU), nos pontos 19, 20, 21, 23 e 25, possivelmente estão relacionados a diminuição significativa de sedimentos a nesses pontos da bacia, caracterizada por igarapés com pequenos cursos de água de águas claras. Segundo Esteves (2011), do ponto de vista óptico a turbidez da água pode ser considerada oposta a transparência. Desse modo, a turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação, ou seja, a porção da zona eufótica afetada pela dispersão da radiação, pelas partículas suspensas, tais como bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos e os compostos dissolvidos na água.

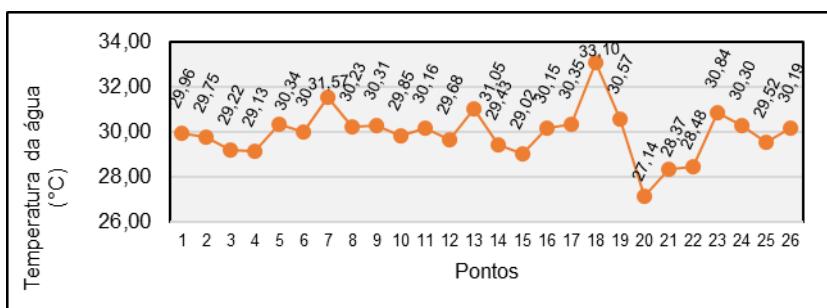


**Figura 4** – Turbidez da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo.  
Elaboração: Autores, 2018.

Nesses igarapés, a montante da bacia, existe menor volume de material em suspensão nesse período e possuem também baixa profundidade (0,30, 0,50, 1,10, 0,20 e 0,13 m respectivamente). Esses dois fatores possivelmente contribuíram para que os valores fossem menores (figura 7B). Em contrapartida, nos pontos 22, 24 e 26, os valores de turbidez foram relativamente inferiores à média ( $< 57,67$  NTU). Nesses, mesmo estando mais a montante da bacia, sofrem ação significativa da canalização da estrada da cidade universitária, ramais e da rodovia Manoel Urbano (AM-070) que intensifica o assoreamento desses igarapés que cortam ambas estradas.

### Temperatura (°C)

Os valores de temperatura da água oscilaram entre 27,14 e 33,10°C, com valor médio de  $29,95 \pm 1,11$ °C (figura 5).



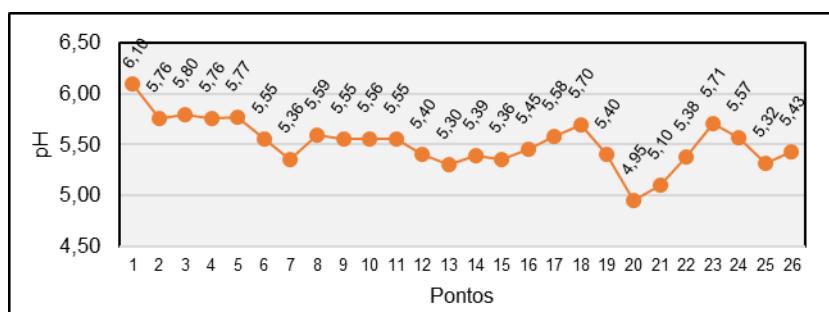
**Figura 5** – Temperatura da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo.  
Elaboração: Autores, 2018.

Os pontos que apresentaram maiores valores nesse período obtiveram temperatura superior a 31°C (pontos 7, 13 e 18). Esses estão dispostos nos cursos principais da bacia próximos a foz (figura 7C). Enquanto os menores valores foram observados nos pontos mais a montante da bacia, próximos as nascentes. Contudo, o maior valor foi considerável, 33,1°C (ponto 18). Esse está localizado no Igarapé Chico preto, em seu curso médio. Este Igarapé tem a montante influência da rodovia Manuel Urbano (AM-070) no sentido Cidade Universitária, canalização e possui moradias em suas margens, desse modo, esses aspectos podem ter influenciado o aumento da temperatura. O

menor valor foi registrado no ponto 20 ( $27,14^{\circ}\text{C}$ ). Contudo, os valores encontrados foram semelhantes aos encontrados em estudos realizados na planície de inundação periódica, do município de Iranduba-AM, por Brito (2006) e Almeida (2008), em mesmo período hidrológico.

### Potencial hidrogeniônico – pH

O pH da água apresentou variação de 4,95 a 6,10, com valor médio de  $5,52\pm0,24$  (figura 6) relativamente alta, visto que em apenas um ponto de amostragem (ponto 20) o valor foi inferior a 5. O ponto 1 foi aquele que apresentou o maior valor de pH ( $> 6$ ). Enquanto os pontos 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 23 e 24, obtiveram pH superior a 5,5, definido por Sioli (1985) como valor máximo encontrado em águas pretas. Os demais pontos ficaram dentro do padrão, contudo a coloração da água nesse período não condiz com a realidade da bacia, predominantemente preta. De acordo com Almeida (2008), águas brancas, do município de Iranduba-AM que sofre significativa influência do rio Solimões, possuem pH com variação de 6,7 a 6,9. Embora a bacia do Igarapé do Cacau Pirêra não tenha aparentemente nenhuma influência desse rio, durante esse período apresentou visivelmente coloração branca. No entanto, nessa amostragem os valores foram inferiores aos apresentados por Almeida (2008), pois o valor máximo sequer igualou o mínimo descrito, conforme figura 7D.

