



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
FEDERAL DE RONDÔNIA

IRIZÁDINA MARIA DA SILVA BANDEIRA

**OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS NO
RIO URUPÁ (RONDÔNIA): UMA ABORDAGEM AMBIENTAL
E DE SAÚDE PÚBLICA**

Ji-Paraná
2021

**PROFÁGUA - MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE
NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

ProfÁgua



Campus Ji-Paraná

IRIZÁDINA MARIA DA SILVA BANDEIRA

**OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS NO
RIO URUPÁ (RONDÔNIA): UMA ABORDAGEM AMBIENTAL
E DE SAÚDE PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao PROFÁGUA – Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos.

Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Ferramentas aplicadas aos instrumentos de gestão de recursos hídricos

Orientadora: Profª Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Co-orientadora: Profª Dra. Elizete Celestino Holanda

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

B214o Bandeira, Irizádina Maria da Silva.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública / Irizádina Maria da Silva Bandeira. -- Ji-Paraná, RO, 2021.

143 f. : il.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Coorientador(a): Prof.^a Dra. Elizete Celestino Holanda.

Dissertação ((Profágua)) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1. Qualidade de água. 2. Fitoplâncton. 3. Manancial de abastecimento. I. Nascimento, Elisabete Lourdes do. II. Título.

CDU 628.19

Bibliotecário(a) Alex Almeida

CRB 11.8



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

CERTIFICADO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da dissertação: Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública.

Autora: Irizádina Maria da Silva Bandeira

Orientadora: Prof^ª. Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento (Prof^ªÁgua/UNIR)

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Elizete Celestino Holanda (Prof^ªÁgua/Roraima)

A presente dissertação foi **aprovada** como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, área de concentração: instrumentos da política de recursos hídricos, pela Comissão examinadora:

Prof^ª. Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento – Prof^ªÁgua/UNIR Orientadora (presidente)

Prof^ª. Dr(a). Ana Cristina Strava Correa – Prof^ªÁgua/Membro interno

Prof^ª. Dra. Andreia Maria da Anunciação Gomes - IFRJ/Membro externo

Ji-Paraná, 10 de fevereiro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **ELISABETE LOURDES DO NASCIMENTO, Docente**, em 10/02/2021, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cristina Strava Correa, Usuário Externo**, em 10/02/2021, às 19:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andreia Maria da Anunciação Gomes, Usuário Externo**, em 10/02/2021, às 19:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?



[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código verificador **0594734** e o código CRC **9DBE0F69**.

Referência: Processo nº 23118.000178/2021-71

SEI nº 0594734

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof. Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.

À equipe do Grupo de Pesquisa em Águas Superficiais e Subterrâneas-GPEASS/ Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental-DAEA/Fundação Universidade de Rondônia-UNIR, *campus* de Ji-Paraná.

Ao Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM, onde foram realizadas grande parte das análises limnológicas.

À Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia-CAERD, pela liberação para participar das aulas do mestrado e todo o apoio durante a pesquisa. Em especial a pessoas do Sr. Agrimar pelo apoio nas coletas.

Ao Núcleo de Ecotoxicologia e Ecologia Aplicada-NEEA/Escola de Engenharia de São Carlos-EESC/Universidade de São Paulo-USP, por possibilitar as análises de nitrogênio total.

Ao técnico de laboratório Tiago de Oliveira Lima pelo total apoio nas coletas, ajuda incondicional no preparo dos materiais para as análises, e ajuda com as análises de nutrientes, enfim, sempre esteve disponível e muito atencioso em todas as etapas da minha pesquisa.

Às bolsistas Lindolaine e Daíse que no início da minha pesquisa me auxiliaram com as análises.

Aos colegas de mestrados que sempre estiveram juntos dando suporte emocional em todas as etapas.

À minha orientadora Elisabete Lourdes do Nascimento pela paciência e ensinamentos em todas as etapas.

À minha coorientadora Elizete Celestino Holanda pelas orientações na correção do texto dissertativo e artigo.

À a Professora Ana Lucia Denardi da Rosa pela colaboração na tabulação dos dados pluviométricos e de vazão.

À todos os professores do programa ProfÁgua-UNIR por todo ensinamento durante o curso.

À minha irmã Nubia da Silva pelas horas de desabafo e choro juntas e pela ajuda na elaboração dos mapas e orientação em várias etapas da escrita.

À minha família irmãos, cunhados, sobrinhos e em especial ao meu pai Jair e minha Mãe Ana pelas orações me fortalecendo sempre nos momentos de desespero.

A meus cunhados pelo apoio, em especial Flavia que sempre esteve disposta a auxiliar com os cuidados com minha filha quando precisei. E aos sogros que sempre estiveram torcendo e rezando pra dar tudo certo.

Ao meu amado Esposo pelo total apoio em todos os momentos, pelos dias e dias me acompanhando nas coletas, inclusive nos dias dos namorados, e pelos dias e dias nos corredores da universidade cuidando de nossa pequena filha enquanto eu estava em aula.

À minha pequena Emanuela que sofreu desde o início pela falta de tempo para brincar com ela desde o nascimento, me acompanhando nos corredores da universidade, e quantas e quantas vezes ouvi-la dizer: “mamãe larga esse computador e vem brincar comigo”, sei que um dia você vai entender minha garota.

Ao meu pequeno Théo, que ainda tão pequeno, e na minha barriga, já vem acompanhando a luta diária dessa mãe aqui sem tempo para descansá-lo e passando horas a fio na frente do computador, mas juntos ele e a Emanuela são minha força pra não desanimar e seguir em frente e poder dizer nós vencemos, por que essa vitória é nossa.

EPÍGRAFE

Pedras no caminho? Guardo todas, um dia vou construir um castelo...

(Nemo Nox)

RESUMO

Em virtude da crescente ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas no Brasil, é essencial a realização de estudos que avaliem a dinâmica desta comunidade e o efeito na qualidade da água distribuída pelas ETAs. O objetivo deste estudo foi analisar a ocorrência de florações de cianobactérias no Rio Urupá (RO) e em outros mananciais utilizados para a captação de água pela Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD, bem como levantar as unidades de saúde na bacia do rio Urupá que utilizam a água distribuída pela companhia. A cada 15 dias foram coletadas amostras de água em 2 pontos no rio Urupá, ambos localizados à montante da captação da ETA. As coletas foram realizadas no período de maio/2019 a março/2020. Em campo, foram analisadas a transparência da água (Disco de *Secche*), a condutividade e a temperatura. Amostras de água superficial foram coletadas para as análises laboratoriais de turbidez e pH. Já as análises de oxigênio dissolvido, alcalinidade, nutrientes, clorofila-a e coliformes foram realizadas de acordo com APHA (1998). Para análise quali-quantitativa do fitoplâncton, amostras de água coletadas na superfície da foram acondicionadas em frascos protegidos da luz e adicionadas solução de lugol. Posteriormente realizou-se a técnica de Uthermol. Quanto as análises de fitoplâncton, observou-se que 51,33% das espécies encontradas durante o espaço amostral foram de cianobactérias, sendo a espécie *Aphanocapsa delicatissima*, a que apresentou a maior densidade (4970 céls/mL), seguida da *Aphanocapsa incerta* (2329 céls/mL). As variáveis físico-químicas e microbiológicas da água apontaram que ao longo de um ciclo hidrológico os pontos amostrados no rio Urupá apresentaram características que podem favorecer a ocorrência de florações de cianobactérias, como valores altos de transparência da água e presença de nutrientes importantes como o nitrato e fósforo, baixa vazão do rio, principalmente nos períodos de águas baixas. Os resultados também indicaram que o Ponto 1 recebe maior influência antrópica que o Ponto 2 em virtude de terem sido registrados maiores valores de clorofila, coliformes e turbidez. Das onze ETAs da CAERD que responderam ao questionário, quatro (Presidente Médice, Urupá, Jaru e Santa Luzia) apresentaram respostas que podem ser atribuídas a episódios de aumento da biomassa fitoplanctônica, com eventos relacionados a gosto e cheiro na água tratada e cor esverdeada na água bruta. Quanto às unidades de saúde, verificou-se que 70% das unidades de Ji-Paraná e 60% das unidades de Urupá, utilizam água da CAERD como fonte de abastecimento. Desta forma, faz-se necessário o monitoramento de cianobactérias no rio Urupá, em virtude de terem sido encontradas espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas.

Palavras-chave: Qualidade de água; Fitoplâncton; Manancial de abastecimento

ABSTRACT

Due to the increasing occurrence of toxic cyanobacterial blooms in Brazil, it is essential to carry out studies that evaluate the dynamics of this community and the effect on the quality of the water distributed by the water treatment plant. The aim of this study was to analyze the occurrence of cyanobacterial blooms in the Urupá River (RO) and in other water sources used by the Rondônia-CAERD Water and Sewage Company to collect water, as well as to raise health units in the river basin. Urupá that use the water distributed by the company. Every 15 days, water samples were collected at 2 points on the Urupá River, both located upstream of the water treatment plant catchment. The collections were carried out from May / 2019 to March / 2020. In the field, water transparency (Secchc's disk), conductivity and temperature were analyzed. Surface water samples were collected for laboratory analysis of turbidity and pH. The analyzes of dissolved oxygen, alkalinity, nutrients, chlorophyll-a and coliforms were performed according to APHA (1998). For qualitative analysis of phytoplankton, water samples collected on the surface of the phytoplankton were placed in flasks protected from light and lugol solution added. Subsequently, the Uthermol technique was performed. Regarding the phytoplankton analyzes, it was observed that 51.33% of the species found during the sample space were cyanobacteria, being the species *Aphanocapsa delicatissima*, the one with the highest density (4970 cells / mL), followed by the uncertain *Aphanocapsa* (2329 cells / mL). The physical-chemical and microbiological variables of the water indicated that, throughout a hydrological cycle, the points sampled in the Urupá River presented characteristics that may favor the occurrence of cyanobacterial blooms, such as high values of water transparency and the presence of important nutrients such as nitrate. and phosphorus, low river flow, especially in periods of low water. The results also indicated that Point 1 receives greater anthropic influence than Point 2 due to the fact that higher values of chlorophyll, coliforms and turbidity were recorded. Of the eleven CAERD ETAs that responded to the questionnaire, four (Presidente Médice, Urupá, Jaru and Santa Luzia) presented responses that can be attributed to episodes of increase in phytoplankton biomass, with events related to taste and smell in the treated water and greenish color in the raw water. As for the health units, it was found that 70% of the units in Ji-Paraná and 60% of the units in Urupá use CAERD water as a source of supply. Thus, it is necessary to monitor cyanobacteria in the Urupá River, because potentially cyanotoxin-producing species have been found

