



RELATÓRIO TÉCNICO

N. ° 001/2023

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA NA
BACIA DO TARUMÃ AÇU A PARTIR DO ÍNDICE
DE QUALIDADE DE ÁGUAS - IQA**

Solicitante:

**Sr. Juliano Valente
Diretor Presidente do IPAAM**

**Analista Responsável: Sergio Duvoisin Junior
CRQ: 14101990**



1. Introdução

A bacia hidrográfica do Tarumã-Açu está localizada nas zonas norte e oeste, a aproximadamente 20 km do centro urbano na cidade de Manaus, Amazonas. Possui uma área de drenagem de 1353,271 km², o que a classifica como uma bacia de tamanho grande. Seu perímetro é de 229,122 km, com um índice de circularidade de 0,32, e é classificada como uma bacia de 5ª ordem em relação ao córrego de suas águas. A bacia apresenta uma declividade média de 1,84, com altitudes máxima e mínima de 154 m e 2 m, respectivamente, e uma amplitude altimétrica de 152 m.

A principal corrente hídrica da bacia é o rio Tarumã-Açu, que possui vários afluentes, incluindo os igarapés do Acará, da Bolívia, Argola, Cabeça Branca, do Branquinho, do Caniço, do Gigante, do Leão, do Mariano, Matrinxã, do Panermão, do Santo Antônio, do São José, do Tiú e o rio Tarumã-Mirim.

Embora a bacia apresente interferência urbana significativa ao longo de seu percurso, com a presença de flutuantes, marinas, aterro sanitário municipal, moradias indevidas e condomínios, resultando em drenagem inadequada de águas e descarte inadequado de resíduos, causando a degradação dos rios e igarapés, há ainda algumas áreas naturais preservadas, como zonas de vegetação.

Em 19 de outubro de 2009, o Governo do Estado do Amazonas estabeleceu a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (CBH-Tarumã) por meio do decreto 29.249, com o objetivo de controlar os impactos ambientais e auxiliar no licenciamento ambiental na gestão dos recursos hídricos pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA). No



entanto, o comitê foi desativado logo em seguida, e só foi reativado em novembro de 2016, com uma nova diretoria para a gestão dos recursos.

O rio Tarumã-Açu é um rio de água corrente com coloração marrom escuro. Possui uma extensão de aproximadamente 37,612 km, tendo sua nascente no km 40 da BR-174 (Manaus - Boa Vista), no estado do Amazonas, Brasil. Ele percorre as regiões norte e oeste da cidade de Manaus, sendo que seu trecho inferior marca o limite ocidental da área urbana e deságua no lado esquerdo do rio Negro. O rio possui um leito arenoso e apresenta uma mata ciliar bem preservada.

O monitoramento da Bacia do Tarumã Açu, pelo grupo de pesquisa “Química Aplicada à Tecnologia”, iniciou no ano de 2021, com a aluna de mestrado Thaís Santiago do Amaral, com oito pontos equidistantes entre si. Os meses de coleta neste primeiro monitoramento foram outubro, novembro e dezembro de 2021, sendo que este trabalho de mestrado se estendeu até março de 2022. De todo o seu trabalho, foi possível nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2021 ser calculado o Índice de Qualidade de Água – IQA desses pontos amostrados.

Entre os anos de 2021 e 2023, especificamente nos meses de novembro/21, março, junho e dezembro/22, e ainda março/23 também foram realizadas amostragens na bacia do TA em quatro pontos, em localidades diferentes ao já mencionado, que compunham o projeto “Implementação da Rede de Monitoramento Qualitativo e Quantitativo do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas – PERH/AM Fase 1: Manaus”.

E entre os anos de 2022 e 2023, especificamente, nos meses de agosto/22 e fevereiro e maio/23 foram realizadas amostragens na bacia do Tarumã Açu em 15 (quinze) pontos equidistantes entre si, e diferentes em relação aos dois trabalhos já mencionados. Estes 15 (quinze) pontos marcam



o início do monitoramento regular do Tarumã Açu não só com os 09 (nove) parâmetros que fazem parte do Índice de Qualidade de Águas – IQA, mas com 60 parâmetros de monitoramento, incluindo parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais.

De 2021 a 2023 até o momento, vinte e sete pontos distribuídos por toda a bacia do Tarumã Açu têm sido amostrados para análises físicas, químicas, biológicas e metais. Estas análises realizadas vêm fazendo parte da construção do banco de dados que o GP-QAT a respeito das principais bacias que banham a cidade de Manaus, entre todos estes dados analisados estão os parâmetros que compõe o IQA, quais sejam: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fosforo total, temperatura (diferencial – temperatura do ar subtrai temperatura da água), turbidez e sólidos totais.

As coordenadas de cada ponto de coleta de todos os projetos mencionados neste relatório técnico estão abaixo relacionadas na tabela 1, notar que a letra que vem após a numeração de cada ponto remete ao projeto que o ponto faz parte, ou seja, os pontos com a letra “M” são do projeto de mestrado mencionado, os pontos com a letra “P” são do projeto PRO ESTADO (FAPEAM) e os pontos com a letra “B” são do projeto do barco de pesquisa financiado pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM.

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas dos vinte e sete pontos amostrados na Bacia do Tarumã-Açu entre os anos de 2021 e 2023.

PONTOS	Referência Geográfica	
1M	3°02'59" S	60°06'59" W
2M	3°02'36" S	60°06'49" W
3M	2°58'55" S	60°04'33" W
4M	2°58'55" S	60°06'21" W
5M	2°57'13" S	60°04'51" W



6M	2°56'05" S	60°06'19" W
7M	2°53'53" S	60°04'46" W
8M	2°53'10" S	60°05'48" W
9P	3°00'49.6"S	60°05'36.8"W
10P	3°00'35.8"S	60°04'56.9"W
11P	2°59'56.7"S	60°04'55.1"W
12P	2°59'26.6"S	60°06'17.8"W
13B	3°04'43.7"S	59°77'71.0"W
14B	3°04'32.5"S	59°78'72.8"W
15B	3°04'27.0"S	59°79'81.3"W
16B	3°04'52.7"S	59°81'24.2"W
17B	3°04'71.1"S	59°82'42.7"W
18B	3°05'21.7"S	59°83'61.1"W
19B	3°05'14.4"S	59°84'62.4"W
20B	3°03'89.3"S	59°81'80.0"W
21B	3°02'84.3"S	59°82'06.2"W
22B	3°01'66.0"S	59°82'21.2"W
23B	3°00'16.8"S	59°82'41.0"W
24B	2°98'63.4"S	59°83'09.2"W
25B	3°03'36.1"S	59°80'75.3"W
26B	3°01'87.0"S	59°79'70.2"W
27B	3°02'79.6"S	59°78'85.6"W

Para uma melhor visualização destes pontos na bacia do Tarumã Açú está apresentado, nas figuras 1 e 2, os mapas de distribuição dos mesmos pela bacia monitorada.

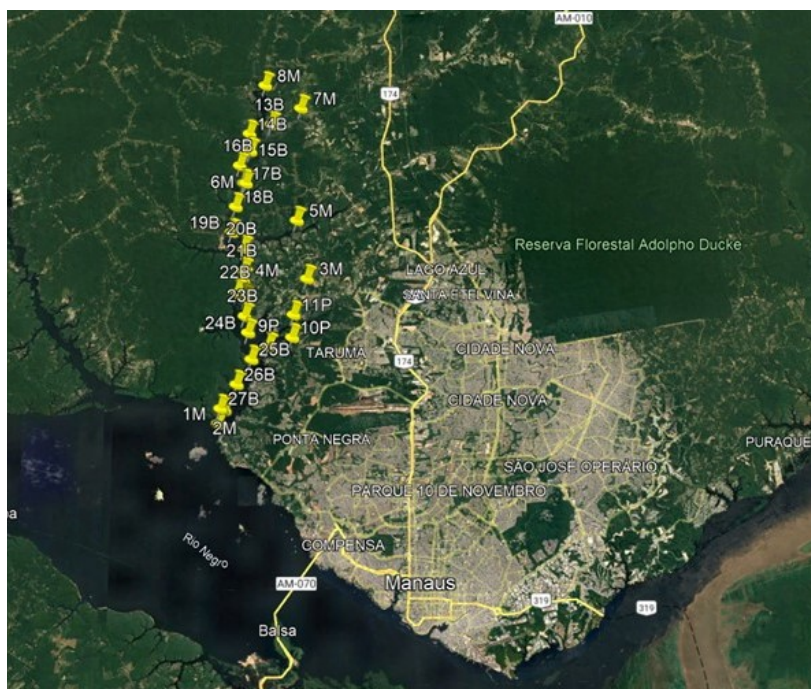


Figura 1 – Distribuição dos pontos monitorados da bacia do Tarumã Açu tendo como referência a cidade de Manaus.

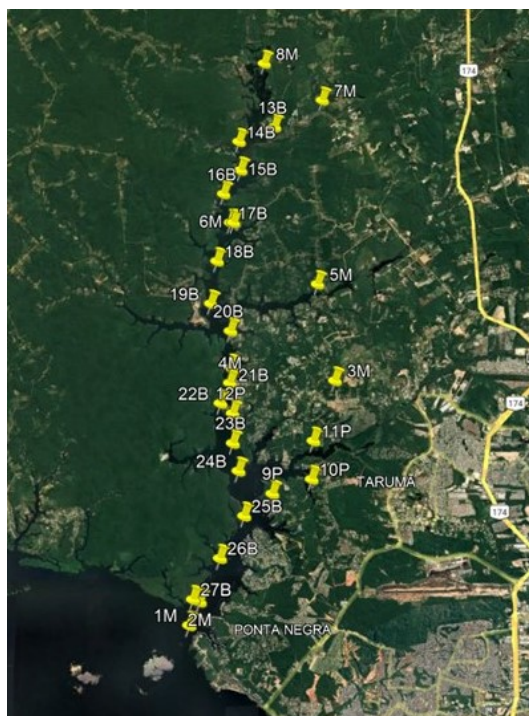


Figura 2 – Zoom da região de monitoramento com a localização dos pontos monitorados desde 2021.