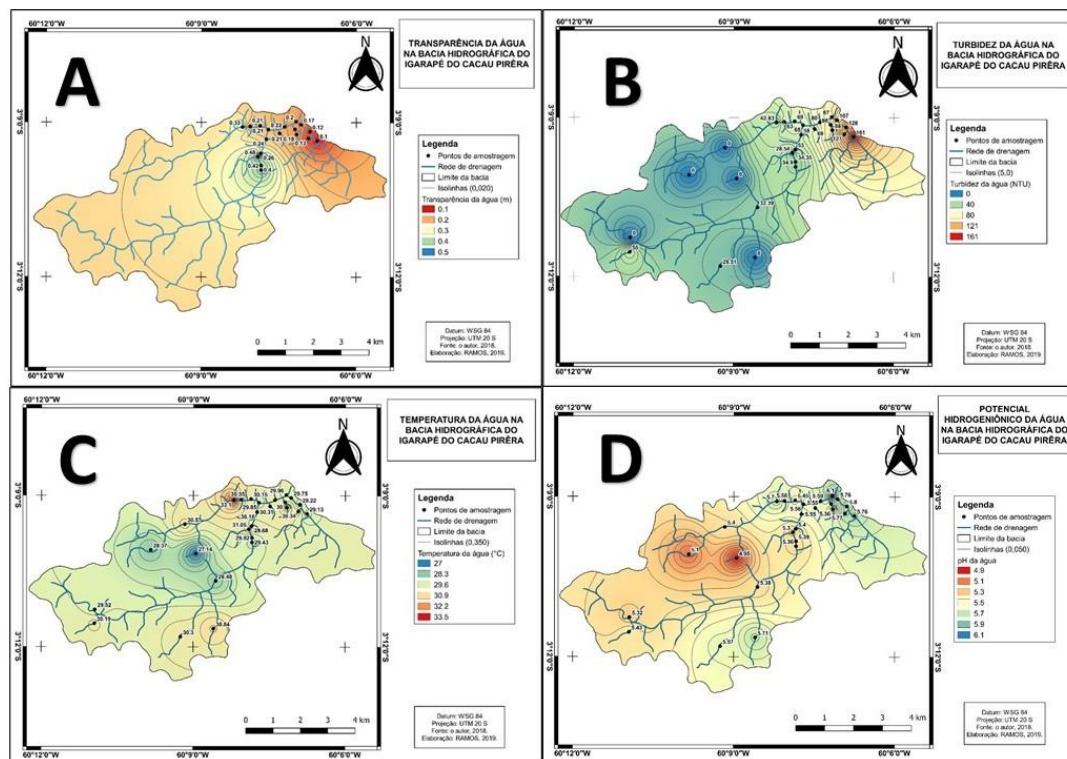


**Figura 6** – pH da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: Autores, 2018.

Para Esteves (2011), na Amazônia existem ecossistemas que apresentam pH ácido, com valores aproximados a 5, como os lagos encontrados nesse bioma que possuem águas escuras ricas em substâncias húmicas, enquanto os ambientes extremamente ácidos podem chegar a 3,57. Esses valores de pH são inversamente relacionados à coloração da água, ou seja, os ambientes que possuem elevadas concentrações de substâncias húmicas, consequentemente apresentam coloração mais escura e menores valores de pH. Na planície de inundação periódica onde se localiza o município de Iranduba, e o distrito do Cacau Pirêra, onde está a bacia, é significativamente influenciado pelos lagos formados ao longo da sazonalidade das magnitudes hídricas que banham essa planície. Conforme observado por Leite et al. (2006) ao afirmar que os lagos dessa planície,

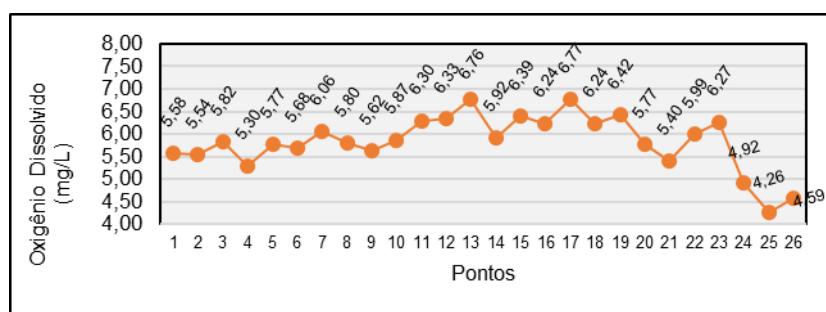
como a maioria dos lagos de várzea da região amazônica, aumentam ou diminuem sua área de inundação em decorrência do nível dos rios adjacentes. Portanto, o pH encontrado está dentro dos padrões para águas pretas conforme a literatura.



**Figura 7 – (A) Transparência. (B) Tubidez. (C) Temperatura. (D) pH da água. Organização: Autores (2020).**

### Oxigênio dissolvido (mg/L)

Os valores apresentaram variação entre 4,26 a 6,77 mg/L, com valor médio de  $5,83 \pm 0,60$  (figura 8) se apresentaram dentro dos padrões da legislação e de acordo com a literatura, pois todos os pontos de amostragem apresentaram valores superior a 4 mg/L.



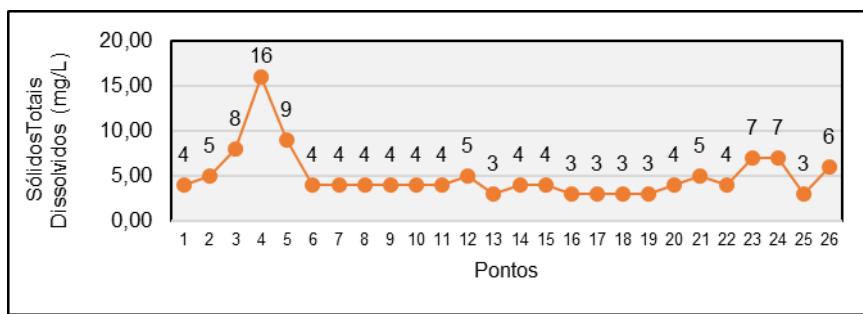
**Figura 8 – Oxigênio dissolvido da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo. Elaboração: Autores, 2018.**

Contudo, os pontos 24, 25 e 26 (figura 11A) apresentaram os menores valores ( $< 5$ mg/L). Esses pontos estão localizados no Igarapé Montanha russa e seus afluentes, que possuem intensiva canalização, pois transpõe a rodovia Manuel Urbano e ramais (ponto 24, Igarapé do km 9) e

presença significativa de moradias, pois, localiza-se próximo ao condomínio Bela vista e balneabilidade (pontos 25 e 26, afluente e Igarapé montanha russa, respectivamente) que possivelmente explicam os menores valores encontrados nesses pontos para este período hidrológico. Desse modo, esses fatores possivelmente aumentam o fluxo de efluentes domésticos, que consequentemente aumenta a concentração de matéria orgânica na água é um dos principais fatores da redução da concentração de oxigênio na água (ESTEVES, 2011). Straskraba e Tundisi (2013), também enfatizam que baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água indicam poluição orgânica de fonte exterior dos cursos d'água, uma vez que a decomposição da matéria orgânica tem ação direta no processo fotossintético, que é um dos principais fatores para oxigenação dos ecossistemas aquáticos.