.Keywords: Water quality; Phytoplankton; Supply sourc

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS E QUADROS	15
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS	20
2.1.1 Variáveis ambientais e florações de cianobactérias	21
2.1.2 Florações de cianobactérias na região amazônica	23
2.2 CIANOBACTÉRIAS E SAÚDE PÚBLICA.....	24
2.2.1 Cianobactéria e legislação brasileira.....	26
2.3 CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	28
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ.....	30
MATERIAL E MÉTODOS	34
2.5 ÁREA DE ESTUDO.....	34
2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA	36
2.6.1 Desenho Amostral	36
2.7 VAZÃO E PRECIPITAÇÃO	38
2.8 DINÂMICA DE CIANOBACTÉRIAS NO RIO URUPÁ E VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	38
2.8.1 Coleta e análise taxonômica do fitoplâncton	38
2.8.2 Coliformes totais e fecais	39
2.8.3 Clorofila-a.....	39
2.8.4 Variáveis físico-químicas da água (temperatura, condutividade elétrica, pH, alcalinidade, turbidez, transparência e oxigênio dissolvido)	40
2.9 CÁLCULO DO ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO (IET).....	40
2.10 ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS.....	41
2.11 QUESTIONÁRIO	41
3.0 LEVANTAMENTO DAS UNIDADES DE SAÚDE	42
3 RESULTADOS	43
3.1 VAZÃO E PRECIPITAÇÃO	43
3.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	44
3.2.1 Oxigênio Dissolvido	44
3.2.2 Temperatura.....	45
3.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH) e alcalinidade	46
3.2.4 Condutividade elétrica	48
3.2.5 Turbidez e Transparência da água	49
3.2.6 Nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total.....	51
3.2.7 Fósforo total e dissolvido.....	55
3.2.8 Coliformes fecais e totais	57
3.3 ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO	59
3.3 DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON (ÊNFASE CIANOBACTÉRIAS) E CLOROFILA-A	60
3.4 ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS.....	67
3.5 INFORMAÇÕES SOBRE A POSSÍVEL OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS JUNTO AOS OPERADORES DAS PRINCIPAIS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO	72
3.6 LEVANTAMENTO DAS UNIDADES DE SAÚDE E CLÍNICAS DE HEMODIÁLISE QUE UTILIZAM ÁGUA DESSAS ETAS, VISANDO IDENTIFICAR A FINALIDADE DO USO DA ÁGUA;	76
4 DISCUSSÃO.....	77

4.1	VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM A DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS	77
4.2	ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO	89
4.3	ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS.....	90
4.4	RELAÇÃO CIANOBACTÉRIAS E SAÚDE PÚBLICA	91
5	PRODUTO	92
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
7.	RECOMENDAÇÕES	93
	REFERÊNCIAS	94
6	APENDICE A.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de uso e cobertura do solo na bacia do rio Urupá.....	31
Figura 2- Distribuição Espacial dos Psiculturas por Tamanho da Unidade Produtivas no Estado de Rondônia.....	32
Figura 3- a) captação de água em Ji-Paraná, b) montante da captação de água em Urupá.....	34
Figura 4 - Bacia do rio Urupá e o pontos amostrais (P1 e P2).	35
Figura 5-Pontos de coleta no Rio Urupá (a) P1 (b) P2.....	37
Figura 6- Vazão e precipitação pluviométrica na bacia do rio Urupá durante o período amostral.	43
Figura 7- Vazão no Rio Urupá de 2006 à 2020.....	44
Figura 8 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	45
Figura 10-Temperatura nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	46
Figura 11 – Variação de pH nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	47
Figura 12- Variação de Alcalinidade em ($\text{mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	48
<i>Figura 13-Variação da condutividade elétrica nos P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).</i>	49
Figura 14-Variação da turbidez nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	50
Figura 15-Variação da transparência nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	51
Figura 16-Variação das concentrações de nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	52
Figura 17- Variação das concentrações de nitrito ($\text{ug}\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	53
Figura 18 – Variação da concentração de Amônia em ($\text{ug}\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	54
Figura 19- Variação da concentração de nitrogênio total em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, em P1 durante o período de maio/2019 à janeiro/2020.	55
Figura 20- Variação nas concentrações de Fósforo total nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020).....	56
Figura 21- Variação na concentração de Fósforo dissolvido ($\text{ug}\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020).	56
Figura 22-Variação de coliformes totais encontrado no P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	57
Figura 23-Variação de coliformes fecais no P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).....	58
Figura 24-Dados quantitativos de cianobactérias no P1 durante o período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como as variações sazonais no período.....	61

<i>Figura 25- Contribuição relativa dos diferentes grupos fitoplanctônicos.</i>	62
<i>Figura 26- Densidade fitoplanctônica ao longo do período amostral (maio-2019 a março-2020).</i>	62
<i>Figura 27- Concentrações de clorofila a nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como determinação CONAMA 357 para águas de classe II.</i>	67
<i>Figura 28: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) dos resultados encontrados para o P1 nos meses analisados. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂ : nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, NO₃ : Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica.</i>	68
<i>Figura 29:Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do P1 e os resultados de fioplâncton. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂ : nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃ : Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica</i>	70
<i>Figura 30: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do ponto 2 e os parâmetros avaliados. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂ : nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃ : Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica</i>	71

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1: Classificação do estado trófico para os valores de IET(PT) em ambiente lóticos. .41	
Quadro 2-Resposta ao questionário com os resultados das localidades que não apresentaram eventos relacionados à floração de algas. 73	73
Quadro 3- Resposta ao questionário com os resultados das localidades que apresentaram eventos relacionados à floração de algas. 75	75
Quadro 4-Levantamento das unidades de Saúde 76	76
Tabela 1: Datas das coletas nos Ponto 1 e 2 no rio Urupá e dados de chuvas nos dias das coletas. 37	37
Tabela 2: - Densidade do fitoplâncton ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020). 63	63
Tabela 3: Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) referente ao P1..... 69	69
Tabela 4:Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) da primeira coleta do P1..... 70	70
Tabela 5:Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) para o ponto 2..... 72	72
Tabela 6: Valores mínimos e máximos de variáveis físico-químicas de rios do Estado de Rondônia..... 81	81

1 INTRODUÇÃO

A qualidade das águas em diversas regiões do Brasil revela o descaso com que foram e continuam sendo tratadas nos últimos anos, sendo degradadas por atividades humanas, tanto os mananciais superficiais como os subterrâneos. Descargas urbanas, industriais e da agricultura, aliadas à má utilização e uso inadequado dos recursos hídricos, vem trazendo consequências desastrosas à qualidade das águas dos rios prejudicando a utilização desses mananciais para o abastecimento público (DA SILVA COELHO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2017).

Nos cursos d'água naturalmente existe matéria orgânica, sendo originária da decomposição de massa vegetal, que em condições aeróbicas a oxidam, buscando o equilíbrio no processo denominado autodepuração (BEAVER *et al.*, 2018).

Porém, o aumento dessa matéria orgânica nos corpos d'água vem se tornando um dos principais problemas de poluição dos recursos hídricos no Brasil e no mundo, favorecendo a transmissão de doenças de veiculação hídrica causando danos à saúde da população e favorecendo florações de cianobactérias (YANG *et al.*, 2019).

Os nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento das plantas, mas em excesso trazem efeitos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Um aporte elevado de nutrientes na água, sobretudo nitrogênio e fósforo, inicia um processo denominado eutrofização (SAMPAIO; CARNEIRO; PINTO, 2011; BRASIL, 2015).

As algas e as cianobactérias consomem esses nutrientes, desenvolvendo-se, se propagando e tornando a água verde. As florações dessas espécies podem cheirar mal, bloquear a luz solar e até liberar toxinas (YANG *et al.*, 2019).

Quando esses episódios acontecem em mananciais de abastecimento público isso torna um problema sério, pois as consequências podem ser serias, uma vez que a maioria dos tratamentos convencionais não eliminam as toxinas liberadas pelas cianobactérias, e essas toxinas ficam

presentes na água distribuída podendo causar sérios transtornos a saúde da população. Isso vem se tornando um grande desafio as empresas de saneamento, pois precisam buscar uma forma de eliminação dessas toxinas, ou o controle da floração nos mananciais (ZAMYADI *et al.*, 2012).

A poluição dos recursos hídricos pode ser derivada da agricultura conforme mostra o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura-UNESCO (2017). Neste relatório consta que as descargas de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio), de agroquímicos da agricultura intensiva e de dejetos animais podem aumentar ainda mais a eutrofização das águas doces e dos ecossistemas marinhos costeiros, bem como a poluição das águas subterrâneas. A eutrofização pode estimular a proliferação de algas potencialmente tóxicas e a redução da biodiversidade (UNESCO, 2017).

No estado de Rondônia a agropecuária é uma das atividades mais importantes e nos últimos anos vem sendo modernizada e aprimorada, dando ênfase ao agronegócio e a produção de rebanho de corte e leite, melhorando a produtividade e qualidade do rebanho (PEREIRA, 2019).

Em relação à expansão da agropecuária no Estado de Rondônia, de 2006 a 2017, a área utilizada com lavouras provisórias teve aumento de 29,8%, enquanto que as lavouras permanentes retrocederam 50,5%. Os espaços ocupados com pastagens plantadas tiveram um crescimento de 28,4%, enquanto a área coberta com matas nativas teve retração de 21% (EMBRAPA, 2020; IBGE, 2017).

Um aumento expressivo se deu na produção de soja que teve um acréscimo da área plantada nos últimos cinco anos de 44,1%, sendo que a produção e a produtividade cresceram 49,4% e 3,7%, respectivamente. O aumento da área plantada se deu, principalmente, pela ocupação de áreas de pastagens degradadas, com o plantio crescendo para as regiões central e norte do Estado (EMBRAPA, 2019).

Em relação às atividades que podem contribuir para a deterioração da qualidade da água dos mananciais está a piscicultura. A piscicultura vem se tornando um grande marco do

desenvolvimento do Estado com crescimento expressivo nos últimos anos. No ano 2000 tal atividade era bastante escassa, porém teve seu desenvolvimento ligado as questões de segurança alimentar e ao grande potencial de uma fonte de produção de proteínas de baixo custo (FAO, 2020; EMBRAPA, 2013).

A produção de peixes no Estado de Rondônia saltou de 8.179 toneladas em 2009 para 84.491 toneladas em 2015 (SILVA; ARAUJO, 2017), e teve seu crescimento expandido para 90.640 toneladas em 2016,(IBGE, 2016). Já a produção total em 2017 foi de 153.540 toneladas' com destaque para as espécies nativas, levando o Estado ao primeiro lugar no ranking de produção brasileira de tambaqui (IBGE, 2016; IBGE, 2017).

Em 2019 a produção de peixes em cativeiro em Rondônia deu uma ligeira queda, fechando o ano com uma produção de 68.800 toneladas, porém ainda ocupa o 1º lugar *ranking* nacional de cultivo de peixes em cativeiro de acordo com Associação Brasileira da Piscicultura. Conta ainda com cerca de 6.677 piscicultura registradas, sendo os tanques tipo viveiro escavado sua principal forma de produção, totalizando cerca de 16 mil hectares de espelho de água (Associação Brasileira de Piscicultura, 2020).

Os municípios com maior destaque em produção de peixe em Rondônia, são Ariquemes, Mirante da Serra e Urupá, sendo os dois últimos situados na bacia do Rio Urupá a montante dos pontos de coletas da presente pesquisa (IBGE, 2016).

A produção de peixe em Rondônia modificou o panorama das propriedades rurais e intensificou o uso de rações comerciais, essas rações geralmente são ricas em nutrientes e acabam indo parar nos corpos hídricos causando um desequilíbrio nas águas naturais (PEREIRA, 2019).