Este relatório técnico irá se deter apenas nos parâmetros que fazem parte do Índice de Qualidade de Águas – IQA, amplamente utilizado no Brasil para determinar a qualidade água bruta de um corpo hídrico, entretanto, aproveita-se esta oportunidade para divulgar que existem muitos outros parâmetros de qualidade que são avaliados pelo GP-QAT, e que estão a disposição para consulta na nossa página virtual, www.gp-qat.com, com acesso público destas informações.



2. Índice de Qualidade de Águas – IQA:

O Índice de Qualidade das Águas - IQA foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation, sendo os métodos de análise descritos pela American Public Health Association - APHA. A partir de 1975 o IQA começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no País.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Tabela 2). A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (JUCHEM, 1992, CUNHA, 2000, CHRISTOFOLETTI, 1999).

Tabela 2 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivos pesos.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL ⁻¹)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg L ⁻¹)	0,10

Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	0,10
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	0,08

Fonte: ANA, 2020.

Além de seu peso (w), cada parâmetro utilizado para o cálculo do IQA possui um valor de qualidade (q), obtido a partir do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (Figura 3).

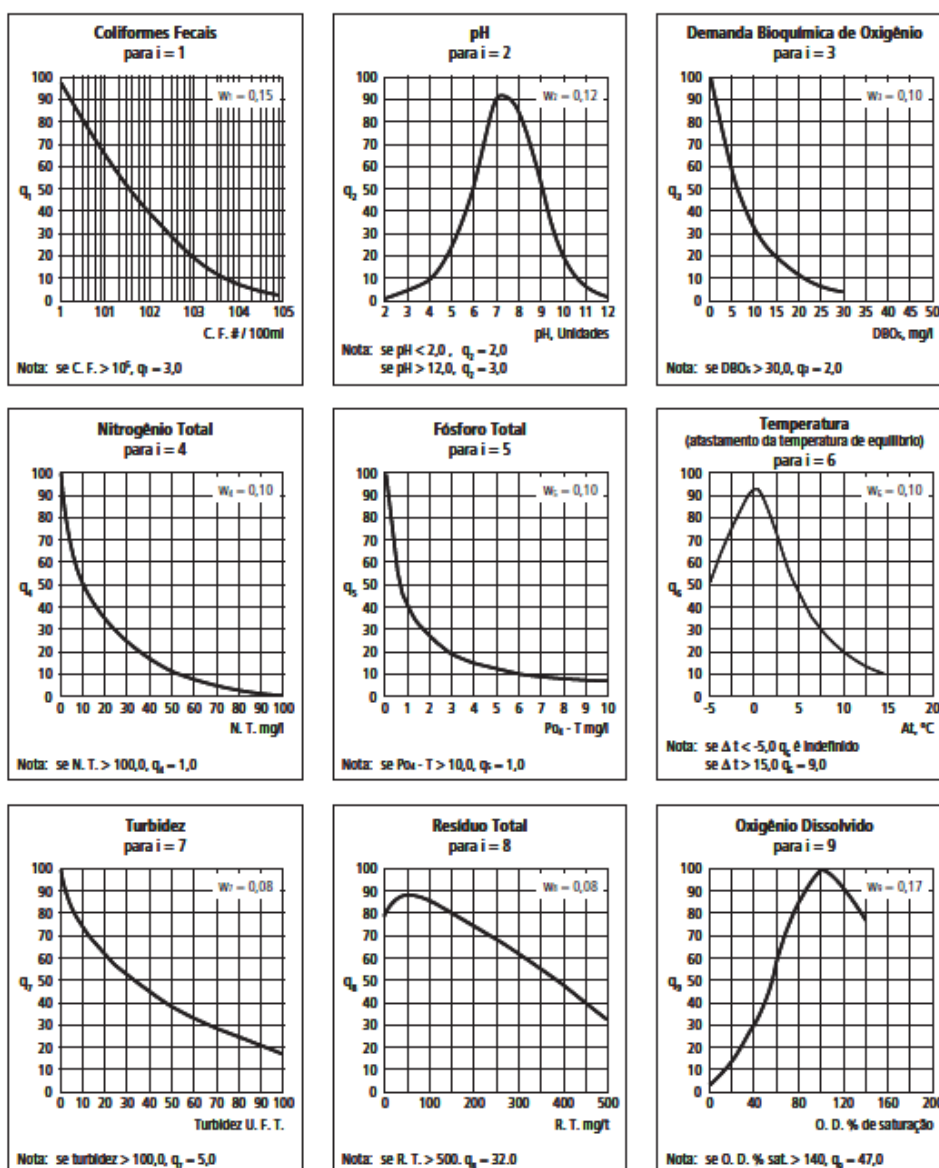




Figura 3 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA (Fonte: ANA, 2020).

O cálculo do IQA é realizado por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros de qualidade da água, segundo a seguinte fórmula:

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

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

sendo “ n ” o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros (Tabela 3).

Tabela 3 – Avaliação da qualidade das águas a partir do IQA.

VALOR DO IQA Estados: AP, MG, PR e RS	VALOR DO IQA Estados: BA, GO, ES, MS e SP	VALOR DO IQA AMAZONAS	QUALIDADE DA ÁGUA	COR
91 - 100	80 - 100	NÃO POSSUI	Ótimo	
71 - 90	52 - 79		Boa	
51 - 70	37 - 51		Aceitável	
26 - 50	20 - 36		Ruim	
0 - 25	0 - 19		Péssima	



3. Descrição dos Parâmetros do IQA:

3.1. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos, como os peixes, por exemplo, precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg.L^{-1} (MACKERETH, 1978; GOLTERMAN, 1978; RODIER, 1975), exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro, como no caso dos igarapés que fazem parte do presente estudo, devido à alta concentração de material orgânico oriundo da decomposição da floresta.

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg.L^{-1} (GUERRA, 2005), situação esta conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes.

Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas por meio de processos físicos que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais é proporcional à velocidade do corpo d'água, sendo que a taxa de



reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio em velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, com a velocidade normalmente baixa (DREW, 2005; LENCASTRE, 1984).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos dos resíduos oxidáveis sobre as águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade que um corpo d'água natural possui em manter a vida aquática.

3.2. Coliformes Termotolerantes

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas (não causam doenças), mas sua presença em grande número indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: disenteria bacilar, febre tifoide e cólera).

3.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6,0 e 9,0. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.



3.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia e transformá-la em uma forma inorgânica estável. A DBO₅ é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C.

Valores altos de DBO₅, num corpo d'água são provocados geralmente pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. No caso dos igarapés estudados, um alto índice de DBO₅ pode estar relacionado à grande carga de matéria orgânica em decomposição proveniente da própria floresta. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

3.5. Temperatura da Água

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoeletricas.



A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, influenciando uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

3.6. Nitrogênio Total

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causam uma doença chamada meta-hemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.

Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que



receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas.

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico também é feita pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas causa aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

3.7. Fósforo Total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro nutrientes por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processos biológicos. Ainda por ser nutriente em processos biológicos, o excesso de fósforo em corpos hídricos conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes fosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros.

O fósforo pode se apresentar nas águas de três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como as de um detergente, por exemplo. Os orto-fosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais



inorgânicos nas águas, e os poli fosfatos são polímeros de orto-fosfato. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade de águas, isto porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.

3.8. Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

A Alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disto, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um corpo hídrico.



3.9. Sólidos Totais

Os sólidos totais são os resíduos que permanecem após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo sob uma certa temperatura. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Os métodos para a determinação de sólidos são gravimétricos, isto é, utilizam-se balanças analíticas no procedimento.

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água, podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes.



4. Metodologia do Estudo:

4.1. Metodologia de Coleta

Em todas as coletas realizadas em todos os projetos de pesquisa envolvidos em monitoramento de qualidade de recursos hídricos foram respeitadas as recomendações contidas no **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**, publicado pela Agência Nacional de Águas – ANA e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2011.

4.2. Metodologia de Análise

Foram analisados os 09 (nove) parâmetros descritos anteriormente nos 27 (vinte e sete) pontos de coleta de água obtidos na bacia do Tarumã Açu. As metodologias empregadas nas análises, realizadas nos laboratórios da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas e no barco de pesquisa Roberto dos Santos Vieira, seguiram as práticas recomendadas pelo **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** da APHA/AWWA.

As análises realizadas fazem parte do Índice de Qualidade de Águas – IQA, utilizado amplamente no País para a caracterização da qualidade dos mananciais. Ao todo foram realizadas análises de nove parâmetros para compor o IQA ora proposto.

As medidas de oxigênio dissolvido foram realizadas com equipamento da marca Hanna, modelo HI-9146; as medidas de potencial hidrogeniônico e temperatura foram realizadas com equipamento da marca



Hanna, modelo HI-98180; as medidas de turbidez foram realizadas com equipamento da marca Hanna, modelo HI-98703. Todas estas medidas foram realizadas, em campo, por técnicos do laboratório de Química Aplicada à Tecnologia da EST/UEA. As demais análises que completam os parâmetros do IQA, quais sejam: sólidos totais, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e nitrogênio total foram realizadas em amostras coletadas nos pontos monitorados, nos laboratórios do grupo de pesquisa na Escola Superior de Tecnologia - EST/UEA, ou nos laboratórios do barco de pesquisa Roberto do Santos Vieira.

As metodologias empregadas para determinação de potencial hidrogeniônico, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes foram adaptadas do SMWW/APHA, e estão reunidas no quadro abaixo.