### Sólidos dissolvidos totais (TDS)

Os valores variaram entre 3 e 16 mg/L, com valore médio de  $5,00 \pm 2,76$  mg/L (figura 9). Segundo Pinto e José (1999), o processo de urbanização é um dos principais fatores responsável degradação da água, tanto superficiais, quanto subterrânea. A crescente ocorrência desse processo nos ecossistemas naturais ocasiona, entre outros contaminantes. A disposição de resíduos sólidos (lixo) e fossas negras sobretudo, representam as principais fontes de nitratos em aquíferos, de tal forma que nas cidades a situação se agrava diante da concentração desses fatores em áreas relativamente restritas.



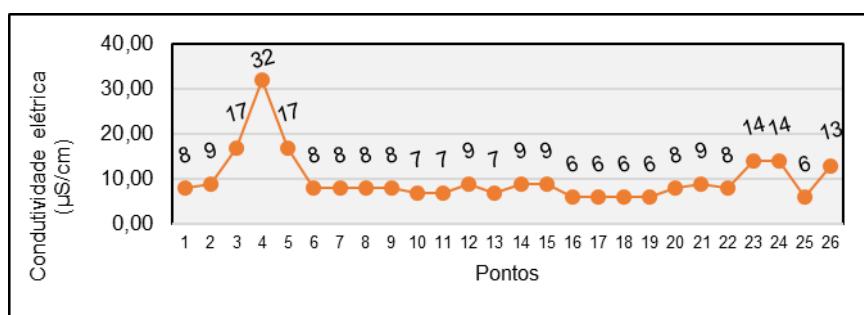
**Figura 9** – Sólidos totais dissolvidos da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo. Elaboração: Autores, 2018.

O processo de filtração da água está significativamente ligado com a proporção de sólidos totais dissolvidos na água. Assim como essa variável relaciona-se com a condutividade elétrica. De acordo com Lelis e Pinto (2014), altos valores de condutividade elétrica ocorrem devido à grande presença de sólidos dissolvidos totais, como o carbonato de cálcio e o magnésio. E para a saúde humana, a concentração desses elementos através da ingestão de água com altos valores de sólidos totais dissolvidos em grande quantidade pode causar problemas estomacais, devido ao efeito laxante da mistura entre o carbonato de cálcio e o magnésio.

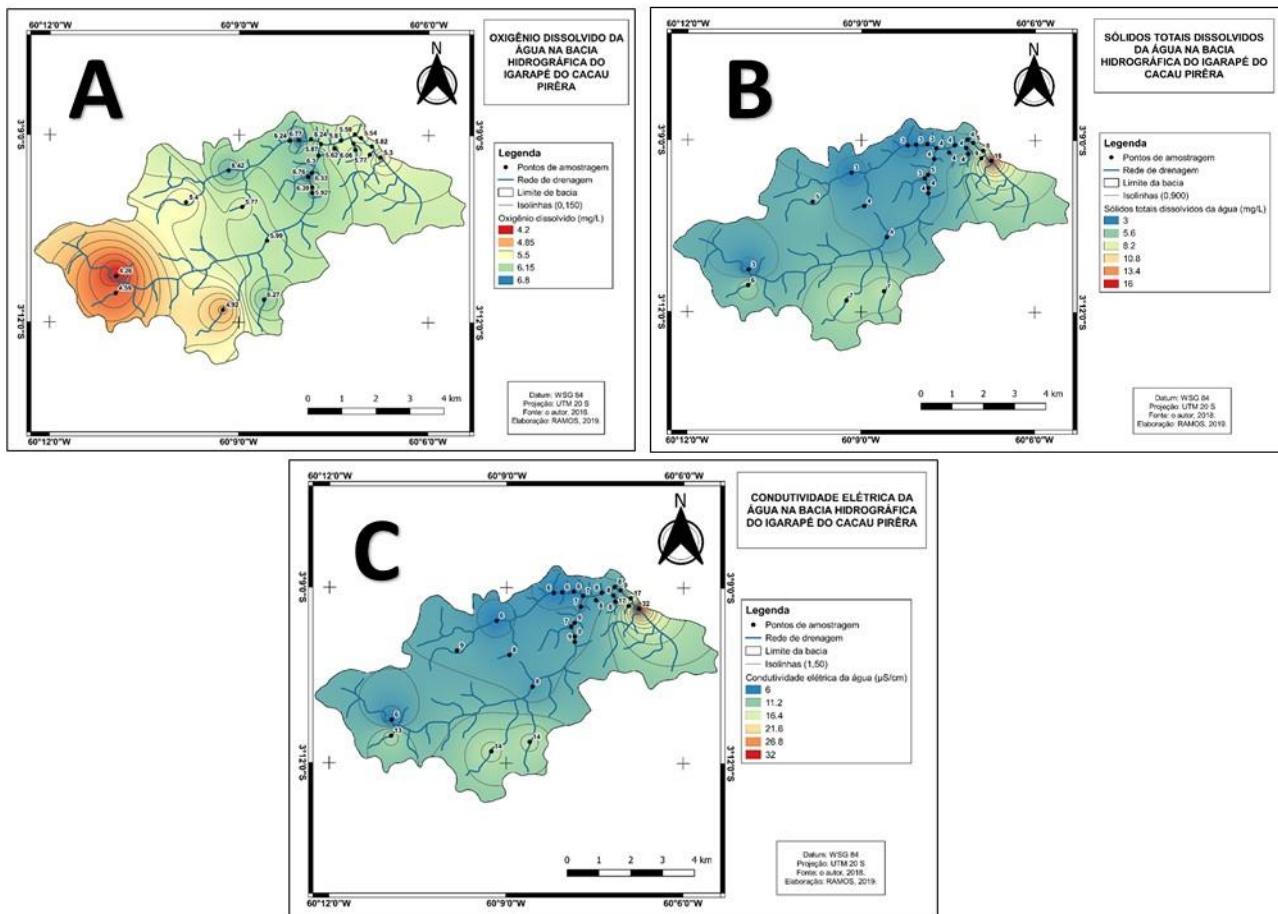
Nos pontos de amostragem os maiores valores (figura 11B) foram encontrados nos pontos 3, 4 e 5 (8, 9 e 16 mg/L, respectivamente). Os altos valores nesses pontos podem estar relacionados ao significativo número de moradias e de efluentes domésticos, bem como ao aumento de fossas sépticas, que ocorrem naturalmente próximos as moradias. Pois, esses pontos encontram-se a montante do Igarapé Cantonicha, onde ocorre a maior aglomeração de moradias. Outro fator importante de mencionar refere-se ao maior valor encontrado, de 16 mg/L, ainda é significativamente baixo perante a legislação vigente.

### Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

A condutividade variou entre 6 a 32  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com valor médio de  $9.96 \pm 5,52 \mu\text{S}/\text{cm}$  (figura 10 e 11C). Os maiores valores foram obtidos nos pontos 3, 4, 5, 23, 24 e 26 ( $> 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Figura 10** – Condutividade elétrica da água na seca. Fonte: Pesquisa de campo. Elaboração: Autores, 2018.



**Figura 11** – (A) Oxigênio dissolvido. (B) Totais de Sólidos Dissolvidos - TDS. (C) Condutividade elétrica.

Organização: Autores (2022).

Altos valores de condutividade elétrica podem estar associados a possíveis fontes poluidoras, como o despejo de efluentes domésticos conforme Pinto e José (1999) e Lelis e Pinto (2014). Para Esteves (2011), a condutividade elétrica da água é a capacidade de conduzir corrente elétrica através dos íons presentes na água, desse modo, soluções mais ionizadas possuem maior condutividade. Por outro lado, em águas mais puras ocorre o fenômeno inverso, ou seja, menor será a condutividade. A maioria dos valores obtidos condizem com o padrão de bacia hidrográfica, cuja influência principal é o rio negro de águas pretas.

Para Zanin et al. (2024), a apropriação da terra, associado à substituição da cobertura florestal natural devido ações antrópicas, tem sido amplamente reconhecido como um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da turbidez, da condutividade elétrica e de outras variáveis relacionadas à qualidade da água dos rios. De acordo com Almeida (2008), águas pretas possuem baixos níveis de condutividade elétrica naturalmente. Contudo, o maior valor de condutividade encontrado (ponto 4) foi significativo, pois apresentou-se muito superior ao descrito Almeida (2008) e possivelmente apresenta influência de efluentes domésticos e decomposição de matéria orgânica, bem como concentração de nutrientes na água, característica desse ponto que se encontra

no Igarapé Cantonicha. Os efluentes domésticos têm grande influência na concentração de nutrientes na água, pois os casos de eutrofização de ecossistemas aquáticos podem ser mais frequentes em ambientes que possuem ação antrópica de efluentes domésticos (ESTEVES, 2011). Nesse ponto foi encontrado significativa presença de macrófitas aquáticas, que pode estar relacionada a influência de efluentes domésticos na água.

### **Legislação e variáveis limnológicas**

Os usos da água da bacia hidrográfica se enquadram em usos múltiplos, pois em campo foi verificado usos de contato primário e secundário conforme a resolução. Perante essa, define-se como contato primário aquele que ocorre quando existe elevada possibilidade do usuário de ingerir água (escovar os dentes, tomar banho, natação, dessentação animal). Enquanto os usos de contato secundário ocorrem quando a possibilidade de ingerir água é pequena, esporádica ou acidental (pescar, lavar louça/roupa, irrigação e navegação). Para assegurar que os usos promovidos estejam adequados aos padrões permitidos, e de acordo com a classificação das águas e considerando condições e padrões específicos visam à defesa de seus níveis de qualidade da água *in natura*. Nessa pesquisa as seguintes variáveis estão contempladas na legislação e conforme os dados verificados nos trabalhos de campo, as águas da bacia adequam-se as seguintes classes e seus usos (tabela 1).

O oxigênio dissolvido obteve valores que, enquadram-se nas classes I, II e III. segundo a variável pH, as águas estão inapropriadas para os variados usos, com exceção do ponto 1, que se encontra na foz da bacia, adequando-se a todas as classes. Conforme a turbidez, os pontos amostrados ficaram dentro dos padrões para todas as classes. Destaque para os pontos que apresentaram valores de 0 NTU, ou seja, os menores valores e adequando-se a todas as classes da legislação para essa variável. Em relação a condutividade elétrica os valores foram consideravelmente baixos. Contudo, foram menores que 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , logo enquadram-se em todas as classes. É importante mencionar, que os valores de condutividade elétrica na bacia se apresentaram de acordo com os obtidos em águas pretas nessa planície de inundação por Almeida (2008).

**Tabela 1** – Enquadramento dos usos na seca.

<b>Variáveis</b>	<b>Classes</b>				
	<b>Especial</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
Oxigênio dissolvido	N. A.	Pontos 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19 e 23.	Pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 14, 20, 21 e 22.	Pontos 24, 25 e 26	N. A.
pH	Ponto 1	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Turbidez	Pontos 19, 20, 21, 23 e 25.	Pontos 13, 14, 15, 22 e 24.	Pontos 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18 e 26	Pontos 1, 6, 7 e 8.	Pontos 2, 3, 4 e 5.
Condutividade elétrica	T. A	-	-	-	-
Sólidos totais dissolvidos	T. A	-	-	-	-