Diante do exposto, as referidas atividades supracitadas, acabam contribuindo para a entrada de nutrientes nos corpos hídricos. De acordo com a Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD (comunicação pessoal), nos últimos sete anos durante o período de estiagem, a companhia tem enfrentado problemas em decorrência da água apresentar gosto e odor. Enfatiza-se então a importância de se realizar uma análise aprofundada de quais fatores ambientais

poderiam estar relacionados a estes eventos. Diante disso o desenvolvimento desta pesquisa teve como objetivos:

Objetivo geral

Avaliar a ocorrência de florações de cianobactérias no Rio Urupá, a partir de uma abordagem ambiental e de saúde pública.

Objetivos Específicos

- Analisar a dinâmica de cianobactérias no Rio Urupá paralelo à avaliação de variáveis limnológicas;
- Buscar informações sobre a ocorrência de florações de cianobactérias junto aos operadores das principais estações de tratamento de água do Estado e;
- Realizar um levantamento das unidades de saúde e clínicas de hemodiálise que utilizam água dessas ETAs na bacia do rio Urupá, visando identificar a finalidade do uso da água.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Florações de Cianobactérias*

Cianobactérias são microrganismos, cianobactérias são microrganismos procarióticos, fotossintetizante com produção de oxigênio, pertencentes a comunidade planctônica e podem ser unicelulares, coloniais ou filamentosas. Apesar das cianobactérias não estarem organizadas em cloroplastos, como as plantas, elas são fotossintetizantes. Determinadas espécies são fixadoras de nitrogênio atmosférico (N₂) além de produzirem toxinas (CHORUS e WELKER, 2021; SAMPAIO; CARNEIRO ; PINTO, 2011; SANCHES *et al.*, 2012).

As cianobactérias são encontradas nos mais variados ambientes, como terrestre, água doce, salobra ou marinha, fontes termais, neve e solos úmidos (WHO, 2020).

Diversos gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, que são conhecidas como cianotoxinas caracterizam-se por sua ação rápida (KUBICKOVA *et al.*, 2019).

As florações de cianobactérias podem apresentar impactos econômicos e sociais substanciais devido a danos causados às empresas de tratamento de água, recreação e turismo, aquicultura e agricultura (SVIRČEV *et al.*, 2017).

Os seres humanos quando contaminados por cianotoxinas, podem apresentar diversos sintomas como: irritação na pele, cólicas estomacais, vômitos, náusea, diarreia, febre, dor de garganta, dor de cabeça, dores musculares e articulares, bolhas na boca, falência múltiplas dos órgãos, gastroenterites, falência hepáticas e dos rins, além de serem substâncias carcinogênicas (CÂMARA NETO, 2011; TEIXEIRA ADLOFF *et al.*, 2018).

As cianotoxinas possuem diferentes mecanismos de toxicidade. Em razão disso elas são classificadas em quatro grupos de acordo com seus modos de ação: hepatotoxinas,

neurotoxinas, dermatotoxinas, anotoxina e citotoxinas (CHEN *et al.*, 2016; CHORUS e WELKER, 2021; KUBICKOVA *et al.*, 2019).

Em água doce as toxinas predominantes que trazem os maiores transtornos a saúde nos casos investigados são as microcistinas, reconhecidas como toxinas hepáticas e produtoras de tumores no fígado e sistema reprodutivos (BURATTI *et al.*, 2017).

2.1.1 Variáveis ambientais e florações de cianobactérias

A proliferação de cianobactérias é caracteristicamente associada ao enriquecimento de nutrientes, porém vários fatores estão sendo relacionados a sua presença, como adaptação a baixas concentrações de dióxido de carbono, altos valores de temperatura e pH, condições de pouca luz para algumas espécies e estabilidade da coluna d'água, capacidade de armazenar fósforo e limitação de nitrogênio, condutividade elétrica, turbidez, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio (BORTOLI *et al.*, 2014; GÓIS; OLIVEIRA, 2014; HAVENS *et al.*, 2019; LU *et al.*, 2013).

No estudo realizado no rio Murray, na Austrália, Maier; *et al.* (2001), observaram que a estratificação térmica na coluna d'água esteve relacionada ao aumento da comunidade de cianobactérias nas águas.

Lu *et al.*, (2013) ao realizarem um estudo no lago Dongping (China), concluíram que a temperatura e a Demanda Química de Oxigênio foram os fatores mais importantes no aumento da comunidade de cianobactérias.

Daruich *et al.* (2013) ao analisarem a influência antrópica na composição e na estrutura do fitoplâncton em dois rios de uma bacia na Argentina, apontaram que o aumento de cor e de turbidez na água ocasiona redução da entrada de luz no ambiente aquático, influenciando a composição fitoplanctônica.

Estudos realizados no rio das Velhas, em Minas Gerais, por (FERRAZ, 2012; JARDIM, 2011; SPERLING; JARDIM, 2009), correlacionaram o período de águas baixas e o acréscimo na concentração dos nutrientes fósforo e nitrogênio na água, tendo como implicação o aumento de cianobactérias com potencial para liberar toxinas.

Alves *et al.* (2017) ao realizarem um estudo no Ribeirão João Leite (GO), identificaram que as variáveis que se relacionaram com o desenvolvimento de cianobactérias coletadas na superfície, foram a turbidez e a condutividade elétrica, evidenciando que à medida que os valores dessas variáveis aumentaram a densidade de cianobactérias diminuiu.

Gois & Oliveira (2014) ao estudarem o reservatório Mororó, situado no município de Pedra em Pernambuco, observaram nos seus resultados que a densidade de cianobactérias foi maior perante valores baixos de turbidez (2,8 uT) e diminuíram com o aumento da turbidez (6,7 uT). Evidenciando a importância da entrada de luz na coluna d'água para o desenvolvimento de cianobactérias.

No estudo realizado por Silva (2012), no canal principal do baixo Rio Tapajós em Santarém (PA), observou que dentre os parâmetros pesquisados, os que mais influenciaram a ecotoxicologia das cianobactérias foram a disponibilidade de nitrogênio e fósforo, a fraca intensidade do vento e a baixa cota do rio.

Oliveira *et al.* (2019) estudando a dinâmica de cianobactérias no rio Amazonas em Macapá, no estado do Amapá, apontou que os fatores que esteve relacionado à sua floração foram o aumento da transparência e do fluxo da água, assim como o aumento nas concentrações de nutrientes provenientes das cargas orgânicas oriundas do descontrole das expansões urbanas sem avanços no saneamento básico.

Nascimento (2012), ao estudar o reservatório da usina hidrelétrica de Samuel em Rondônia, observou que as variáveis que mais contribuíram para a floração de cianobactérias foram os nutrientes nitrato, ortofosfato e ferro.

Diante da literatura citada, observa-se a importância de acompanhar a variação das características físico-químicas e biológicas da água de um determinado manancial, a fim de melhor correlacionar, quais variáveis ambientais podem estar relacionadas à eventos de floração de cianobactérias potencialmente tóxicas.

2.1.2 Florações de cianobactérias na região amazônica

Na região amazônica os estudos relacionados ao tema ainda são poucos, destacando-se estudo realizado por Vieira *et al.* (2003) que representa o primeiro relato de uma floração de cianobactérias para um corpo d'água da Amazônia. Fenômeno ocorrido no reservatório de Utinga em Belém (PA) em alguns meses entre julho de 1999 e julho 2000.

Sá *et al.* (2010), realizaram um estudo a fim de identificar os gêneros causadores de floração de cianobactérias no rio Tapajós (Santarém, Pará), bem como a análise de cianotoxinas na água. Os valores encontrados de microcistina-LR nas amostras de água bruta foram abaixo do preconizado pela legislação brasileira, porém os autores ressaltaram que foi possível visualizar *in loco* floração de cianobactérias em densidade suficiente para provocar irritação cutânea em pessoas que tivessem contato com água do rio.

Nascimento (2012) estudou os fatores ambientais relacionados à dinâmica de cianobactérias e produção de cianotoxinas no reservatório da Usina Hidrelétrica de Samuel (RO), no período de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008. Neste trabalho a autora verificou um aumento na densidade de cianobactérias nos meses de março, abril e maio de 2007. No mesmo período também foram analisadas as concentrações de microcistinas em amostras de água, e as concentrações encontradas estiveram abaixo do preconizado pela Portaria consolidada nº 05 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, de $1 \mu\text{g L}^{-1}$.

Silveira Junior (2012) realizou um estudo em trechos do Rio Amazonas, identificando a composição microfitoplanctônica, a quantificação da biomassa e associando a presença desses microrganismos com variáveis físico-químicas nos períodos seco e chuvoso. Os seus resultados apontaram a presença de 155 táxons divididos em 8 classes. Sendo que os táxons mais frequentes no período chuvoso estudado corresponderam às cianobactérias *Dolichospermum circinale* e *Aphanocapsa elegans*.

Silva (2012) realizou um estudo no canal principal do baixo Rio Tapajós em Santarém (PA), com o objetivo de pesquisar a ecotoxicidade e a estrutura da comunidade de cianobactérias no rio e sua relação com os fatores limnológicos e climáticos. Neste estudo foram encontradas onze espécies de cianobactérias distribuídas em dez gêneros. Níveis de microcistina foram detectados em todo o período e sua concentração máxima esteve associada à proliferação de *Microcystis*.

Oliveira *et al.* (2019) ao realizarem um estudo em uma estação de tratamento de água que tem como manancial de captação o rio Amazonas em Macapá (AP) entre abril de 2015 e abril de 2016, relataram o primeiro caso de detecção de microcistina (MC-LR) no rio Amazonas. O referido estudo mostrou que a densidades de cianobactérias e a concentração MC-LR foram baixas na maior parte do ano. Porém teve resultados significativos nas amostras analisadas no trimestre de junho a agosto, período de águas baixas.

2.2 Cianobactérias e saúde pública

Estudos com evidências de sintomas clínicos associados à floração de cianobactérias foram publicados ao longo dos séculos. Sendo que o primeiro relato científico encontrado sobre contaminação por toxinas produzidas por cianobactéria foi o fato ocorrido no lago Tuchomskie, norte da Polônia, em 1672, onde diversos animais morreram ao beberem água do lago, que na ocasião estava com coloração verde (KIRKBY, 1672 apud CODD *et al.*, 2005).

Já o relato mais antigo sobre intoxicação humana por cianotoxinas foi o ocorrido na Austrália, em 1979, onde 140 crianças e 10 adultos foram hospitalizados, após apresentarem sintomas de hepatite seguida de diarreia intensa, após ingerirem água contaminada pela espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* (BOURKE *et al.*, 1983).

Uma pesquisa epidemiológica realizada na China, entre os anos 1993-1994 com intuito de diagnosticar possível causa do alto índice de câncer de fígado na população, identificou que cianotoxinas, em especial as microcistinas, presentes nas águas de lagos, reservatórios e rios, utilizadas para consumo humano, foi considerada a principal causa de câncer na região (SUNDUKOV, 2006; UENO *et al.*, 1996).