Análise Realizada	Metodologia Empregada
Coliformes Termotolerantes	SMWW – 9223 B
Demanda Bioquímica de Oxigênio	SMWW – 5210 D
Nitrogênio Total	SMWW – 4500–NH ₃ SMWW – 4500–N _{org}
Fósforo Total	SMWW – 4500–P
Sólidos Totais	SMWW – 2540 B
Potencial Hidrogeniônico	SMWW – 4500–H ⁺
Turbidez	SMWW – 2130 B
Temperatura	SMWW – 2550–Temperature
Oxigênio Dissolvido	SMWW – 4500–O



5. Resultados Obtidos:

5.1. Coliformes Termotolerantes

A bactéria *Escherichia coli* é a principal representante do grupo coliforme, microrganismos que conseguem fermentar a lactose entre 44 e 45°C. Existem outras bactérias que podem ser identificadas pela sua capacidade de fermentação da lactose, entre elas estão as dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Entretanto, apenas a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal.

A *E. coli* está sempre presente e em quantidades elevadas nas fezes de mamíferos e aves, sendo, raramente, encontrada em águas que não tenham tido contato com tais dejetos. Os demais gêneros de bactérias citados acima podem ser identificados em águas contendo altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais ou regiões onde encontra-se material vegetal ou solo em processos de decomposição.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas de coliformes termotolerantes que podem estar presentes estão elencadas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA	Limite
Classe Especial	200 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.
Classe 1	Para recreação de contato primário:



	<p>2000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p> <p>Para demais usos:</p> <p>200 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p>
Classe 2	<p>Para recreação de contato primário:</p> <p>2000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p> <p>Para demais usos:</p> <p>1000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p>
Classe 3	<p>Para recreação de contato secundário:</p> <p>2500 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p> <p>Para dessedentação de animais:</p> <p>1000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p> <p>Para demais usos:</p> <p>4000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras.</p>
Classe 4	Não possui limite estabelecido.

A tabela 4 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de Coliformes Termotolerantes (NMP.L⁻¹) para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 4 – Valores obtidos para as análises de Coliformes Termotolerantes, valores em NMP por litro.

Coliformes Termotolerantes NMP.100mL ⁻¹	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	320	1.058	1.055							
2M	192	2.248	260							
3M	218	0	100							
4M	12.098	73	86							
5M	95	55	20							
6M	2.176	374	173							
7M	226	92	146							
8M	101	7.766	171							



9P		1.000		41.900	1.000		100.0		3.255	
10P		4.880		100	100		29.300		11.199	
11P		5.370		200	200		14.910		6.488	
12P		310		100	100		100.0		1.145	
13B						109		6.294		31
14B						364		24.196		10
15B						455		24.196		31
16B						852		24.196		10
17B						520		1.414		10
18B						369		8.297		63
19B						504		368		10
20B						201		1.145		10
21B						762		1.354		10
22B						583		1.723		10
23B						292		7.701		10
24B						464		2.603		10
25B						1.246		1.607		1.553
26B						369		1.723		30
27B						504		1.722		10

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráficos nas figuras 4 e 5.

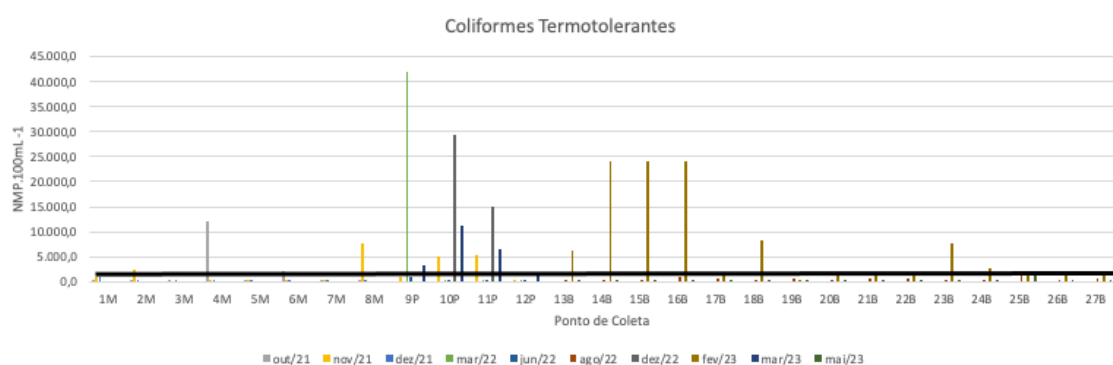


Figura 4 – Gráfico de variação do parâmetro Coliformes Termotolerantes nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

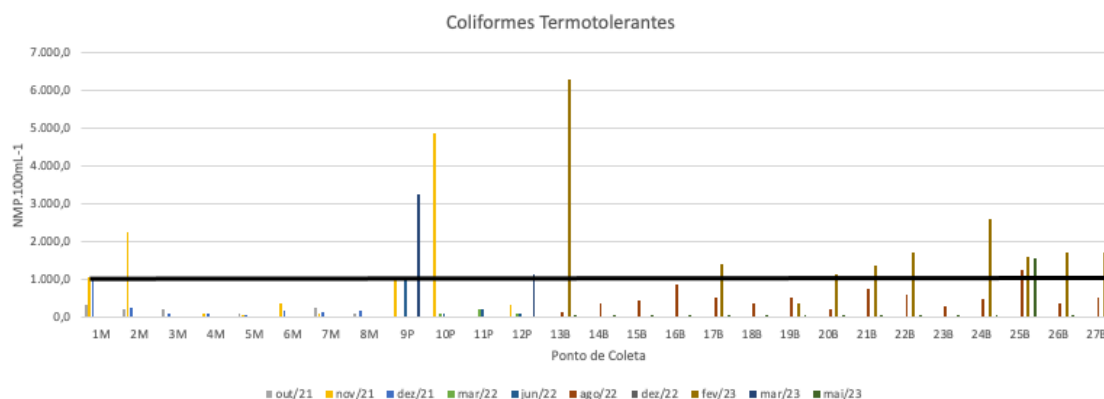


Figura 5 – Gráfico de variação do parâmetro Coliformes Termotolerantes nos pontos analisados **abaixo de 7.000 como NMP.L⁻¹**, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 5 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 5 – Análise estatística básica do parâmetro Coliformes Termotolerantes

Coliformes Termotolerantes, NMP.100mL⁻¹

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	1.928	1.935	251	10.575	350	506	22.105	7.236	5.522	121
Mínimo	95	0	20	100	100	109	14.910	368	1.145	10
Máximo	12.098	7.766	1.055	41.900	1.000	1.246	29.300	24.196	11.199	1.553
DesvioP	3.899	2.507	311	18.086	377	270	7.195	8.802	3.790	383
Mediana	222	687	159	150	150	464	22.105	1.723	4.872	10



5.2. Potencial Hidrogeniônico

O pH ou potencial hidrogeniônico indica a concentração de hidrônios ou íons hidrogênio H^+ que se encontram em soluções aquosas. Em água pura a concentração do íon H^+ deve ser de 10^{-7} molar, o que representa um pH igual a 7, comumente chamado de pH neutro. Este parâmetro indica se o meio está em condição ácida ou alcalina, sendo o parâmetro mais utilizado em campanhas de monitoramento da qualidade de águas (VON SPERLING, 2005).

As alterações no pH de uma amostra podem ter origens naturais, tais como: oxidação de matéria orgânica, absorção de gases atmosféricos e dissolução de rochas, entre outros. Normalmente, as alterações de origem antropogênica ficam a cargo de efluentes domésticos e industriais, que não foram, devidamente, tratados. Devido aos seus efeitos fisiológicos, o pH tem uma relação muito estreita com animais e vegetais, e está relacionado também com a região onde está sendo realizado o estudo de qualidade de águas. Os principais efeitos do potencial hidrogeniônico sobre os organismos aquáticos podem ser verificados no quadro abaixo:

Valores de pH	Efeito sobre os organismos aquáticos
12,0 – 11,5	Alguns <i>Trichoptera</i> conseguem viver
11,5 – 11,0	Efeito imediato: letal para todas as espécies de peixes
11,0 – 10,5	Letal para alguns <i>Plecoptera</i> e <i>Anisoptera</i> (Odonata); <i>Thichoptera</i> tem emergência reduzida
10,5 – 10,0	Alguns <i>Plecoptera</i> típicos e <i>Ephemeroptera</i> sobrevivem com a emergência reduzida
10,0 – 9,0	Reduz a emergência de alguns <i>Plecoptera</i>
9,0 – 8,0	Sem efeito aparente para os invertebrados
8,0 – 7,0	7,0 é quase o limite inferior para a reprodução de <i>Gammarus sp.</i> , e talvez para alguns outros <i>Crustacea</i>
7,0 – 6,5	Invertebrados relativamente normais exceto <i>Crustacea</i> , incluindo a ocorrência comum de <i>Mollusca</i>



6,5 – 6,0	População aquática diversificada; não ocorre a reprodução de <i>Gammarus sp.</i> e <i>Daphnia sp.</i> e talvez de <i>Crustacea</i>
6,0 – 5,5	Os <i>Mollusca</i> são raros
5,5 – 5,0	Baixa diversidade de invertebrados bentônicos, com certos <i>Simuliidae</i> , <i>Ephemeroptera</i> , <i>Plecoptera</i> e <i>Chironomidae</i> presentes em maior número; letal para outros invertebrados, tal como alguns <i>Ephemeroptera</i>
5,0 – 4,5	Fauna bêntica restrita, <i>Ephemeroptera</i> reduzidos; letal para muitos <i>Plecoptera</i> típicos; inibe a emergência de certas larvas de <i>Trichoptera</i> , <i>Plecoptera</i> e <i>Chironomidae</i>
4,5 – 4,0	Alguns <i>Trichoptera</i> e <i>Anisoptera</i> (Odonata) são encontrados em tais habitats; certas larvas de <i>Chironomidae</i> são dominantes
4,0 – 3,5	Toda flora e fauna severamente restritas em número de espécies
3,5 – 3,0	Uns poucos tipos de invertebrados tais como certas larvas de <i>Chironomidae</i> e <i>Sialidae</i>

Importante salientar que um aumento no teor de matéria orgânica associada a uma pequena diminuição dos valores de pH leva a uma consequente diminuição nas quantidades de oxigênio dissolvido disponível nos corpos hídricos, elemento essencial à manutenção da vida de diversos organismos aquáticos. Segundo a resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, a faixa ideal de pH deve ser entre 6,0 e 9,0. Entretanto, é oportuno lembrar que as águas negras de rios e igarapés da região amazônica são, notoriamente, mais ácidas com pH natural entre 4,0 e 5,5.