N. A. = Nenhuma amostragem; T. A. Todas as amostragens.

\*Resolução Nº. 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

**Fonte:** Pesquisa de campo. **Elaboração:** Autores, 2022.

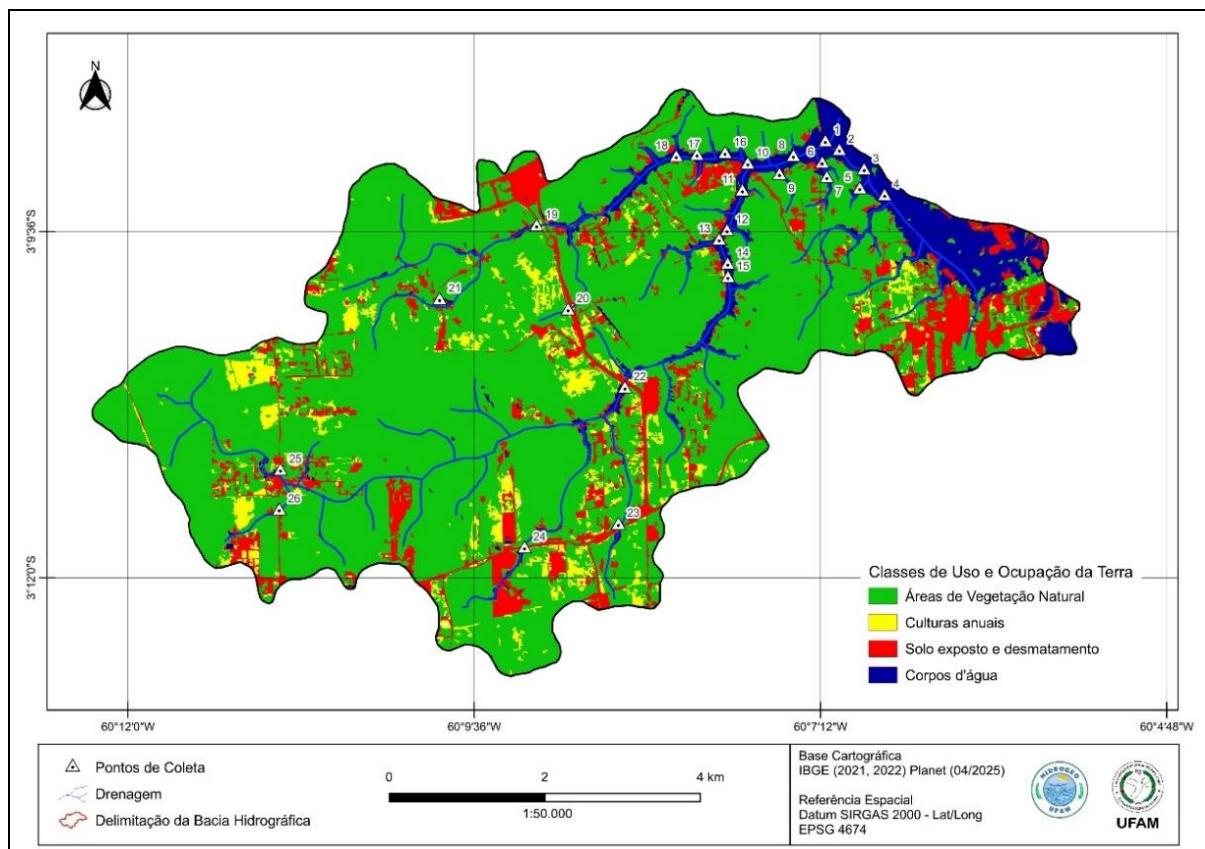
Os sólidos totais dissolvidos, assim como a condutividade elétrica, apresentaram baixos, entretanto, perante a legislação valores abaixo de 100 mg/L, enquadraram-se satisfatoriamente em todas as classes. Portanto, as variáveis turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos permitem usos de contato primário e secundário, o pH contempla apenas valores dentro dos parâmetros para águas pretas, que segundo a legislação vigente não estão em acordo com os padrões estipulados. Ao passo que, o oxigênio dissolvido apresentou valores relativamente altos ( $>6,5$  mg/L), adequando-se as classes I, II e III, permitindo usos como a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo.

### **Relação usos da terra com os parâmetros de qualidade da água**

A bacia hidrográfica passou por significativas mudanças ao longo das últimas décadas, principalmente nas formas de usos da terra dentro dos limites da bacia (figura 12). De acordo com Sousa (2015), as transformações socioespaciais na Região Metropolitana de Manaus (RMM) decorre da reorganização do espaço urbano-regional, desenvolvida a partir da constituição da região metropolitana e da construção da ponte Rio Negro, colocando os municípios dessa região como principal opção para expansão da mancha urbana da capital.

A bacia hidrográfica do Igarapé Cacau Pirêra possui uma área de 4.563 hectares, com sua foz na margem direita do rio Negro, próximo à Ponte Rio Negro, acompanhando pouco mais de 12 km da Rodovia Manuel Urbano (AM-070). Quanto ao uso da terra ao longo da bacia, 3.407 hectares (74,66%) correspondem a áreas de vegetação natural (vegetação). Segundo o sistema de classificação adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as áreas de vegetação natural compreendem um conjunto de estruturas campestres e florestais (formações arbóreas com porte superior a 5 m). Essa classe contempla desde florestas e campos originais

(primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios de desenvolvimento (IBGE, 2013).



**Figura 12** – Mapa de uso da terra na bacia. **Fonte:** Autores, 2025.

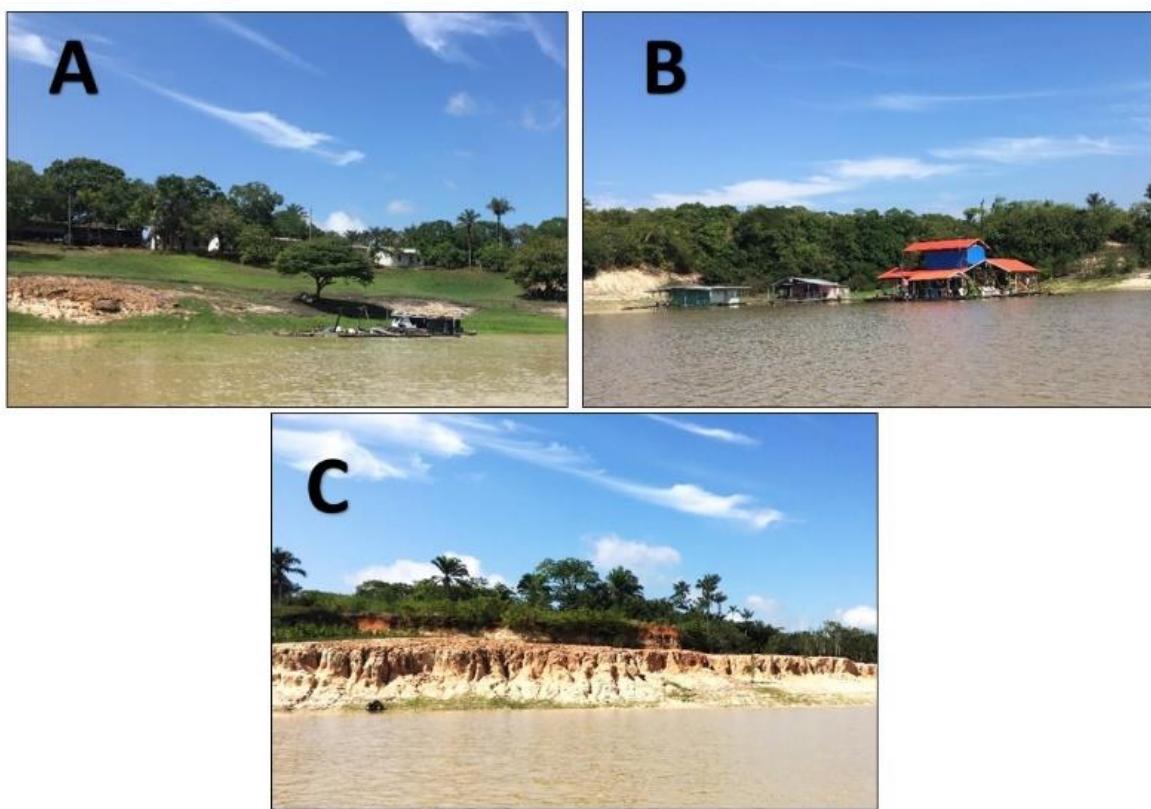
As áreas antrópicas não agrícolas correspondem a 555 hectares (12%), essa classe encontra-se associada a todos os tipos de uso da terra de natureza não agrícola, ou seja, áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral. As áreas urbanas, por serem de diversas formas, compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas (IBGE, 2013). Na bacia, as áreas antrópicas não agrícolas correspondem as áreas de desmatamento, solo exposto, desmatamento e espaço urbano. Os corpos d'água da bacia correspondem a 348 hectares (7,64%), dispostos nos diversos cursos d'água que convergem para um dos principais rios da bacia amazônica, o rio Negro. Nessa classe incluem-se todas as classes de águas interiores, como cursos de água e canais, tais como rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares, corpos d'água naturalmente fechados, ou seja, lênticos, como os lagos e reservatórios artificiais, além das lagoas costeiras ou lagunas, estuários e baías (IBGE, 2013).