Em Paulo Afonso, Bahia, ocorreu uma grave epidemia de gastroenterite no ano de 1988. Onde cerca de 2000 casos foram registrados em um período de 42 dias, sendo que 88 desses casos evoluíram para morte. Com o objetivo de tentar descobrir as causas do problema, foram realizados exames virológicos, bacteriológicos, toxicológicos do sangue e fezes dos pacientes, além de pesquisas hidrobiológicas, bacteriológicas e metais pesados na água de consumo (DA GLORIA *et al.*, 1993). A pesquisa apontou que a causa da infecção era a água captada para tratamento em uma área de barragem do rio São Francisco e uma quantidade não habitual de proliferação de cianobactérias na região (DA GLORIA *et al.*, 1993).

Em Caruaru (PE), em 1996 ocorreu o primeiro relato mundial de mortes de pessoas provocadas por cianotoxinas. Em uma clínica de hemodiálise, foi registrada a morte de vários pacientes, que apresentaram diversos sintomas como: náuseas, vômitos, distúrbio visual e fraqueza muscular, após passarem pelo tratamento rotineiro de hemodiálise (AZEVEDO, 1998; AZEVEDO *et al.*, 2002; CÂMARA NETO, 2011; CARMICHAEL *et al.*, 2001).

Em análises da água do reservatório que abastecia a cidade foram identificadas as hepatotoxinas microcistinas e cilindrospermopsinas. Mesmo a água passando por diversas fases de tratamento antes de ser utilizada para lavar os sistemas de diálises, os procedimentos adotados não retiveram parte das cianotoxinas presentes na água. Após vários estudos foi possível concluir

que a exposição intravenosa à microcistina contribuiu para a morte de sessenta pacientes (AZEVEDO, 1998; AZEVEDO *et al.*, 2002; CÂMARA NETO, 2011; CARMICHAEL *et al.*, 2001; TEIXEIRA ADLOFF *et al.*, 2018).

Após os eventos de morte de pessoas oriundas de intoxicação por consumir água com presença de cianotoxinas, ou mesmo ao usar essas águas nos tratamentos de diálise, o Ministério da Saúde publicou no ano 2001 a primeira portaria com padrões de monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas na água de consumo humano (BRASIL, 2001).

No ano de 2001, no Rio de Janeiro, pacientes de uma clínica de hemodiálise receberam doses sub-letais de microcistinas, porém nenhum sintoma de dano hepático foi constatado, mas chamou a atenção da saúde pública (SOARES *et al.*, 2005).

Svirčev *et al.* (2017) ao realizarem uma ampla revisão sobre o tema, abrangendo os anos de 1960 a 2016, identificaram 42 publicações as quais descreveram 33 casos de intoxicação por cianotoxinas em 11 países diferentes, sendo eles: Austrália, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, Namíbia, Portugal, Sérvia, Sri Lanka, Suécia e Reino Unido

2.2.1 Cianobactéria e legislação brasileira

Com os crescentes casos de intoxicações humanas por cianotoxinas a legislação brasileira incorporou em 29 de dezembro de 2000 uma nova portaria com recomendações e normas de potabilidade da água para o consumo humano, a portaria do Ministério da Saúde nº 1.469/2001 em substituição a Portaria n.º 36 GM do Ministério da Saúde de janeiro de 1990, revendo os padrões de potabilidade e os procedimentos relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano.

Essa portaria trouxe uma melhor adequação em relação aos critérios microbiológicos para água de consumo, que já era recomendado pelos guias da Organização Mundial de Saúde-OMS, dando destaque à adoção da variável *Escherichia coli* como critério bacteriológico e fazendo recomendações de monitoramento de cianobactérias em mananciais de abastecimento público e de cianotoxinas na água tratada (BRASIL, 2001).

Atualmente, os critérios pertinentes às cianobactérias estão dispostos na Portaria de consolidação do Ministério da Saúde nº 05 de 28 de setembro de 2017, que revogou a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Nos parágrafos que se seguem estão descritos os respectivos artigos e parágrafos que versam dos planos de amostragem pertinentes à análise de cianobactérias:

Art. 40. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial e subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40)

§ 1º Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, deve ser realizado o monitoramento de cianobactérias, buscando-se identificar os diferentes gêneros, no ponto de captação do manancial superficial, de acordo com a Tabela do Anexo XI a esta Portaria, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 1º).

§ 2º Em complementação ao monitoramento do Anexo 11 do Anexo XX, recomenda-se a análise de clorofila-*a* no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 3º).

§ 3º Quando os resultados da análise prevista no § 2º deste artigo revelarem que a concentração de clorofila-*a* em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 3º).

§ 4º Quanto a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/mL, deve-se realizar a análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 4º).

§ 5º Quando as concentrações de cianotoxinas no manancial forem menores que seus respectivos VMPs para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 5º)

§ 6º Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no

manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 6º)

§ 7º As autoridades ambientais e de recursos hídricos definirão a regulamentação das excepcionalidades sobre o uso de algicidas nos cursos d'água superficiais. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 40, § 7º) (BRASIL, 2017, p. 444 e 445).

Outra portaria que faz referência à qualidade da água é a CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e traz diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Nesta portaria os padrões de controle e monitoramento de cianobactérias serviram de base para os valores preconizado na portaria nº 05 de 28 de setembro de 2017 de potabilidade, ou seja, 20.000 células. mL⁻¹, para água de classe I. Já para água de classe II o valor de células de cianobactérias não deve exceder 50.000 células.mL⁻¹ em caso do número exceder esse valor deve ser classificada como água de da classe III e neste caso para ser utilizada como manancial de abastecimento público é necessário tratamento avançado a fim de eliminar as toxinas (BRASIL, 2005).

2.3 Cianobactérias em mananciais de abastecimento público

As florações de cianobactérias impactam negativamente os mananciais, a situação torna-se ainda mais preocupante quando se trata de mananciais utilizados para a captação de água. Diferentes pontos de captação de água no Brasil para consumo humano têm enfrentado este problema. Destacando-se os estudos sobre floração nos principais reservatórios de São Paulo, cinco represas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, (SANT'ANNA *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2007), Barra Bonita (SANTOS, 2002; SOTERO-SANTOS *et al.*, 2006) e Billings (ANNA *et al.*, 2007).

No Estado de Pernambuco destaca-se o evento que levou a morte de várias pessoas em clínica de hemodiálise após ser submetida a tratamento com água contaminada com cianotoxinas advindo do abastecimento público (AZEVEDO, 1998; AZEVEDO *et al.*, 2002; CÂMARA NETO, 2011; CARMICHAEL *et al.*, 2001).

Outro estudo que evidencia a ocorrência de cianobactérias em mananciais no referido Estado foi desenvolvido por Molica *et al.* (2005) onde registraram a ocorrência de constantes florações no reservatório de Tapacurá- Recife-PE, fonte de abastecimento público.

Colaborando ainda com estudos sobre floração de cianobactérias no estado de Pernambuco, Ramos *et al.* (2014) verificaram a ocorrência e as densidades de cianobactérias no reservatório de Mundaú (PE), utilizados como fonte de abastecimento público para diversas cidades no agreste pernambucano.

No Sul do país, Chaves *et al.* (2009) descreveram um episódio de florações de cianobactérias tóxicas no rio dos Sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008, rio esse utilizado como fonte de abastecimento público em diversas cidades do estado do Rio Grande do Sul.

No Estado do Paraná o destaque está nas florações de cianobactérias no reservatório do Rio Iraí, principal fonte de abastecimento do Estado, aumentando os gastos com tratamento de água (FERNADES; LAGOS, 2003).

Em Minas Gerais destaca-se os estudos realizados por (FERRAZ, 2012; JARDIM, 2011; SPERLING; JARDIM, 2009) no Rio das Velhas, manancial de abastecimento público. Além do estudo desenvolvido por (JARDIM *et al.*, 2014) que verificou presença de cianobactérias no Rio Doce.

Sá *et al.* (2010), estudaram a ocorrência de uma floração de cianobactéria tóxica no rio Tapajós, no município de Santarém (PA), rio esse utilizado como manancial de abastecimento público.

2.3.1. Tratamentos para remoção de cianobactérias e cianotoxinas

A completa remoção de cianotoxinas da água é um grande desafio nos processos de tratamento convencionais, uma vez que é grande a probabilidade de passagem dessas toxinas (MUNOZ *et al.*, 2019).

Os tratamentos convencionais, coagulação, floculação, sedimentação, filtração, flotação e cloração utilizados em estações de tratamento de água potável não são capazes de eliminar integralmente as cianotoxinas (BIALCZYK *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2016; MUNOZ *et al.*, 2019; VLAD *et al.*, 2014).

Um oxidante que vem ganhando força no combate às toxinas principalmente a microcistina é ozônio. Diversos estudos realizados mostraram seu poder de oxidação tornando-o um grande aliado das indústrias de tratamento de água (MAHMOUD; FREIRE, 2007; RODRÍGUEZ *et al.*, 2007; WERT *et al.*, 2014). Porém a eficiência no processo de tratamento com ozônio depende de alguns fatores como pH, tempo de contato e compostos orgânicos dissolvidos na água (BOURGIN *et al.*, 2017; CHAVES *et al.*, 2009)

O processo de oxidação com ozônio pode ser mais eficiente se ele for associado ao peróxido de hidrogênio, uma vez que esse pode formar radicais livres ($^{\circ}\text{OH}$), um oxidante muito superior, podendo combater até as concentrações mais elevadas das microcistina presentes na água (JASIM; SATHTHASIVAM, 2016; TILAHUN *et al.*, 2019).

2.4 Impactos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Urupá

O Rio Urupá tem sua bacia instalada na região central do Estado de Rondônia, apresenta nascente preservada em virtude da Reserva Pacaás Novas, no entanto ao longo do seu curso observa-se pouca preservação em suas margens (Rondônia, 2007). O referido rio é utilizado

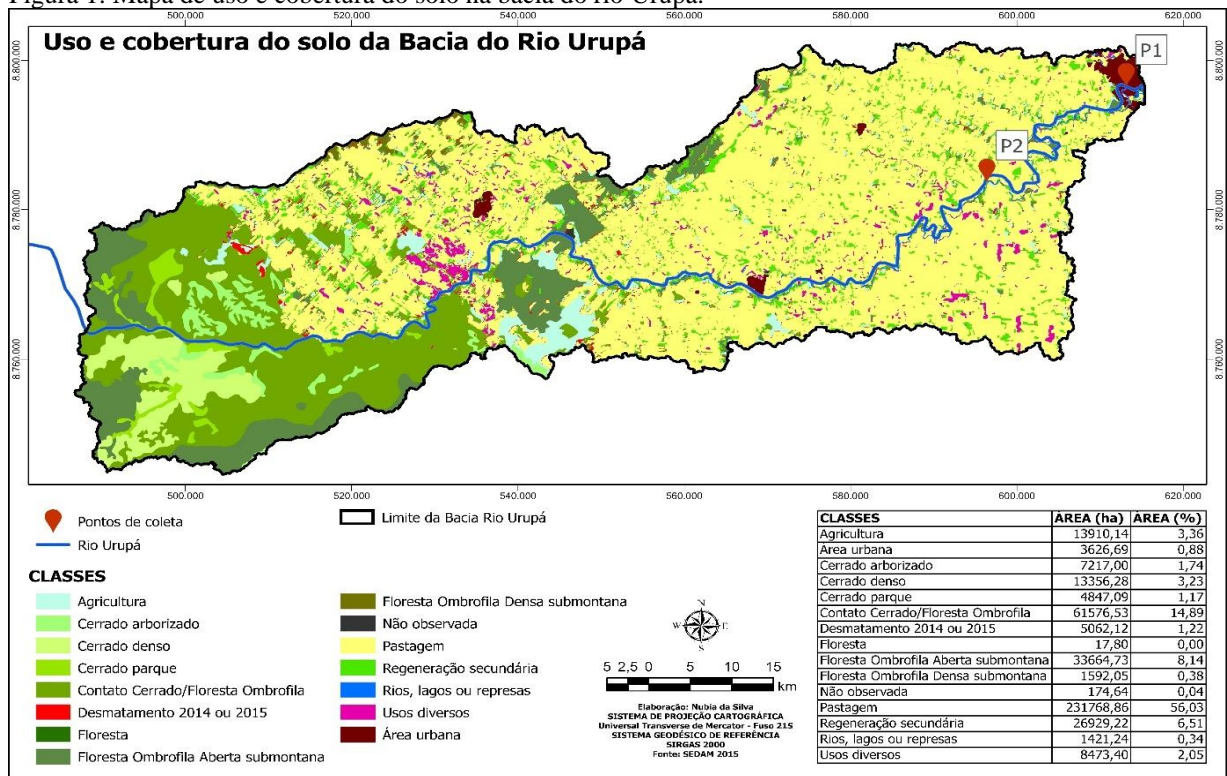
como manancial de captação de água para consumo humano em dois municípios: Urupá e Ji-Paraná (CAERD, 2017).