A tabela 6 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de potencial hidrogeniônico (pH) para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 6 – Valores obtidos para as análises de potencial hidrogeniônico - pH.

pH	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	5,35	5,56	4,53							



2M	5,32	5,98	4,84						
3M	4,78	4,87	4,35						
4M	4,03	4,18	3,84						
5M	4,23	4,04	3,77						
6M	4,68	4,16	4,49						
7M	5,13	4,36	5,06						
8M	6,03	5,26	6,02						
9P		6,32		5,36	5,09		6,96		5,24
10P		6,80		5,59	5,13		7,60		5,63
11P		6,49		5,69	5,25		7,52		6,22
12P		5,78		6,10	5,07		5,86		5,33
13B						5,55		5,20	5,28
14B						5,41		4,62	5,14
15B						5,42		4,64	5,11
16B						5,44		4,75	5,10
17B						5,47		4,74	5,17
18B						5,48		4,73	5,26
19B						5,47		4,77	5,14
20B						5,43		4,88	5,03
21B						5,37		4,83	5,08
22B						5,42		5,29	5,04
23B						5,37		5,96	5,02
24B						5,49		5,94	4,96
25B						5,41		5,73	4,97
26B						5,49		5,28	4,98
27B						5,44		5,29	4,95

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 6.

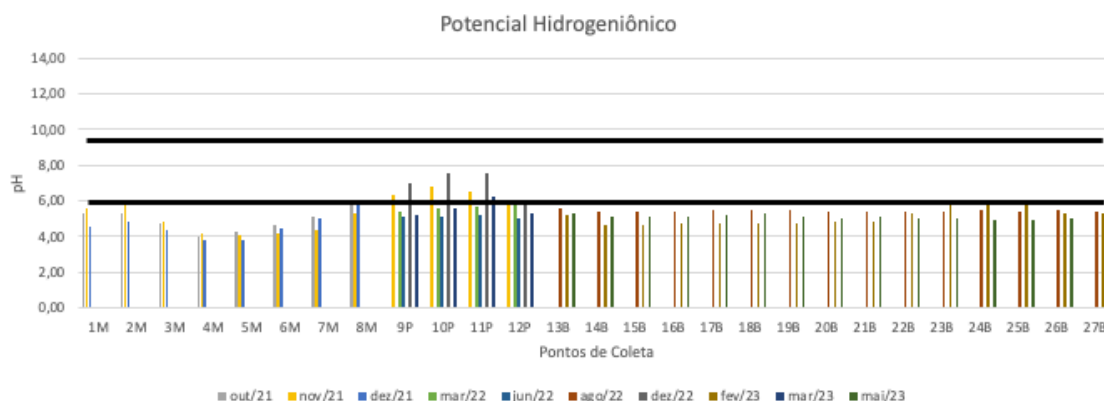


Figura 6 – Gráfico de variação do parâmetro Potencial Hidrogeniônico nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. As linhas pretas indicam o intervalo limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 ($6,0 < \text{pH} < 9,0$).

Na tabela 7 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 7 – Análise estatística básica do parâmetro Potencial Hidrogeniônico.

Potencial Hidrogeniônico										
	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	4,94	5,32	4,61	5,69	5,14	5,44	6,99	5,11	5,61	5,08
Mínimo	4,03	4,04	3,77	5,36	5,07	5,37	5,86	4,62	5,24	4,95
Máximo	6,03	6,8	6,02	6,1	5,25	5,55	7,6	5,96	6,22	5,28
DesvioP	0,61	0,94	0,67	0,27	0,07	0,05	0,69	0,45	0,38	0,10
Mediana	4,96	5,41	4,51	5,64	5,11	5,44	7,24	4,88	5,48	5,08



5.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio

A quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica em uma forma inorgânica estável, através da decomposição por microrganismos aeróbios, é chamada de demanda bioquímica de oxigênio ou DBO. Este parâmetro é expresso pela quantidade de oxigênio necessária em um determinado tempo, e em uma temperatura específica. O período e a temperatura normalmente utilizados é o de 5 dias a 20°C, expresso por DBO_{5,20}.

Quando um corpo d'água recebe despejos de efluentes com alta carga de compostos orgânicos ocorre um aumento significativo nos valores de DBO, sendo que um aumento muito grande na quantidade de matéria orgânica poderá provocar o completo esgotamento do oxigênio na água, podendo provocar o desaparecimento de muitas formas de vida aquática.

Um aumento da microflora no corpo hídrico pode ser um indicativo de elevados valores de demanda bioquímica de oxigênio, o que, inevitavelmente, irá interferir no equilíbrio existente, sendo que poderá ainda acrescentar sabores e odores indesejáveis à água.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas para demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) estão reunidas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 Do CONAMA	Limite
Classe Especial	Até 3 mg de O ₂ por litro
Classe 1	Até 3 mg de O ₂ por litro
Classe 2	Até 5 mg de O ₂ por litro
Classe 3	Até 10 mg de O ₂ por litro
Classe 4	Não possui limite estabelecido.



A tabela 8 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 8 – Valores obtidos para as análises de demanda bioquímica de oxigênio - DBO₅.

Demanda Bioquímica de Oxigênio mg.L ⁻¹ (DBO)	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	6,0	17,0	13,0							
2M	6,0	18,0	13,0							
3M	4,0	10,0	10,0							
4M	4,0	12,0	11,0							
5M	4,0	15,0	8,0							
6M	5,0	10,0	10,0							
7M	3,0	8,0	10,0							
8M	1,0	7,0	4,0							
9P		1,0		8,0	5,0		12,3		5,3	
10P		7,8		8,0	7,0		8,0		15,2	
11P		4,7		8,0	6,0		21,5		8,9	
12P		5,0		6,0	6,0		12,4		7,5	
13B						2,7		0,0		9,7
14B						6,3		0,0		0,0
15B						7,1		0,5		1,9
16B						7,6		0,0		0,0
17B						7,2		0,0		0,0
18B						3,5		0,0		1,6
19B						5,0		0,0		3,7
20B						9,1		0,0		0,0
21B						12,7		0,0		11,1
22B						8,2		10,0		0,0
23B						9,4		0,4		0,0
24B						3,2		0,5		0,0
25B						3,0		5,2		0,0
26B						1,7		0,4		1,2
27B						5,70		0,0		6,5



Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 7.

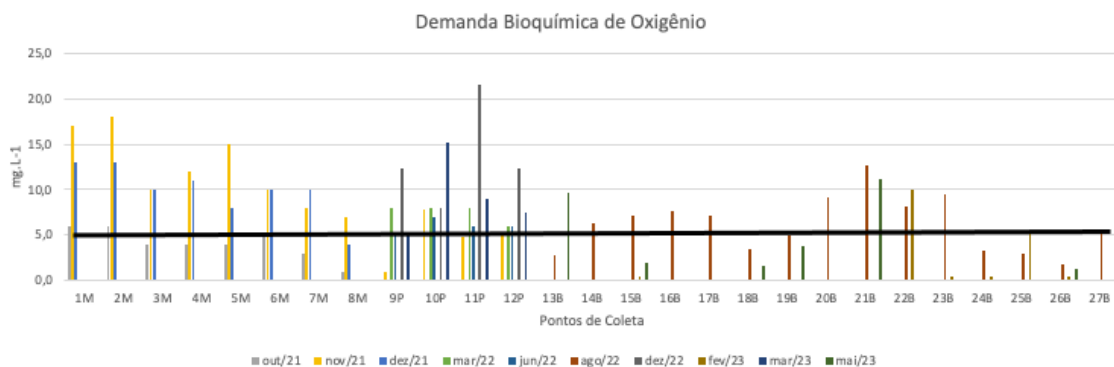


Figura 7 – Gráfico de variação do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 9 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 9 – Análise estatística básica do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅.

Demanda Bioquímica de Oxigênio mg.L⁻¹ (DBO₅)

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	4,0	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0	14,0	1,0	9,0	2,0
Mínimo	1,0	1,0	4,0	6,0	5,0	20,0	8,0	0,0	5,0	0,0
Máximo	6,0	18,0	13,0	8,0	7,0	13,0	22,0	10,0	15,0	11,0
DesvioP	1,5	4,9	2,7	0,9	0,7	2,9	4,9	2,7	3,7	3,6
Mediana	4,0	9,0	10,0	8,0	6,0	6,0	12,0	0,0	8,0	0,0



5.4. Nitrogênio Total

O nitrogênio pode ser encontrado em corpos hídricos como nitrogênio orgânico (proteínas), nitrogênio amoniacal (hidrólise da uréia), nitritos e nitratos; por outro lado, existem várias fontes de inserção de nitrogênio em águas naturais. Os esgotos sanitários, normalmente, são a principal porta de entrada deste elemento nas suas diferentes formas. Alguns efluentes industriais também podem contribuir para o aumento das quantidades de nitrogênio em corpos hídricos, em especial as indústrias de alimentos, matadouros, frigoríficos e curtumes. Em regiões agrícolas, o nitrogênio pode ser carregado para os cursos d'água pelo escoamento de solos fertilizados.

Do ponto de vista do aumento das taxas de nitrogênio não antropogênico, encontra-se a fixação deste elemento por algas e bactérias a partir do nitrogênio atmosférico, sendo esta participação intimamente ligada às condições de proliferação destes organismos no meio aquático, quando a fixação do nitrogênio é de origem antropogênica (eutrofização).