A classe de uso de menor expressão na bacia são as áreas antrópicas agrícolas, cerca de 250 hectares (5,54%) relaciona-se com as terras agrícolas, que podem ser definidas como áreas utilizadas para a produção de alimentos, incluindo todas as terras cultivadas, ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas, ou seja, as várzeas amazônicas, bem como,

constituir-se em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de grandes monoculturas.

As formas de uso da terra são significativamente influenciadas pela sazonalidade da planície de inundação, visto que, ocorre notável aumento da extensão das margens em virtude do menor volume de água. Na foz da bacia, Igarapé do Cacau Pirêra, e nos pontos 1, 2 e 3 observou-se presença de mata ciliar e ocupação antrópica em pequena escala, destaque para a foz bacia (ponto 1) e ponto 2, ambos com presença de moradias (figura 13 A e B). As áreas de vegetação nas margens foram arbóreas densas, com presença de erosão nas margens (figura 13C).

Esse processo, possivelmente decorrente da drenagem ocorrida, que conforme Guerra e Jorge (2013), é um processo natural que pode ser intensificado pela retirada da cobertura vegetal. Contudo, as variáveis limnológicas, nesse período, apresentaram significativas mudanças. A transparência da água na foz ficou dentro do esperado para águas pretas. Enquanto nos demais, foi inferior ao estabelecido para águas preta, segundo Sioli (1985) e para águas mais turbinadas, de acordo com Brito (2006). Ao passo que, no ponto 3, os valores ficaram dentro do estipulado para águas brancas, de acordo com Muntz (1978).



**Figura 13** – (A) – Moradias no Igarapé Cantonicha. (B) Flutuantes na foz da bacia. (C) Erosão nas margens do Igarapé Cantonicha.  
Organização: Autores (2022).

Além disso, a coloração da água, possivelmente, sofreu influência dos processos erosivos nas margens, visto que, apresentou cor branca. Essa coloração não condiz com as águas do rio Negro, principal curso d'água que influência a bacia. É importante mencionar, nas águas pretas o principal fator que restringe a transparência são as concentrações de substâncias húmicas (material orgânico), e nas águas brancas a visibilidade depende do grau de decantação das partículas em suspensão da massa de água (BRITO, 2006).

A profundidade da bacia sofre notável redução na seca, esse fenômeno se justifica ao observar a foz da bacia, que no período de cheia liga-se ao rio Negro por extenso canal, e na seca essa conexão sofre significativa redução, conforme figura 14 A e B. De acordo com Guerra e Jorge (2013) e Esteves (2011), áreas de solo exposto, possuem maior facilidade de drenagem superficial nas margens, tornando os cursos d'água cheio de sedimentos, o que pode acarretar o acúmulo de sedimentos na água. E hipoteticamente, explicar a mudança na coloração da água, conforme afirma Brito (2006), ao enfatizar que o alto grau de sedimentação diminui significativamente a transparência da água deixando-a mais turbida.