Com relação aos aspectos de uso e cobertura do solo na bacia do Rio Urupá (figura 1) observa-se que 56,03% da área de drenagem da bacia é referente a pastagens, sendo estimada a criação de 2.664.852 cabeças de gado nos municípios que compreendem a bacia (IBGE, 2017).

Áreas de pastagens comprometem a conservação e regeneração do sistema florestal, uma vez que diminui a diversidade vegetal e animal, facilitando o enfraquecimento do solo e dando condições favoráveis à erosão (OLIVEIRA, 2019).

A erosão promove o carreamento dos nutrientes que são retirados do solo para as áreas baixas, como rios e lagos, causando um desequilíbrio nas concentrações destes nutrientes nas águas (BRIZZI *et al.*, 2019).

Figura 1: Mapa de uso e cobertura do solo na bacia do rio Urupá.



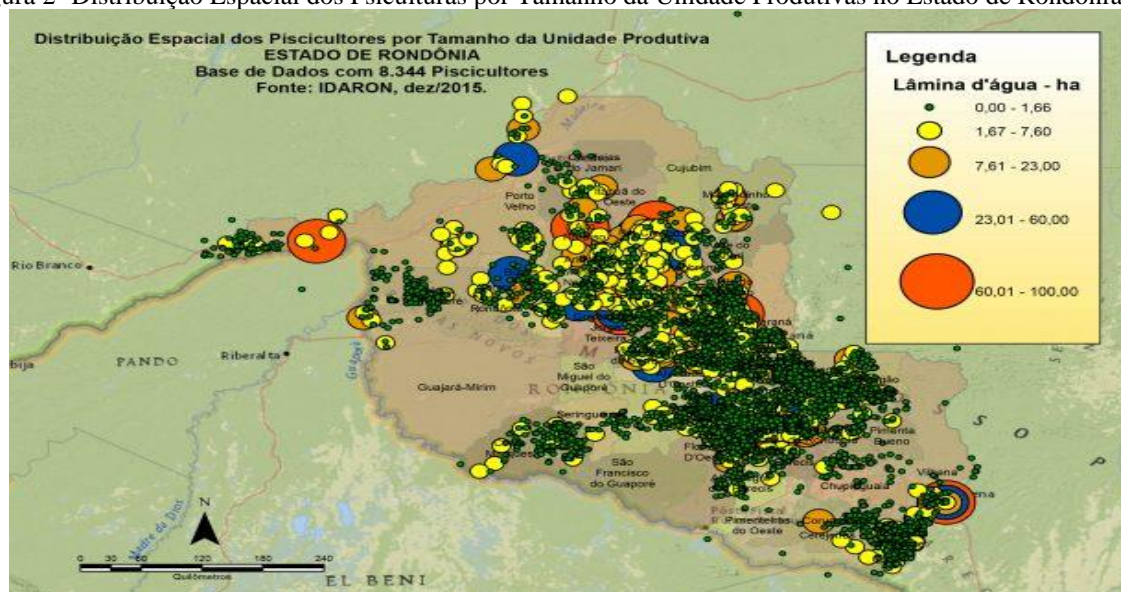
Fonte: (SEDAM, 2015)

Outra importante fonte de poluição presente na bacia do Rio Urupá está relacionada às atividades industriais. Pereira (2019), aponta que há registro de 16 atividades agroindustriais nos órgãos ambientais estaduais e municipais, sendo frigoríficos, laticínios e despolpa de frutos. Também se desenvolvem na bacia 11 atividades de extração mineral.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, (2016) apontam que a atividade de piscicultura também está muito presente na bacia do Rio Urupá, uma vez que dois dos maiores produtores de peixes tambaqui do Estado de Rondônia estão localizados na bacia do referido rio, mais precisamente nos municípios de Mirante da Serra e Urupá, sendo que Mirante é 4º maior produtor do tambaqui do estado e está na 6º posição nacional de produção de Tambaqui, enquanto que o município de Urupá está na 3º colocação na produção de tambaqui no estado e ocupa a 5º colocação no ranking nacional de produção do referido peixe.

Segundo Pereira, (2019) a área drenagem da bacia do Rio Urupá conta com 5.568 tanques de piscicultura, sendo que conforme o mapa de distribuição dos piscicultores por tamanho da Unidade Produtiva (figura 2), observa-se que a região de abrangência da bacia do rio Urupá, tem predomínio de pequenas e médias pisciculturas (IDARON, 2015).

Figura 2- Distribuição Espacial dos Piscicultores por Tamanho da Unidade Produtivas no Estado de Rondônia.



Fonte: Portal do peixe (2020)

Um estudo realizado por Carlsen (2019), sobre mapeamento dos viveiros escavados no Estado de Rondônia por meio de imagens orbitais mostrou que a maioria dos viveiros mapeados se encontra próximo à rios de pequeno e médio porte, com ênfase para as cidades da região central do Estado, como Ariquemes, Mirante da Serra e Urupá, sendo as duas últimas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Urupá.

Na piscicultura em tanques escavados é realizado a renovação da água constantemente durante o processo de engorda, porém durante o procedimento de despesca, um volume expressivo de efluentes é lançado no corpo receptor em pequeno espaço de tempo, esses efluentes são ricos em sólidos suspensos, sólidos totais, demanda química de oxigênio e fósforo total (COLDEBELLA, 2018).

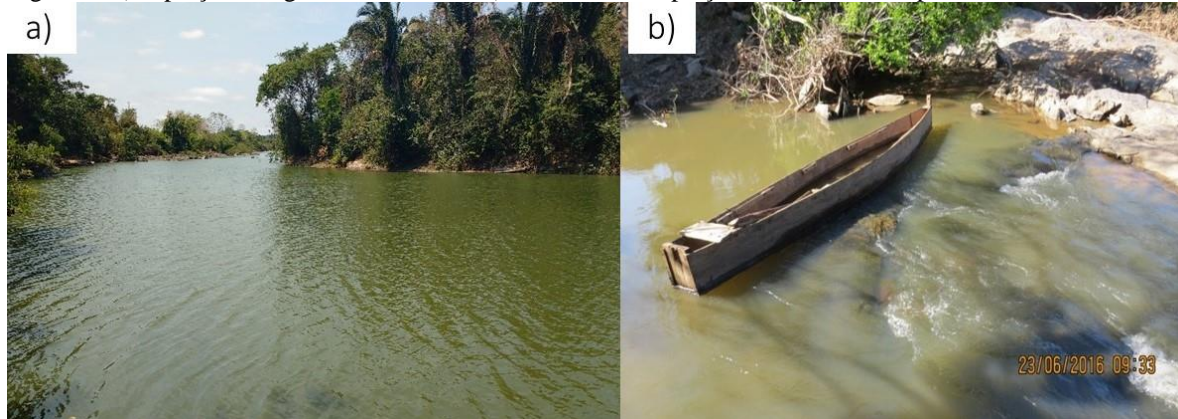
Estão presentes na área de drenagem do Rio Urupá, 3 cidades, sendo elas Mirante da Serra, Urupá e Ji-Paraná. Ressalta-se que as cidades mencionadas não possuem sistema de coleta e tratamento de esgoto, de forma que o esgoto doméstico acaba sendo despejado em fossas rudimentares ou são lançados em pequenos cursos d'água da bacia ou diretamente no Rio Urupá, como retratado pela Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia (SEDAM, 2018).

Segundo informações da Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD (comunicação pessoal), nos últimos sete anos durante o período de estiagem, a companhia tem enfrentado problemas em decorrência da água apresentar gosto e odor. Porém esses eventos nos anos de 2013 a 2015 foram passageiros, num período de três ou quatro dias.

No mês de junho de 2016, houve um evento preocupante que perdurou por mais de 40 dias. Durante esse período, foi notado que desde o ponto de captação de água em Ji-Paraná até o ponto de captação de água na cidade de Urupá, o Rio Urupá apresentou coloração esverdeada, sendo mais característico nas proximidades da captação em Ji-Paraná, conforme figura 3, e a água tratada, mesmo estando translúcida, apresentava odor de barro e mofo, o que foi percebido

pela população de Ji-paraná, trazendo grandes transtornos à companhia e à população em geral (DIÁRIO DA AMAZONAS, 2016).

Figura 3- a) captação de água em Ji-Paraná, b) montante da captação de água em Urupá



Fonte: PILENGHY (2016)

Em setembro do mesmo ano, novas florações de algas verdes foram detectadas no rio Urupá chegando à estação de tratamento de água, causando sérios transtornos no tratamento, em razão do grande volume de lodo verde produzido nos decantadores.

Diante disso, é de fundamental importância estudar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica, com ênfase no grupo cianobactéria nos rios da Amazônia, pois por possuir os menores índices de saneamento básico do Brasil (IBGE, 2010), somado aos impactos gerados pelos diferentes usos e ocupação do solo, podem contribuir para o processo de eutrofização dos rios. Tal processo pode culminar em episódios de florações de cianobactérias as quais podem comprometer a saúde da população, principalmente quando esses eventos ocorrem em mananciais de abastecimento público.