As diferentes formas dos compostos de nitrogênio podem fornecer informações a respeito de como o processo de degradação da poluição orgânica está em andamento. A presença de nitrogênio orgânico indica que é uma região de degradação, se a presença é de nitrogênio amoniacal, indica uma região de decomposição ativa, caso exista a presença de nitritos a região é considerada em recuperação, e por fim, a presença de nitratos indica que a região pode ser considerada de águas limpas.

A fonte de poluição também poderá ser estimada com base nas concentrações das quatro formas de ocorrência do nitrogênio ($N_{\text{orgânico}}$, $N_{\text{amoniacal}}$, NO^{2-} e NO^{3-}). O nitrogênio encontrado nas formas de $N_{\text{orgânico}}$ e



$N_{\text{amoniacal}}$ significa que o foco da poluição está próximo do ponto amostrado. Entretanto, se as formas de nitrogênio encontradas forem as de nitrito e nitrato, denota que as descargas de efluentes se encontram longe do ponto amostrado.

Segundo a resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas de nitrogênio total estão reunidas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 Do CONAMA	Limite
Classe Especial	menor que 14,7 mg de N por litro de amostra
Classe 1	menor que 14,7 mg de N por litro de amostra
Classe 2	menor que 14,7 mg de N por litro de amostra
Classe 3	menor que 24,3 mg de N por litro de amostra
Classe 4	Não possui limite estabelecido.

A tabela 10 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de nitrogênio total para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 10 – Valores obtidos para as análises de nitrogênio total.

Nitrogênio Total mg.L⁻¹	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	0,45	0,20	0,22							
2M	0,48	0,21	0,36							
3M	0,06	0,06	0,08							
4M	0,00	0,00	0,06							
5M	0,00	0,21	0,00							
6M	0,00	0,06	0,00							
7M	0,00	0,00	0,00							
8M	0,00	0,00	0,15							
9P		1,45		1,21	0,16		3,62		0,00	
10P		0,84		1,21	4,28		4,52		0,50	
11P		6,06		1,10	0,64		10,76		10,91	

12P		4,77		0,96	0,54		1,13		0,36	
13B						1,30		0,54		0,21
14B						1,50		1,55		0,28
15B						1,60		0,56		0,21
16B						1,50		0,21		0,14
17B						0,05		0,35		0,14
18B						0,50		5,05		0,21
19B						1,28		0,56		0,14
20B						1,00		1,12		0,14
21B						2,70		0,28		0,42
22B						0,64		0,28		0,14
23B						1,85		0,28		0,56
24B						2,00		0,77		0,14
25B						2,00		0,07		0,14
26B						3,85		0,00		0,28
27B						14,00		0,00		0,07

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 8.

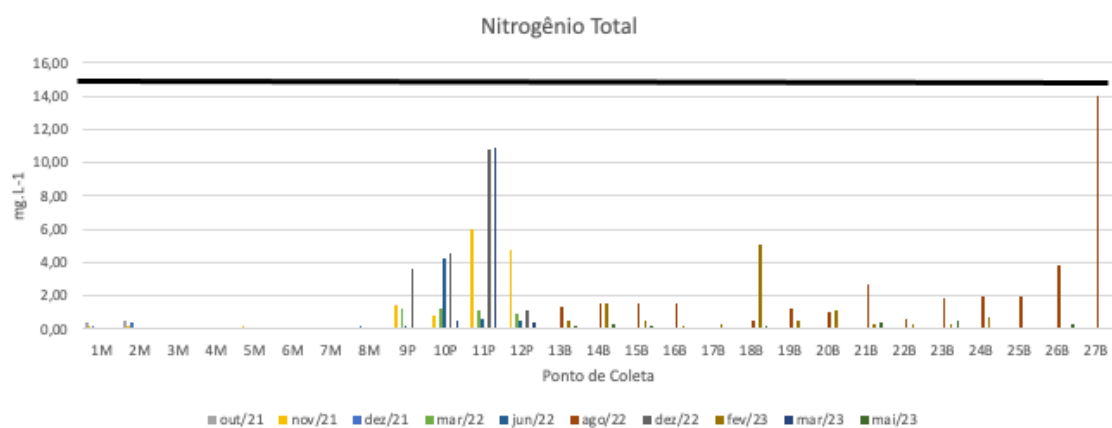


Figura 8 – Gráfico de variação do parâmetro Nitrogênio Total nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 11 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.



Tabela 11 – Análise estatística básica do parâmetro Nitrogênio Total.

Nitrogênio Total mg.L⁻¹

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	0,12	1,15	0,11	1,12	1,40	2,38	5,01	0,77	2,95	0,21
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,96	0,16	0,05	1,13	0,00	0,00	0,07
Máximo	0,48	6,06	0,36	1,21	4,28	14,00	10,76	5,05	10,91	0,56
DesvioP	0,20	1,97	0,12	0,10	1,67	3,23	3,55	1,21	4,60	0,12
Mediana	0,00	0,20	0,07	1,16	0,59	1,50	4,07	0,35	0,43	0,14



5.5. Fósforo Total

O elemento fósforo pode se apresentar de três formas diferentes: fosfato, ortofosfato e polifosfato. As principais fontes deste elemento estão nos efluentes domésticos, em especial os ricos em matéria orgânica fecal, mas, principalmente, os despejos ricos em detergentes em pó usado em larga escala no ambiente doméstico. Existem algumas indústrias que contribuem com o aumento da concentração deste elemento nos cursos d'água, entre elas a de fertilizantes, conservas químicas, abatedouros; podendo também ser fonte de fósforo as águas de drenagem agrícolas e urbanas.

O fósforo, assim como o nitrogênio, é considerado um macronutriente para os processos biológicos, ou seja, são necessárias quantidades significativas destes elementos para a manutenção da vida. Entretanto, assim como para o nitrogênio, quantidades excessivas deste elemento nos corpos hídricos podem conduzir a processos de eutrofização.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas de fósforo total estão reunidas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA	Limite
Classe Especial	menor que 0,020 mg de P por litro de amostra
Classe 1	menor que 0,020 mg de P por litro de amostra
Classe 2	menor que 0,030 mg de P por litro de amostra
Classe 3	menor que 0,050 mg de P por litro de amostra
Classe 4	Não possui limite estabelecido.



A tabela 12 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de fósforo total para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 12 – Valores obtidos para as análises de fósforo total.

Fósforo Total mg.L ⁻¹	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	0,152	0,028	0,002							
2M	0,352	0,040	0,029							
3M	0,092	0,024	0,017							
4M	0,160	0,024	0,016							
5M	0,013	0,026	0,021							
6M	0,099	0,025	0,021							
7M	0,119	0,019	0,024							
8M	0,144	0,021	0,037							
9P		0,010		0,010	0,020		0,010		0,015	
10P		0,081		0,010	0,022		0,010		0,019	
11P		0,674		0,010	0,026		0,010		0,059	
12P		0,048		0,010	0,022		0,010		0,008	
13B						0,009		0,010		0,045
14B						0,009		0,010		0,051
15B						0,010		0,019		0,037
16B						0,012		0,010		0,044
17B						0,010		0,014		0,031
18B						0,010		0,010		0,033
19B						0,010		0,019		0,043
20B						0,010		0,010		0,041
21B						0,010		0,013		0,047
22B						0,011		0,016		0,058
23B						0,011		0,015		0,009
24B						0,010		0,014		0,011
25B						0,013		0,012		0,021
26B						0,006		0,013		0,011
27B						0,014		0,012		0,010

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico nas figuras 9 e 10.

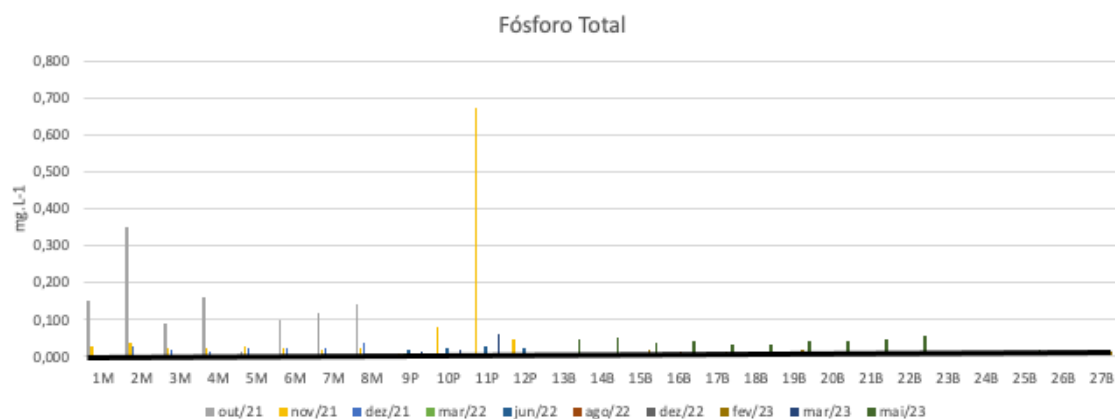


Figura 9 – Gráfico de variação do parâmetro Fósforo Total nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

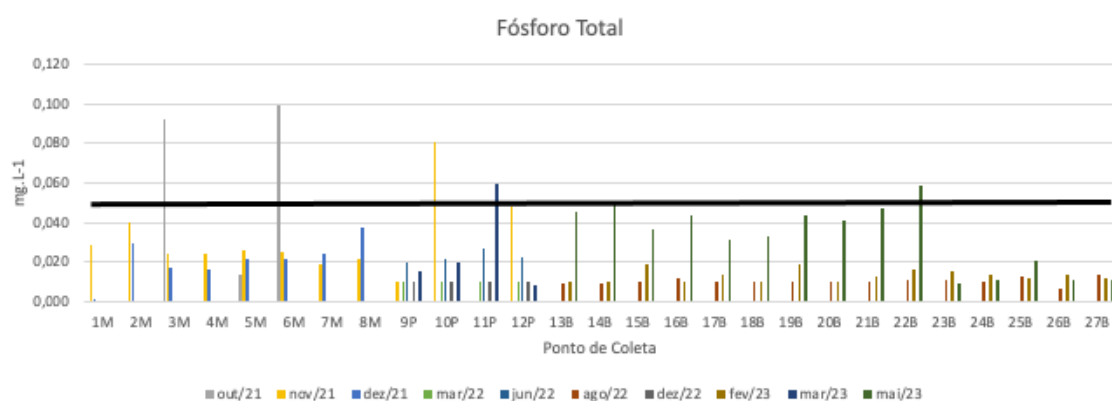


Figura 10 – Gráfico de variação do parâmetro Fósforo Total nos pontos analisados **com valores abaixo de 0,1 mg.L⁻¹**, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 13 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.