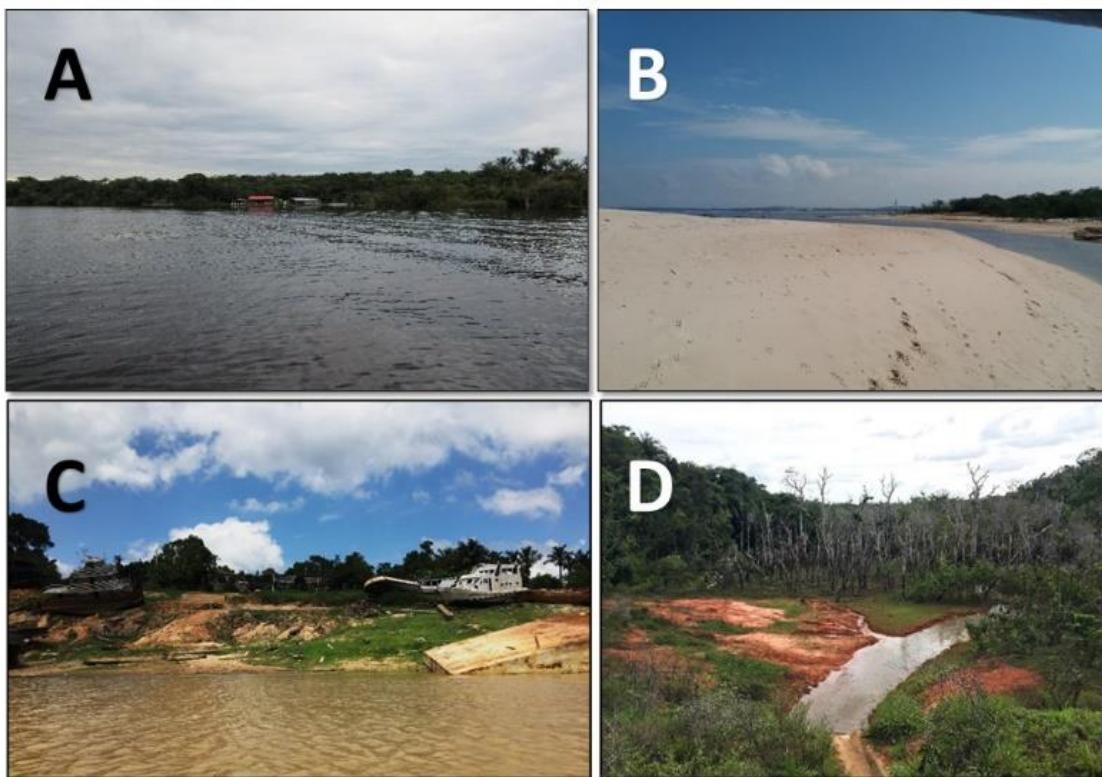
A turbidez, na foz da bacia foi relativamente alta, adequando-se a usos das classes III e IV, permitindo para essa variável recreação de contato secundário. Nos demais pontos, os valores foram significativamente menores, enquadrando-se apenas na classe IV, concedendo assim, os usos de navegação e harmonia paisagística. O pH na foz ficou dentro dos parâmetros da legislação e adequando-se a todas as classes. Nos demais pontos amostrados na bacia registraram valores inferiores a 6 e ficaram em desacordo com o estabelecido pela legislação. O oxigênio dissolvido foi relativamente alto enquadrando-se nas classes II, III e IV. Em contrapartida, a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos apresentaram-se baixos, entretanto, permitindo usos diversos.

No que concerne a qualidade da água, a transparência apresentou-se em desacordo com os parâmetros para águas pretas e águas turbinadas da planície de inundação, contudo, ficou dentro do esperado para águas brancas. De acordo com a turbidez, são permitidos usos de todas as classes, entretanto, o maior valor amostrado foi significativamente alto demonstrando grande disparidade entre as mesmas que oscilaram de 0 a 161 NTU. O pH obteve valor fora dos padrões para os todos os tipos de água. Ao passo que, o oxigênio dissolvido admite usos das classes II, III e IV. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos possibilitam usos múltiplos, pois, apresentaram valores significativamente baixos, segundo a legislação.

Os pontos 8 e 9 apresentam ao longo da margem direita áreas desmatadas com a presença de moradias. Em ambas as margens é possível observar vegetação de característica arbórea, nesse último devido a maior densidade de moradias existe a presença de gramíneas, vegetação arbustiva e arbórea esparsa. Nos pontos 10, 11 e 12 ocorre a presença de área antrópica agrícola e significativo

número de habitações, em maior escala na confluência, que também apresenta uma expressiva faixa de solo exposto. Nos pontos 13, 14 e 15, percebe-se uma extensa faixa de áreas agrícolas não antrópicas na margem esquerda, com presença de desmatamento, solo exposto e significativo número de moradias, nos dois últimos pontos. Além disso, a apropriação das margens nessa área possui também outras finalidades, como a portuária. Essa característica foi observada a partir da presença de várias embarcações na margem esquerda, algumas em pleno uso e outras abandonadas (figura 14C). As áreas de vegetação variaram de gramíneas a arbórea esparsa na margem mais utilizada, ao passo que, na margem esquerda ocorre longas extensões de vegetação arbórea densa.

Nos pontos 16, 17 e 18, observa-se uma longa faixa de solo exposto na margem direita. Essa área antrópica não agrícola intercala por fragmentos florestais abriga moradias e extensas propriedades rurais, fato esse que explica as longas áreas antrópicas agrícolas. Na margem esquerda verifica-se apenas pequenas faixas de áreas antrópicas não agrícolas e uma longa faixa de vegetação arbórea densa, ao passo que, na margem direita a vegetação varia de arbustiva a arbórea esparsa. Nos pontos 19 e 20 verificou-se áreas de desmatamento e solo exposto nas margens da estrada observou-se também a presença de áreas agrícolas. A cobertura vegetal oscilou de gramíneas a arbórea esparsa. As amostras nos pontos 21 e 22 apresentaram, nesse primeiro, faixas esparsas de áreas antrópicas agrícolas, isso é explicado pelo fato dessa amostragem ocorrer na colônia do Abe, de significativas propriedades rurais. Além disso, é notado a presença de muitas habitações no entorno e faixas espalhadas de solo exposto. Ainda assim, a cobertura vegetal apresentou característica arbórea. No segundo, que se encontra próximo a um conjunto habitacional e na margem da estrada da cidade universitária, verificou-se a presença de áreas agrícolas no entorno. A vegetação apresentou variação de gramíneas a arbórea densa e a presença de paliteiros no leito maior (figura 14D), ou seja, árvores mortas que não possuem adaptações necessárias para sobreviver a inundações de vários anos consecutivos devido aos distúrbios do regime hidrológico.



**Figura 14** – (A) Foz da bacia na cheia. (B) Foz da bacia na seca. (C) Embarcações na margem do ponto 14. (D) Vegetação na margem do ponto 22.  
Organização: Autores (2022).

Nos pontos 23 e 24, respectivamente, localizados na rodovia Manuel Urbano (AM-070), observou-se longas faixas de áreas antrópicas não agrícolas, desmatamento, solo exposto e habitações. Além disso, o ponto 24 está situado próximo a dois condomínios habitacionais, enquanto o ponto 23 localiza-se perto de uma área com grande densidade de habitações e empreendimento comerciais (cerâmica), em ambos ocorre canalização. A cobertura vegetal oscilou de gramíneas a arbórea densa. Nas últimas amostragens desse período, pontos 25 e 26, situados na comunidade São Sebastião, foi observado a atividade de balneabilidade, assim como no período hidrológico anterior. Essa região é uma área de grande densidade de moradias e com faixas esparsas de áreas agrícolas e de solo exposto. Além disso, a região é cortada por um importante ramal que interliga várias propriedades rurais da bacia. A cobertura vegetal apresentou característica arbórea em ambas as margens.