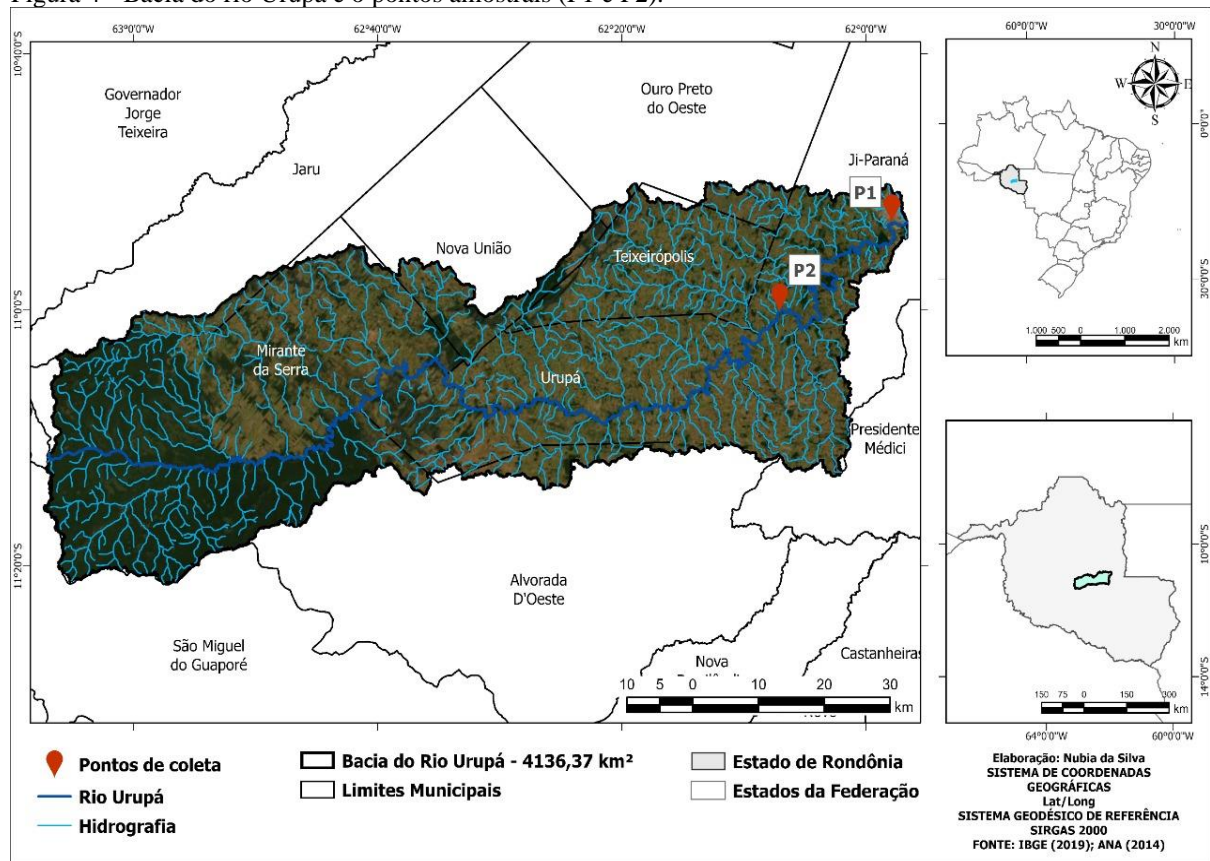
MATERIAL E MÉTODOS

2.5 Área de estudo

Localizada no Centro-Leste do Estado de Rondônia, a bacia do Rio Urupá, drena uma área de aproximadamente 4.209Km², sendo o rio Urupá o principal curso d'água da bacia. O referido rio nasce na reserva indígena Uru-Eu-Wau-Wau no Parque Nacional do Pacaás Novos no município de Mirante da Serra, e desemboca no Rio Ji-Paraná, também conhecido como Rio Machado, no município de Ji-Paraná, possuindo 270,533 Km de extensão (BOLSON, 2006).

A bacia do rio Urupá abrange municípios de São Miguel do Guaporé, Mirante da Serra, Jaru, Urupá, Alvorada do Oeste, Nova União, Ouro Preto do Oeste, Presidente Médici e Ji-Paraná (figura 4). Suas águas são utilizadas de maneira diversa ao longo de toda bacia, com destaque para uso como fonte de abastecimento público nos municípios de Urupá e Ji-Paraná (BOLSON, 2006).

Figura 4 - Bacia do rio Urupá e o pontos amostrais (P1 e P2).



Fonte: IBGE, (2019); ANA, (2014)

Com características da região noroeste da Amazônia, as estações climáticas no Estado são divididas entre período chuvoso e seco (ESPINOZA *et al.*, 2019). Sendo que entre os meses de novembro à março é caracterizado como período de chuvas, e entre os meses de maio a setembro fica caracterizado como período de seca, já os meses de abril e outubro são geralmente os meses de transição entre os regimes, no entanto, em alguns anos que o período de transição pode variar (FISCH *et al.*, 2019; ANA, 2020).

2.6 Delineamento da pesquisa

2.6.1 Desenho Amostral

As amostras de água foram coletadas em 2 pontos do rio Urupá, ambos situados à montante da captação de água pela Companhia de Água e Esgoto de Rondônia (CAERD) em Ji-Paraná, (figura 7). O ponto 1 (P1), está localizado à aproximadamente 20m do ponto de captação, no perímetro urbano da cidade (latitude:-10,88715; longitude: - 61.96602), recebendo influência de despejos de esgotos sem tratamento, drenagem urbana e resíduos sólidos.

O ponto 2 (P2) situa-se à aproximadamente 13.000 metros da captação (latitude:-11,00224; longitude: - 62,1172). Localizado na zona rural do município, em uma área de vegetação tipo capoeira em suas margens, recebendo maior influência de região de agropecuária e piscicultura. A escolha dos pontos se deu em virtude do P1 estar localizado dentro da área urbana e P2 estar na zona rural, portanto as análises visa identificar a possível influência da cidade sobre a qualidade da água do rio Urupá.

Figura 5-Pontos de coleta no Rio Urupá (a) P1 (b) P2.



Fonte: A Autora

No P1 foram coletadas amostras de água superficial a cada 15 dias e no P2 a cada 30 dias. As coletas foram realizadas entre os meses de maio de 2019 à março de 2020, conforme tabela 1.

Tabela 1: Datas das coletas nos Ponto 1 e 2 no rio Urupá e dados de chuvas nos dias das coletas.

Data	Mês	Ponto 1	Ponto 2	Chuva nas últimas 24 horas (mm)
15/05/2019	Mai	P1	P2	0
31/05/2019	Mai	P1		0
12/06/2019	Jun	P1	P2	0
26/06/2019	Jun	P1		0
16/07/2019	Jul	P1	P2	0
31/07/2019	Jul	P1		4,8
14/08/2019	Ago	P1	P2	0,2
28/08/2019	Ago	P1		0,2
17/09/2019	Set	P1	P2	0
	Set	P1		
30/09/2019				0
17/10/2019	Out	P1		0
01/11/2019	Out	P1	P2	0,2
20/11/2019	Nov	P1		0
03/12/2019	Nov	P1	P2	0
23/12/2019	Dez	P1		18,4
07/01/2020	Jan	P1	P2	0,2
30/01/2020	Jan	P1		24,8
17/02/2020	Fev	P1		24,8
11/03/2020	Mar	P1	P2	15,6

Fonte: (A Autora; ANA,2020)

Estavam previstas duas coletas por mês no P1 e uma coleta por mês no P2, porém durante o período amostral em razão de alguns imprevistos não foi possível realizar as duas coletas dentro do mês, portanto as mesmas foram realizadas logo no início no mês seguinte, foi o caso dos meses de outubro e novembro.

Porém no mês de dezembro e fevereiro foram realizadas apenas as coletas no P1 não sendo possível a realização das duas coletas mensais, em virtude dos feriados prolongados em ambos os meses, assim como no mês de março. Ressalta-se que as coletas do P1 dos meses de fevereiro e março foram realizadas na entrada de água bruta na Estação de Tratamento de Água, em consequência da cheia do rio.

Todas as coletas de água foram realizadas às margens do rio em um, com auxílio de um coletor específico constituído por uma haste e um recipiente PET, no intuito de melhor representar a água do rio. Destaca-se que não foi coletado em região de meandro, mas sim de água corrente. Cada amostra de água coletada seguiu procedimentos de campo e laboratório visando sua conservação para as análises a serem realizadas, como descrito nos tópicos que se seguem.

2.7 Vazão e precipitação

As vazões médias do rio Urupá e os dados médios de precipitação pluviométrica na sua bacia durante o período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como os dados de precipitação dos últimos anos, foram extraídos do Portal Hidroweb do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, da estação fluviométrica Fazenda Apurú (código 15558500) (ANA, 2020).

2.8 Dinâmica de cianobactérias no rio Urupá e variáveis limnológicas

2.8.1 Coleta e análise taxonômica do fitoplâncton

Para as análises quali-quantitativas do fitoplâncton foram coletadas amostras de água da superfície (primeiros 50cm) utilizando garrafas pet de 500mL. Posteriormente as amostras foram protegidas da luz e fixadas com lugol 5% (CETESB, 2012). A análise taxonômica e a densidade celular foram determinadas pela técnica de Ütermohl (1958). As análises taxonômicas foram realizadas visando principalmente a identificação em nível de gênero da comunidade fitoplanctônica, e para o grupo de cianobactérias, a identificação ocorreu, sempre que possível, a nível de espécie.

2.8.2 Coliformes totais e fecais

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas segundo a metodologia apresentada em APHA (1998), empregando membranas filtrantes em meio cromogênico. Para a coleta de água destinada a análise de coliformes, foram utilizadas garrafas de água mineral lacradas (500 mL). O conteúdo da garrafa foi descartado no local da coleta, em seguida foram coletadas amostras de água de superfície e posteriormente encaminhadas ao laboratório onde ficaram refrigeradas até o momento das análises.

2.8.3 Clorofila-a

Como indicador de crescimento de biomassa fitoplanctônica foi analisada a concentração de clorofila-a. Para tanto, foram coletados 500 mL de água da superfície com uso de garrafa PET, as quais foram mantidas na ausência de luz e refrigeradas até a análise. Em laboratório as amostras foram filtradas em membranas de microfibras de vidro de 0,45µm de porosidade. A extração do pigmento foi realizada com etanol quente (95%), método adaptado de Jespersen e Christoffersen (1987), Nøges e Solovjova (2000), Pereira (2011) e do Protocolo de Monitorização e Processamento Laboratorial da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2009).

2.8.4 Variáveis físico-químicas da água (temperatura, condutividade elétrica, pH, alcalinidade, turbidez, transparência e oxigênio dissolvido)

In loco foi determinada a temperatura da água e a condutividade elétrica por meio de condutivímetro portátil (YSI-300). O pH foi medido através do uso de pHmetro de bancada (Alfakit AT-315). Com uso do disco de *Secchi*, foram determinados em campo os valores de transparência da água. A turbidez foi analisada em laboratório por meio de um turbidímetro portátil (Hach - 2100P). Foram coletadas amostras de água visando a determinação de oxigênio dissolvido (OD) por meio de titulação e a alcalinidade analisada através do método potenciométrico, como descrito em APHA (1998).

As determinações de nitrato, amônia, nitrito, fósforo dissolvido e fósforo total foram realizadas por técnica espectrofotométrica de acordo com APHA (1998), utilizando espectrofotômetro digital (Kazuaki IL-226).

Todas as amostras de água destinadas às análises em laboratório, foram coletadas na superfície da água (primeiros 50cm) com uso de garrafa pet e mantidas resfriadas até a chegada no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM do Departamento de Engenharia Ambiental-DAEA da Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, campus de Ji-Paraná.