Tabela 13 – Análise estatística básica do parâmetro Nitrogênio Total.

Fósforo Total mg.L⁻¹

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	0,141	0,085	0,021	0,010	0,022	0,011	0,012	0,014	0,026	0,033
Mínimo	0,013	0,010	0,002	0,010	0,020	0,006	0,012	0,012	0,008	0,009
Máximo	0,352	0,674	0,037	0,010	0,026	0,014	0,012	0,019	0,059	0,058
DesvioP	0,091	0,178	0,010	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,020	0,016
Mediana	0,132	0,025	0,021	0,010	0,022	0,012	0,012	0,013	0,017	0,037



5.6. Temperatura

A temperatura é a medida da intensidade de calor. As fontes naturais sofrem transferência de calor por radiação, convecção ou condução entre o corpo hídrico e o solo ou a atmosfera. A temperatura da água está intimamente relacionada com a solubilidade de gases, e no tocante a vida aquática, está fortemente relacionada com a concentração de oxigênio dissolvido no corpo hídrico. Além desta propriedade, várias outras variam com a variação de temperatura, entre elas: viscosidade, tensão superficial, calor específico, condutividade térmica, pressão de vapor, entre outras.

As variações de temperatura de um corpo hídrico dependem das estações do ano, bem como do horário do dia em que está sendo feita a medida. A temperatura também varia com relação à profundidade em que se está medindo. Neste ponto, no que diz respeito às medidas de temperatura para compor o índice de qualidade de águas – IQA, considera-se a variação da temperatura da água superficial e a temperatura ambiente no dia da medida, ou seja, a diferença entre a temperatura da atmosfera, no local da coleta, e a temperatura medida na superfície do corpo hídrico, conforme equação abaixo:

$$\Delta T = T_{\text{atmosfera}} - T_{\text{superfície}}$$

Com isto, encontram-se variações positivas e negativas de temperatura como observado nos resultados da bacia, apresentados nas Figura 11; e o que se espera para este parâmetro é que a variação de temperatura seja em torno de zero, ou seja, que a temperatura da atmosfera



seja semelhante à temperatura da superfície no ponto de coleta. Este é um parâmetro que não é especificado pelo CONAMA 357/2005.

A tabela 14 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de variação de temperatura para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 14 – Valores obtidos para as análises de temperatura.

Temperatura °C (ΔT)	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	-2,00	-2,40	-3,10							
2M	0,20	-2,40	-2,80							
3M	0,10	-2,20	-1,60							
4M	2,40	-1,10	-1,00							
5M	1,70	1,80	0,10							
6M	2,90	0,40	-0,30							
7M	0,80	2,00	-0,70							
8M	3,60	1,10	2,00							
9P		0,50		-2,40	-1,41		-2,18			
10P		0,80		-0,50	-1,47		-0,37			
11P		-0,20		-2,80	-1,10		-1,14			
12P		-0,20		-3,60	-1,38		-2,63			
13B						-1,52		1,42	-0,54	-1,04
14B						-1,45		1,04	-0,86	-1,11
15B						-1,91		-0,23	-0,82	-1,26
16B						-2,92		-0,71	-1,17	-1,84
17B						-1,77		-0,63		-2,20
18B						-2,37		-0,81		-1,94
19B						-2,14		-0,76		-2,00
20B						-2,24		-1,31		-1,48
21B						-1,39		-1,40		-1,63
22B						-2,34		0,31		-1,84
23B						-1,44		-0,78		-1,30
24B						-0,85		-1,30		-1,38
25B						-0,54		-0,45		-2,31
26B						-1,58		-1,13		-1,36
27B						-0,80		-1,06		-1,50



Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 11.

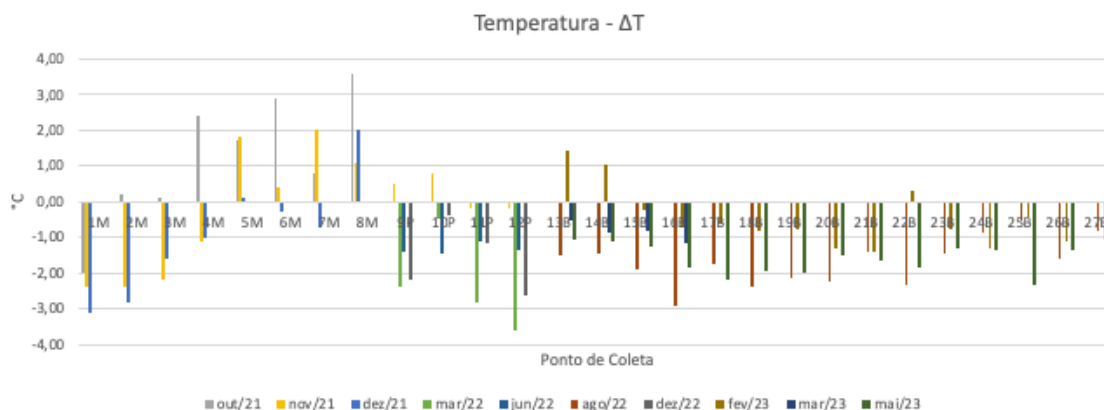


Figura 11 – Gráfico de variação do parâmetro variação de temperatura nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023.

Na tabela 15 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 15 – Análise estatística básica do parâmetro variação da temperatura.

Temperatura °C (ΔT)										
	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	1,21	-0,16	-0,93	-2,33	-1,34	-1,68	-1,58	-0,52	-0,85	-1,61
Mínimo	-2,00	-2,40	-3,10	-3,60	-1,47	-2,92	-2,63	-1,40	-1,17	-2,31
Máximo	3,60	2,00	2,00	-0,50	-1,10	-0,54	-0,37	1,42	-0,54	-1,04
DesvioP	1,69	1,50	1,53	1,14	0,14	0,63	0,88	0,81	0,22	0,38
Mediana	1,25	0,10	-0,85	-2,60	-1,40	-1,58	-1,66	-0,76	-0,84	-1,50



5.7. Turbidez

A presença de sólidos em suspensão como areia, argila, silte, algas e microrganismos em geral, tende a enfraquecer a intensidade de um feixe luminoso, quando este atravessa a água e a medida desta atenuação é chamada de turbidez. Vários fatores podem intensificar este fenômeno de atenuação da luminosidade, entre eles a erosão das margens dos igarapés por uso indevido do solo, com a exclusão de mata ciliar, esgotos domésticos e vários tipos de despejos industriais, além das atividades de mineração, que causam grandes alterações neste parâmetro físico.

O efeito biológico do aumento da turbidez está ligado à redução da fotossíntese em plantas com raízes submersas e, principalmente, de algas que são a base da cadeia alimentar aquática. Além disto, afeta de maneira adversa, com relação ao aspecto da água, seu uso recreacional, doméstico e industrial.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas de turbidez estão reunidas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA	Limite
Classe Especial	Até 40 unidades nefelométricas de turbidez
Classe 1	Até 40 unidades nefelométricas de turbidez
Classe 2	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez
Classe 3	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez
Classe 4	Não possui limite estabelecido



A tabela 16 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de turbidez para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 16 – Valores obtidos para as análises de turbidez.

Turbidez UNT	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	11,20	10,70	6,25							
2M	17,90	13,40	7,24							
3M	53,40	53,40	32,40							
4M	19,50	25,90	14,70							
5M	13,60	11,10	13,30							
6M	12,90	18,70	30,70							
7M	33,57	36,00	33,40							
8M	7,59	10,70	6,95							
9P		30,50		5,70	4,04		51,00		0,56	
10P		93,80		8,40	4,00		54,00		1,04	
11P		83,90		8,60	4,33		112,00		4,20	
12P		21,00		6,40	3,71		82,00		1,15	
13B						1,59		19,20		3,80
14B						1,51		5,40		1,87
15B						1,38		8,70		3,02
16B						1,71		10,50		1,55
17B						1,99		8,70		1,00
18B						2,40		6,00		2,00
19B						2,89		5,60		2,70
20B						3,15		7,60		2,50
21B						3,25		7,10		2,20
22B						3,76		6,10		2,10
23B						3,42		5,60		2,00
24B						3,21		6,70		2,00
25B						4,99		6,70		1,76
26B						3,29		5,10		2,30
27B						3,80		5,20		1,81

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 12.

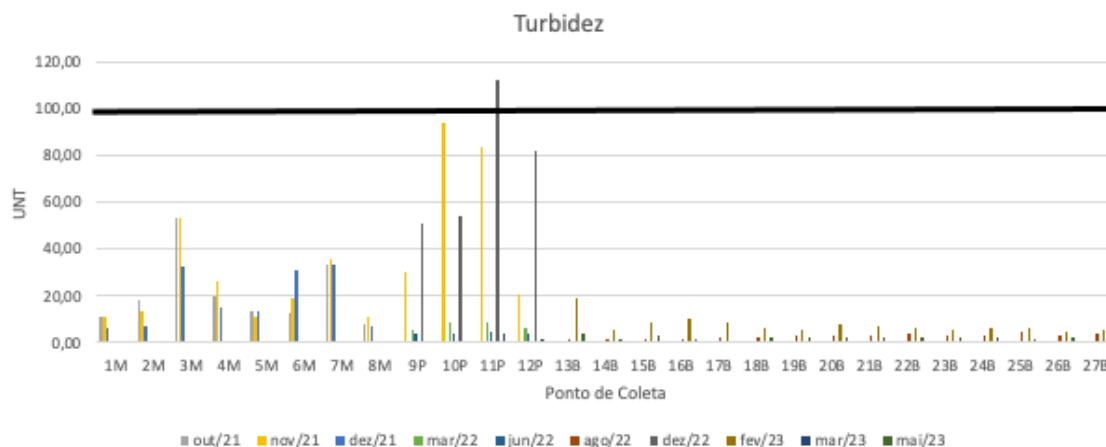


Figura 12 – Gráfico de variação do parâmetro Turbidez nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 17 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 17 – Análise estatística básica do parâmetro turbidez.