## Conclusão

A determinação dos parâmetros de qualidade água permitiu observar a influência dos usos da terra nas características limnológicas da bacia. As variáveis turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos revelaram médias altas. É importante enfatizar,

que a coloração da água nesse período revelou grande influência de sedimentos. Essa ocorrência pode estar relacionada a baixa circulação das águas devido ao menor nível das águas, bem como, ao aumento de processos erosivos nas margens decorrentes da significativa alteração no equilíbrio hidrodinâmico da bacia na seca. Perante a legislação, os dados limnológicos revelaram que a condutividade e os sólidos totais dissolvidos ficaram dentro dos parâmetros para a classe especial, essa que permite todos os usos da legislação. Além disso, os valores de oxigênio dissolvido se mostraram elevados. Contudo, para que o recurso hídrico de fato permita usos múltiplos se faz necessário que todas as variáveis dispostas da legislação estejam dentro dos parâmetros estipulados.

A cobertura vegetal oscilou de gramíneas a arbustiva, e de arbórea esparsa a densa. Em relação as áreas antrópicas não agrícolas destacam-se o elevado número de conjuntos habitacionais e moradias nas, reflexo da crescente especulação imobiliária. Em relação a influência dos usos na qualidade da água, foi observado que os valores diferem dos estipulados na literatura nos pontos que se encontra próximos as áreas agrícolas não antrópicas, ou seja, com maior densidade de habitações e malha urbana. As áreas antrópicas agrícolas apresentaram-se em menor proporção, concentradas em maior número na região sul da bacia. Com base nos parâmetros de qualidade da água a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos enquadram o recurso hídrico para contato primário e secundário. No entanto, o pH, exceto na foz, permitiu apenas o uso de navegação. Considerando que de acordo com alguns dos parâmetros amostrados se enquadram a classe especial, ainda assim, é imprópria ao consumo humano visto que, para tal uso se faz necessário atingir todos os critérios necessários a esse uso.

Portanto, diante o resultado desta pesquisa é necessário tecer algumas recomendações para:

- 1) A população local: é importante que os moradores não utilizem a água *in natura* da bacia para o consumo humano e contato primário. Entretanto esse recurso poderá ser utilizado para os usos de contato secundário.
- 2) Trabalhos posteriores: é importante que seja realizado estudos futuros que considerem os requisitos estipulados pela legislação para as análises de todas as variáveis limnológicas disposta na resolução (Nº 357/2005). Assim como, realizar amostragens nos quatro períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante) para verificar as possíveis modificações causadas na qualidade da água devido à sazonalidade da planície de inundação.

## Agradecimentos

À PROPESP - Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM. À FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas), pela

concessão da bolsa de doutorado e produtividade. Ao PROFÁGUA - Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos- UEA.

## Referências

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -. **NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquido e corpos receptores – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>. Acesso em: 22 de jun. de 2014.

ALMEIDA, F. F. **Fitoplâncton de um lago de inundação amazônico (lago catalão, Amazonas-Brasil): estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais.** 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2008.

BECKER, Bertha K. **Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?** Parcerias estratégicas, v. 6, n. 12, p. 135-159, 2010.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 303-308, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** 2005. 27 p. 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 21 abr. 2017.

BRITO, J. G de. **Influência do pulso de inundação sobre variáveis limnológicas de um lago de várzea da Amazônia Central, lago Catalão.** 2006. 191 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2006.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, Fernando F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuva intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 501-504, 2003.

CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB;** Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf> Acesso em: 15 jan. 2018.

DE MELLO, K., TANIWAKI, R. H., DE PAULA, F. R., VALENTE, R. A., RANDHIR, T. O., MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of environmental Management*, 270. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720308094?via%3Dihub>. Acesso em: 30 set. 2025.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Processos erosivos de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 192 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. 4 ed. Revista – São Paulo: Cortez, 2007. 239 p.

LEITE, R. G.; SILVA, J. V. V. da; FREITAS, C. E. Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 4, p. 557-562, 2006.

LELIS, Leandro Reginaldo Maximino; PINTO, André Luiz. Qualidade das águas superficiais da lagoa maior de três lagoas - MS. In: BENINI, S. M.; DIAS, L. S.; BENINI, E. M. (Org.). **Avaliações Ambientais em Bacias Hidrográficas**. Tupã: ANAP, 2014. Cap. 5. p. 93-108.

LIMA, Jeferson Alberto de; RODRIGUES, Marcus Vinícius; ANTÔNIO, Marco Antônio Peixer Miguel de.; JANZEN, Johannes Géson; MARCHESSA, Margarida Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Eng Sanit Ambient**, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente e Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 121-136, 2003.

MELO, Emanuele Gurgel Freitas; SILVA, Maria Socorro Rocha da; MIRANDA, Sebastião Atila Fonseca. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos de Geografia**, v. 5, n. 16, p. 40-47, 2005.

MUNTZ, W. R. A. A penetração de luz nas águas de rios amazônicos. **Acta Amazônica**, v. 8, n. 4, p. 613-619, 1978.

PINTO, André Luiz; JOSÉ, Clóvis. Implicações das Condições de Saneamento Básico na Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Anastácio-MS. **PANTANEIRA**, v. 1, n. 2, p. 37-43, 1999.

PORTO DE MANAUS. **Nível hoje**. Disponível em:

<http://www.portodemanaus.com.br/?pagina=nivel-do-rio-negro-hoje>. Acesso em 12 de dez. 2018.

SIOLI, H. **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes, 1985. 72 p.

SOUSA, Isaquê dos Santos. **A ponte Rio Negro e reestruturação do espaço na Região Metropolitana de Manaus: um olhar a partir de Iranduba e Manacapuru**. 22 ed. Manaus: Editora Reggo/UEA Edições, 2015. 176 p.

STRASKRABA, Milan; TUNDISI, José Galizia. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 300 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

ZANIN, P. R., CAVALCANTE, R. B. L., FLEISCHMANN, A. S., PERES, C. A., FERREIRA, D. M., DE OLIVEIRA SERRÃO, E. A., & PONTES, P. R. M. (2024). Do protected areas enhance surface water quality across the Brazilian Amazon?. *Journal for Nature Conservation*, 81.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S161713812400133X?via%3Dihub#s0070>.

Acesso em: 30 set. 2025.