2.9 Cálculo do Índice do Estado Trófico (IET)

Para o cálculo do Índice de Estado Trófico seguiu-se o método descrito por Lamparelli, (2004), os dados para IET fósforo total, conforme a equação.

Equação:

$$IET(PT) = 10 \left\{ 6 - \left[\frac{0,42 - 0,36 \cdot \ln(PT)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g/L}$;

ln: logaritmo natural.

Quadro 1: Classificação do estado trófico para os valores de IET(PT) em ambiente lóticos.

Categoria do Estado Trófico	Ponderação	P.total P($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$\text{Pt} \leq 13$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < \text{Pt} \leq 35$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < \text{Pt} \leq 137$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < \text{Pt} \leq 296$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < \text{Pt} \leq 640$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$\text{Pt} > 640$

Fonte: adaptado de Lamparelli,(2004)

2.10 *Análise das Componentes Principais*

Com a finalidade de verificar a formação de padrões temporais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e as características do rio Urupá, nos dois pontos analisados, aplicou-se aos dados a Análise das Componentes Principais (ACP), via matriz de correlação.

A ACP é uma metodologia de estatística multivariada que tem como objetivo transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão chamadas de componentes principais, com a finalidade de arquivar o máximo de informação contida nos dados com a menor perda possível da informação (CABRAL; ALMEIDA, 2018).

2.11 *Questionário*

A obtenção de informações junto aos técnicos e/ou operadores das Estações de Tratamento de Água (ETA) da CAERD no Estado, foi realizada por meio de um questionário estruturado, composto de seis questões. O questionário foi enviado via e-mail para os operadores de dezesseis municípios, sendo eles: Ouro Preto, Jarú, Porto Velho, Presidente Médici, Santa

Luzia, Colorado do Oeste, Cabixi, Costa Marques, Espigão do Oeste, Cerejeiras, Seringueiras, São Miguel, Urupá, Mirante da Serra, Teixerópolis e Nova Brasilândia.

Tais municípios foram selecionados levando em consideração a estrutura do sistema de tratamento de água, com estações de tratamento tipo aberta e convencionais (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção). O objetivo da aplicação do questionário foi verificar a possível ocorrência de florações de cianobactérias em outros mananciais de captação de água do Estado de Rondônia operados pela CAERD. Situação que pode trazer prejuízos à saúde da população consumidora da água distribuída em virtude da possível presença de cianotoxinas.

3.0 Levantamento das unidades de saúde

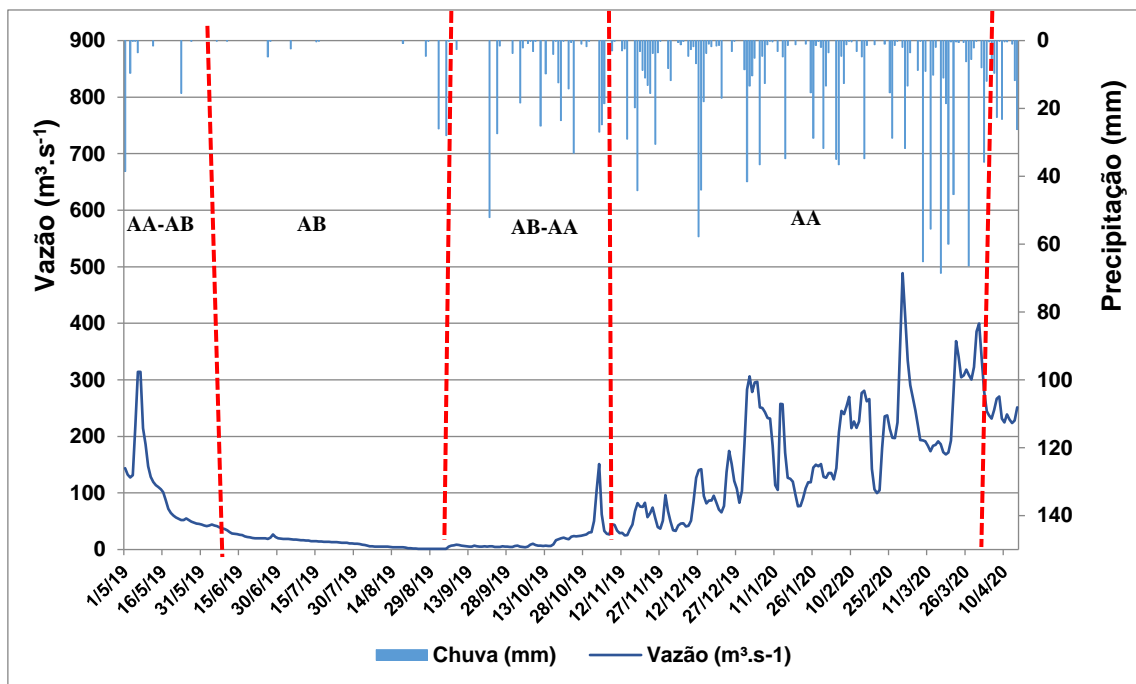
Foi realizada uma pesquisa junto à Secretaria de Vigilância Ambiental e Saúde dos municípios os quais possuem como manancial de abastecimento o Rio Urupá, a saber Ji-Paraná e Urupá, com a finalidade de levantar o quantitativo das unidades de saúde e clínicas de hemodiálise que existem nos municípios, e quais utilizam água distribuída pela CAERD.

3 RESULTADOS

3.1 Vazão e precipitação

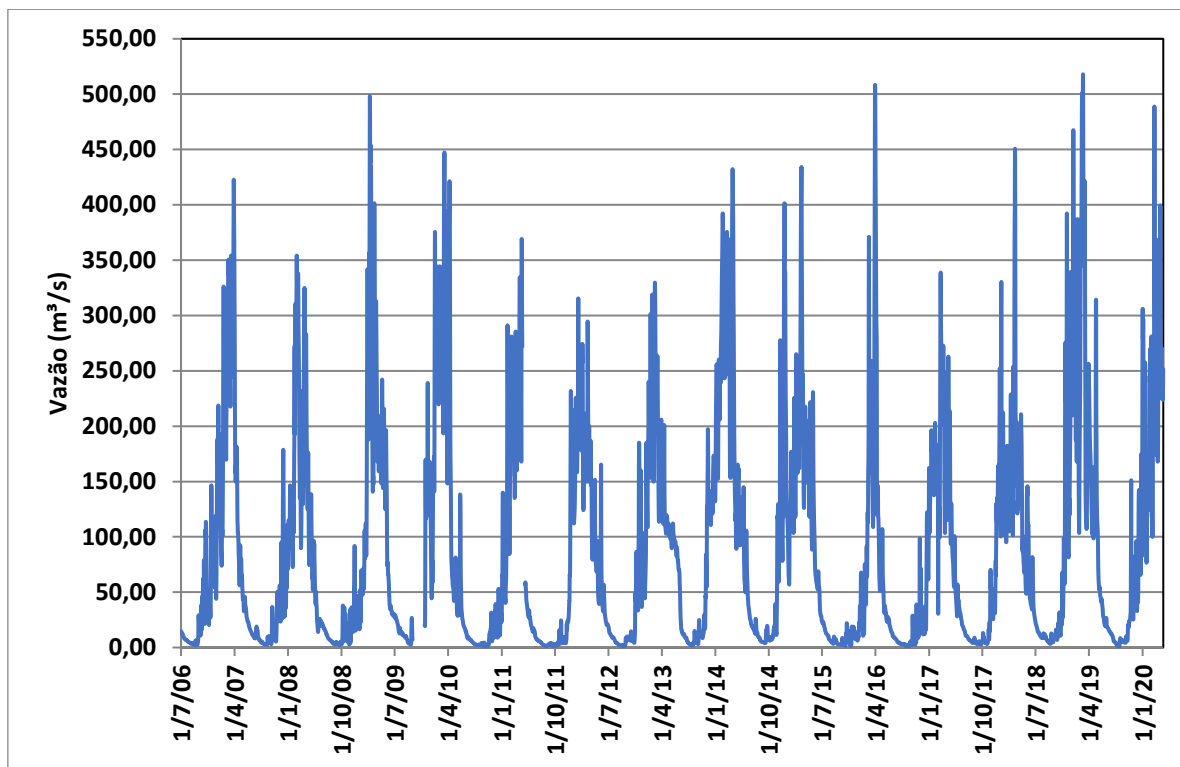
No período de transição Águas Altas (AA) - Águas Baixas (AB), maio de 2019, a precipitação foi de 69,6mm de chuva e a vazão média foi de $108,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. No período de Águas Baixas (AB), junho à agosto de 2019, a precipitação foi de 40mm de chuvas e vazão média foi de $19,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Já no período de transição Águas Baixas – Águas Altas (AB-AA), setembro à outubro de 2019 a precipitação foi 294,2mm e a vazão média foi de $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Por fim, no período de Águas Altas (AA), que correspondeu aos meses de novembro à março a precipitação e a vazão média foram de 9,26mm e $158,88 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ respectivamente. Os dados de precipitação e vazão são apresentados nas figuras 6 e 7.

Figura 6- Vazão e precipitação pluviométrica na bacia do rio Urupá durante o período amostral.



Fonte: Ana (2020)

Figura 7- Vazão no Rio Urupá de 2006 à 2020.



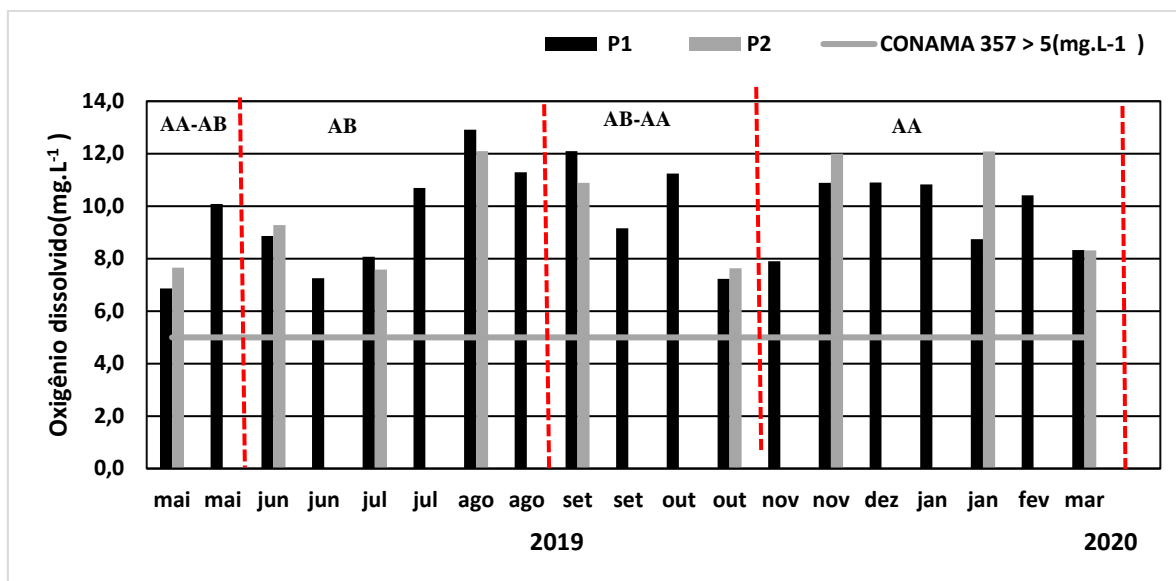
Fonte: (ANA, 2020)

3.2 Variáveis limnológicas

3.2.1 Oxigênio Dissolvido

Com relação aos valores de oxigênio dissolvido (OD) apresentados na figura 8, foi observado que durante todo o período amostral, tanto o P1 quanto o P2 apresentaram concentrações acima de 5mg.L^{-1} , que corresponde à concentração preconizada pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

Figura 8 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020)



Fonte: A autora

A maior concentração de OD no P1 foi 12,91mg.L⁻¹ (agosto/2019) enquanto que a menor concentração foi de 6,86 mg. L⁻¹ (maio/2019). Já no P2 o maior valor encontrado foi de 12,10 mg.L⁻¹ (agosto/2019) e o menor foi de 7,58 mg.L⁻¹.