Turbidez UNT

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	21,21	34,09	18,12	7,28	4,02	2,82	74,75	7,61	1,74	2,17
Mínimo	7,59	10,70	6,25	5,70	3,71	1,38	51,00	5,10	0,56	1,00
Máximo	53,40	93,80	33,40	8,60	4,33	4,99	112,00	19,20	4,20	3,80
DesvioP	14,21	27,33	11,26	1,25	0,22	1,00	24,67	3,43	1,44	0,63
Mediana	15,75	23,45	14,00	7,40	4,02	3,15	68,00	6,70	1,10	2,00



5.8. Sólidos Totais

Os sólidos que podem ser encontrados em águas dependem dos tipos de processos unitários de secagem e filtração, com isto tem-se sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos fixos e sólidos voláteis, sendo que os processos de determinação quantitativa deste parâmetro baseiam-se em técnicas gravimétricas, ou seja, utilizando balanças analíticas.

No tocante à vida aquática, os sólidos podem acarretar danos a peixes e demais espécies, uma vez que quando se depositam no leito dos cursos d'água podem destruir os organismos que servem de base alimentar para as demais espécies, bem como prejudicar os leitos de desova de peixes. Além disso, os sólidos podem ser o substrato de retenção de bactérias anaeróbias, promovendo a degradação da matéria orgânica por esta via, ocasionando a corrosão de sistemas de coleta e distribuição e conferir sabor à água.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades máximas de sólidos totais estão reunidas no quadro resumo abaixo:

Classe segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA	Limite
Classe Especial	Até 500 mg por litro de amostra
Classe 1	Até 500 mg por litro de amostra
Classe 2	Até 500 mg por litro de amostra
Classe 3	Até 500 mg por litro de amostra
Classe 4	Não possui limite estabelecido



A tabela 18 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de sólidos totais para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 18 – Valores obtidos para as análises de sólidos totais.

Sólidos Totais mg.L ⁻¹	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	156,33	40,00	66,00							
2M	157,67	36,50	59,67							
3M	165,00	58,00	46,67							
4M	175,00	35,50	41,33							
5M	231,33	35,50	56,00							
6M	205,33	38,00	67,00							
7M	222,67	44,00	75,67							
8M	190,33	17,00	69,33							
9P		91,60		130,33	118,00		139,00		22,33	
10P		98,90		146,67	73,00		132,17		30,00	
11P		196,60		110,33	113,00		370,67		44,67	
12P		37,30		124,33	54,33		307,00		37,33	
13B						48,33		77,00		25,33
14B						41,00		73,33		27,00
15B						47,00		85,00		43,33
16B						50,33		69,00		52,33
17B						49,67		80,67		61,33
18B						47,00		71,33		45,67
19B						58,33		77,00		54,33
20B						46,34		68,34		67,67
21B						41,00		72,00		60,00
22B						45,00		69,00		43,67
23B						44,34		92,33		41,33
24B						52,33		85,00		47,00
25B						44,33		76,00		48,33
26B						54,00		56,34		60,00
27B						39,67		76,33		48,00

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráfico na figura 13.

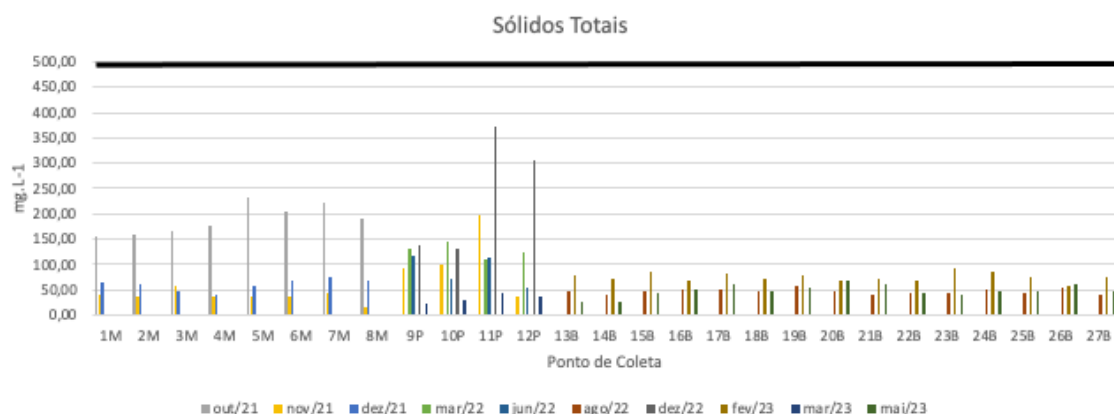


Figura 13 – Gráfico de variação do parâmetro Sólidos Totais nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 19 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.

Tabela 19 – Análise estatística básica do parâmetro sólidos totais.

Sólidos Totais mg.L⁻¹										
	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	187,96	60,74	60,21	127,92	89,58	47,24	237,21	75,25	33,58	48,36
Mínimo	156,33	17,00	41,33	110,33	54,33	39,67	132,17	56,34	22,33	25,33
Máximo	231,33	196,60	75,67	146,67	118,00	58,33	370,67	92,33	44,67	67,67
DesvioP	27,40	46,93	10,95	13,03	26,80	4,96	104,12	8,30	8,31	11,42
Mediana	182,67	39,00	62,83	127,33	93,00	47,00	223,00	76,00	33,67	48,00



5.9. Oxigênio Dissolvido

A concentração de gás oxigênio contido na água é chamada de oxigênio dissolvido (OD). Normalmente, as concentrações de OD são expressas em miligramas por litro de amostra, entretanto podem ser fornecidas em porcentagem de saturação, que é a quantidade de oxigênio contido em um litro de água relativo ao nível total de oxigênio que a água pode reter numa determinada temperatura. O oxigênio contido na água é retirado da atmosfera, mas também é produzido por algas e plantas aquáticas (fotossíntese).

Existem variações nas quantidades de oxigênio dissolvido com relação às estações do ano, e também nos períodos do dia, contudo, para se ter uma referência observa-se que em águas naturais, ao nível do mar e a uma temperatura de 25°C, a concentração de oxigênio dissolvido é de 8 miligramas por litro. A variação na concentração de OD também pode variar de acordo com a profundidade do corpo hídrico.

O OD é um parâmetro fundamental para a avaliação da qualidade das águas de um determinado corpo hídrico, uma vez que o oxigênio faz parte de praticamente todos os processos químicos e bioquímicos nos ecossistemas aquáticos, sendo que todos os organismos heterotróficos dependem de alguma maneira do oxigênio para manter seus processos metabólicos de produção de energia e reprodução. Observa-se que exposições por períodos muito longos a concentrações abaixo de 5 miligramas por litro causam estresse a várias populações aquáticas, sendo que exposições abaixo de 2 miligramas por litro podem causar a morte da maioria desses organismos.

Contudo, deve-se atentar para o fato de que em zonas onde o corpo d'água encontra-se eutrofizado, devido ao crescimento excessivo de algas, a



quantidade de oxigênio dissolvido pode mascarar a verdadeira qualidade existente, pois uma população grande de algas pode produzir uma quantidade alta de oxigênio dissolvido.

Segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para as águas doces das classes: Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, as quantidades mínimas de oxigênio dissolvido estão reunidas no quadro resumo a seguir:

Classe segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA	Limite
Classe Especial	Não inferior a 6 mg por litro de amostra (~78% OD)
Classe 1	Não inferior a 6 mg por litro de amostra (~78% OD)
Classe 2	Não inferior a 5 mg por litro de amostra (~63% OD)
Classe 3	Não inferior a 4 mg por litro de amostra (~49% OD)
Classe 4	Superior a 2 mg por litro de amostra (~20% OD)

A tabela 20 abaixo mostra os valores obtidos nas análises de oxigênio dissolvido para todas as coletas realizadas no período de outubro/2021 a maio/2023.

Tabela 20 – Valores obtidos para as análises de oxigênio dissolvido.

Oxigênio Dissolvido mg.L ⁻¹	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
1M	12,6	11,9	11,5							
2M	11,6	18,7	11,6							
3M	14,5	16,6	10,9							
4M	9,2	11,6	9,1							
5M	5,1	8,0	6,9							
6M	10,2	10,6	7,4							
7M	16,4	16,4	7,9							
8M	8,9	17,1	10,1							
9P		9,0		13,1	1,9		1,6		0,1	
10P		15,1		14,1	1,2		1,9		0,1	
11P		7,8		11,3	1,5		1,9		0,1	
12P		9,9		20,4	1,7		0,5		0,1	
13B						0,5		0,2		0,4

14B						1,0		0,1		0,4
15B						1,0		0,0		0,4
16B						1,1		0,1		0,4
17B						1,0		0,1		0,3
18B						0,9		0,1		0,3
19B						1,1		0,1		0,3
20B						1,0		0,1		0,3
21B						1,0		0,2		0,3
22B						1,0		0,2		0,3
23B						1,0		0,2		0,3
24B						1,1		0,2		0,3
25B						0,9		0,2		0,3
26B						1,1		0,2		0,3
27B						1,0		0,3		0,3

Para uma melhor visualização da variação deste parâmetro tem-se abaixo os valores obtidos na forma de gráficos nas figuras 14, 15 e 16.

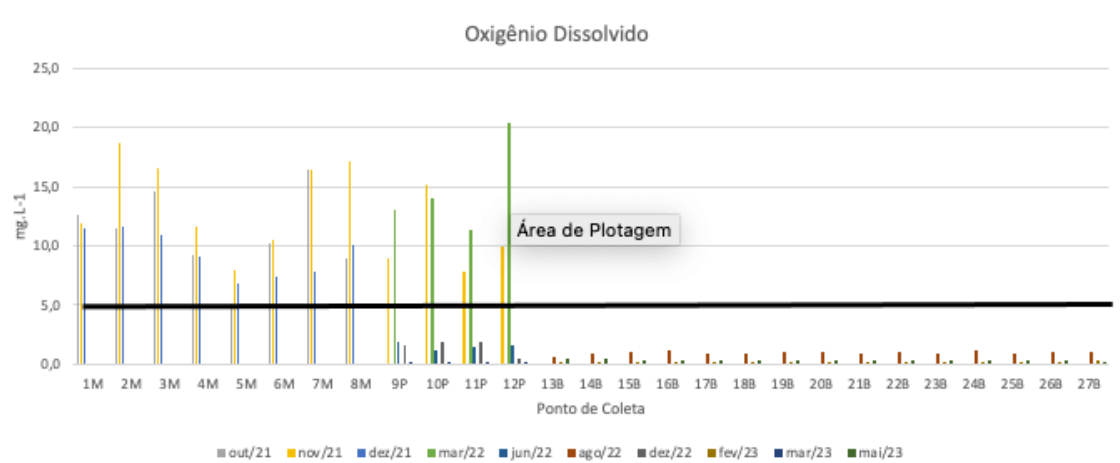


Figura 14 – Gráfico de variação do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

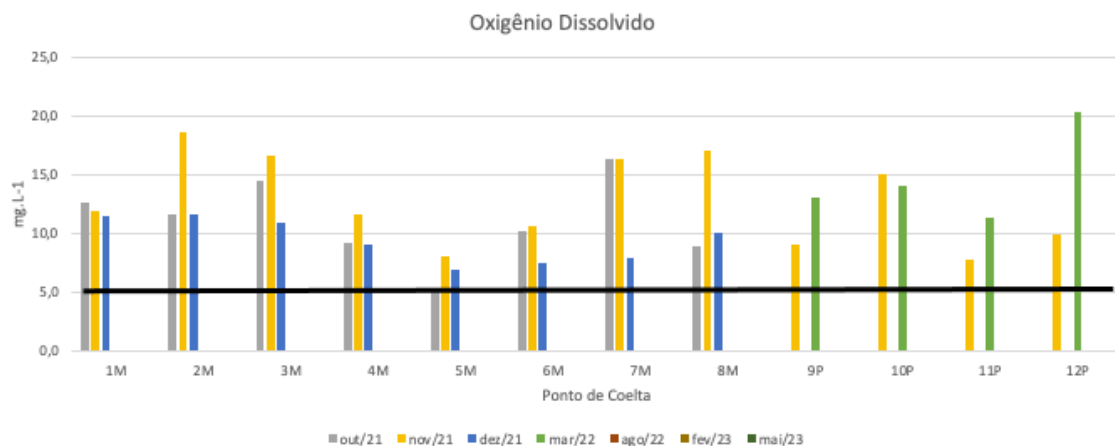


Figura 15 – Gráfico de variação do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos pontos de 1 a 12 analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

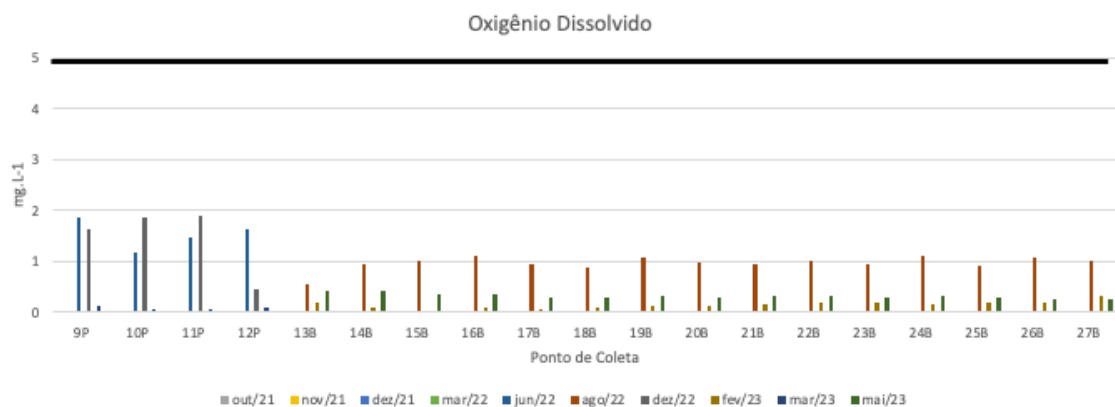


Figura 16 – Gráfico de variação do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos pontos de 13 a 27 analisados, entre os anos de 2021 e 2023. A linha preta indica o limite do parâmetro segundo CONAMA 357/2005 (classe 2).

Na tabela 21 são apresentados uma avaliação estatística básica deste parâmetro monitorado.



Tabela 21 – Análise estatística básica do parâmetro oxigênio dissolvido.

Oxigênio Dissolvido mg.L⁻¹

	out/21	nov/21	dez/21	mar/22	jun/22	ago/22	dez/22	fev/23	mar/23	mai/23
Média	11,1	12,7	9,4	14,7	1,5	1,0	1,5	0,1	0,1	0,3
Mínimo	5,1	7,8	6,9	11,3	1,2	0,5	0,5	0,0	0,1	0,3
Máximo	16,4	18,7	11,6	20,4	1,9	1,1	1,9	0,3	0,1	0,4
DesvioP	3,3	3,7	1,8	3,4	0,2	0,1	0,6	0,1	0,0	0,0
Mediana	10,9	11,8	9,6	13,6	1,6	1,0	1,8	0,2	0,1	0,3

5.10. Índice de Qualidade de Águas - IQA

Este relatório técnico baseou-se no índice de qualidade de águas - IQA, amplamente, utilizado no Brasil, cujas tabelas são regionais. Uma vez que a região amazônica ainda carece desta referência, foi empregada a tabela utilizada nos estados de São Paulo, Bahia, Goiás, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul:

VALOR DO IQA Estados: AP, MG, PR e RS	VALOR DO IQA Estados: BA, GO, ES, MS e SP	VALOR DO IQA AMAZONAS	QUALIDADE DA ÁGUA	COR
91 - 100	80 - 100	NÃO TEM	Ótimo	
71 - 90	52 - 79		Boa	
51 - 70	37 - 51		Aceitável	
26 - 50	20 - 36		Ruim	
0 - 25	0 - 19		Péssima	

Com relação à bacia do Tarumã Açu, a média do IQA para os 27 (vinte e sete) pontos analisados podem ser observados na figura 17. Este valor enquadra-se dentro de uma qualidade de águas avaliada como **ACEITÁVEL**.

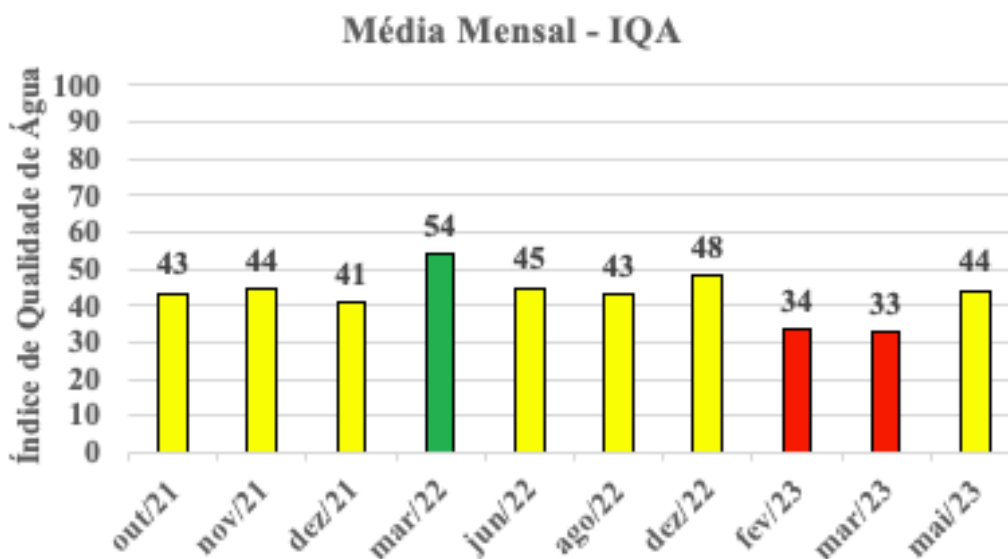


Figura 17 – Gráfico de variação média do Índice De Qualidade de Águas - IQA nos pontos analisados, entre os anos de 2021 e 2023.



Independente da tabela utilizada nota-se que a qualidade das águas da bacia do Tarumã Açu necessita de atenção, suas condições sanitárias em alguns pontos são muito preocupantes, merecendo atenção por parte dos gestores públicos.

6. Conclusão

A partir dos dados gerados, nestes quase três anos de monitoramento da bacia do Tarumã Açu, nota-se que este corpo hídrico tem absorvido o impacto de ações humanas de maneira ainda aceitável, entretanto existem muitos pontos monitorados que necessitam de ações imediatas para o controle da qualidade de águas nesta bacia.

Embora o volume de água desta bacia seja grande, e ainda possuir o Rio Negro com meio de diluição dos poluentes originários de ações antropogênicas, medidas de proteção deste corpo hídrico devem ser tomadas imediatamente, sob pena das gerações futuras não terem mais este manancial em condições adequadas de uso.

Manaus, 15 de julho de 2023.

Prof. Dr. Sergio Duvoisin Junior
Líder do GP-QAT
CRQ – 14101990