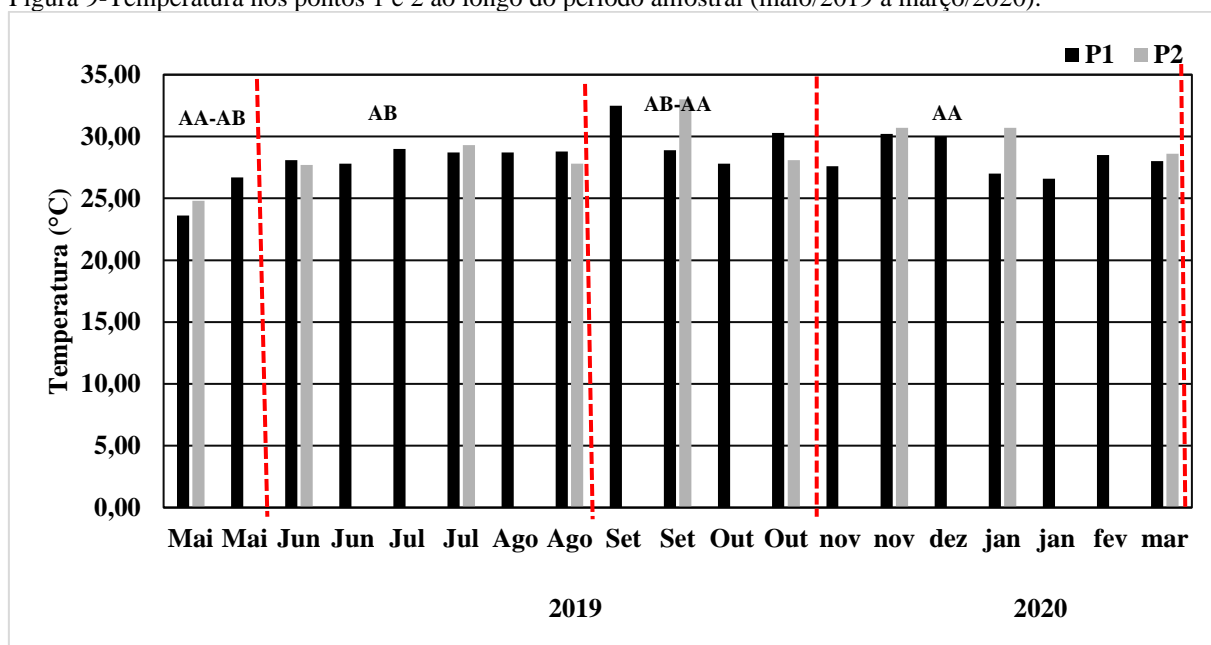
3.2.2 Temperatura

A temperatura é um parâmetro físico da água importante, uma vez que tem influência direta sobre a solubilidade dos gases nesse meio, sendo essencial para a caracterização de um ecossistema aquático. Ela pode ser influenciada por condições tais como, altitude, latitude, estação do ano, período do dia e profundidade (CETESB, 2017).

Além disso, a temperatura da água exerce um papel importante no controle de espécies aquáticas, sendo considerada uma das características mais importantes do meio aquático (CETESB, 2017).

No período amostral a temperatura teve uma variação significativa de aproximadamente 10°C (figura 9). No P1 a menor temperatura foi 23,6 °C (maio/2019) e o maior valor encontrado foi de 32,5°C (setembro/2019). No P2 seguiu o mesmo panorama, sendo o menor valor 24,8 °C (maio/2019) e o maior 33,0°C (setembro/2019). O P2 apresentou temperatura um pouco maior quw P1, em razão de que no P1 existe mata ciliar enquanto que em P2 é uma área aberta, sem proteção.

Figura 9-Temperatura nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: A autora

3.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH) e alcalinidade

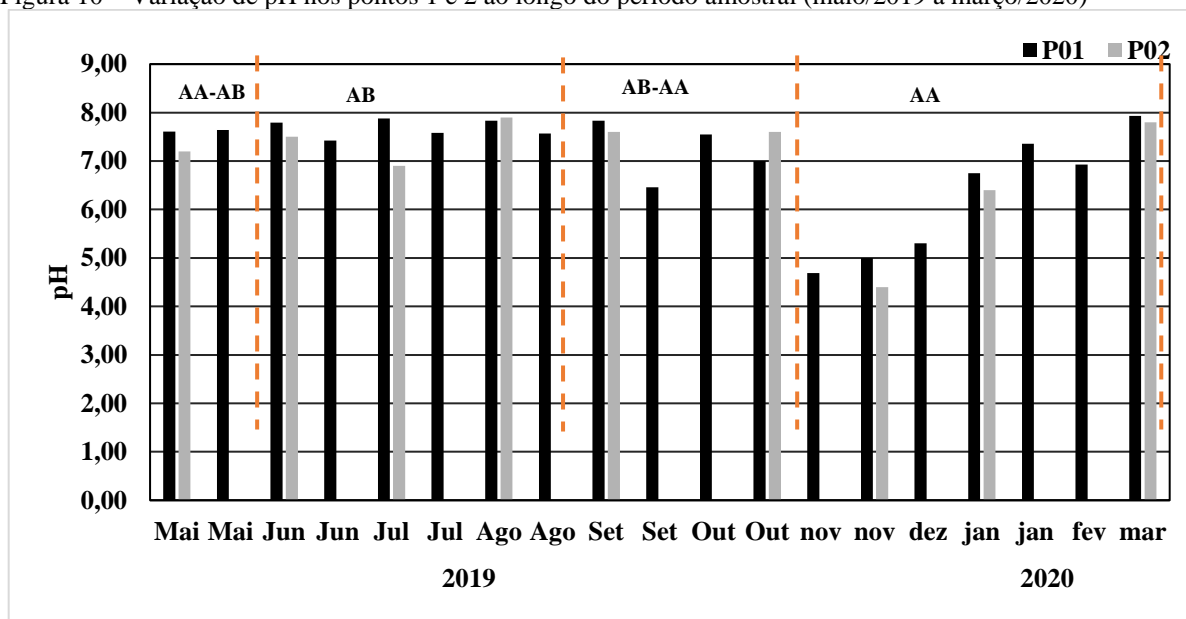
O pH aponta as condições em que se encontra o ambiente, como acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, suas alterações estão relacionadas a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese (ESTEVES, 2011).

A resolução do CONAMA 357/2005 traz como valores orientadores para as águas de classe 2 faixa de pH entre 6 e 9.

Alcalinidade pode ser definida como a capacidade da água em reagir quantitativamente com um ácido forte até um certo valor de pH. Sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos são os principais elementos da alcalinidade (CETESB, 2017).

No P1 (figura 10) ao longo do período amostral o pH variou de 4,7 (novembro/2019) à 7,9 (julho/2019 e março/2020). Já no P2 a variação foi de 4,4 (novembro/2019) à 7,9 em agosto/2019.

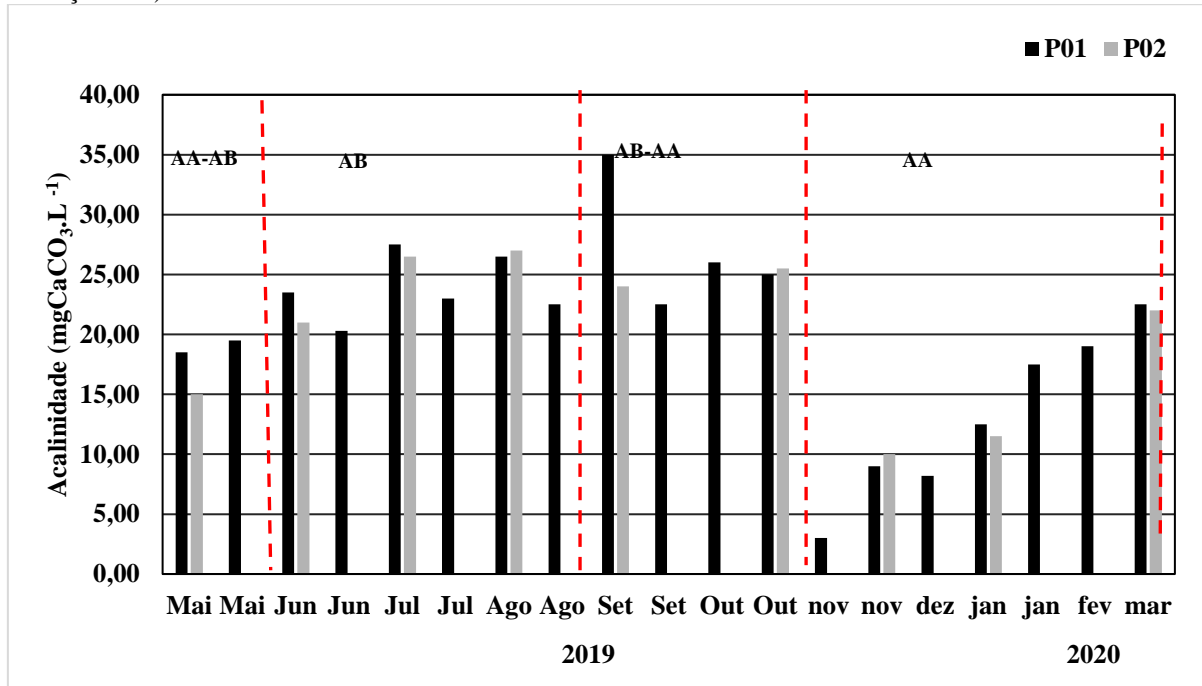
Figura 10 – Variação de pH nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020)



Fonte: A autora

A alcalinidade seguiu comportamento semelhante ao pH (figura 11), apresentado valores no P1 variando de 3,0 mgCaCO₃.L⁻¹ (novembro/2019) à 27,5 mgCaCO₃.L⁻¹ (julho/2019) e 35.0 mgCaCO₃.L⁻¹ (setembro/2019). No P2 a variação foi 10 mgCaCO₃.L⁻¹ (novembro/2019) à 27 mgCaCO₃.L⁻¹ (agosto/2019).

Figura 11- Variação de Alcalinidade em ($\text{mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



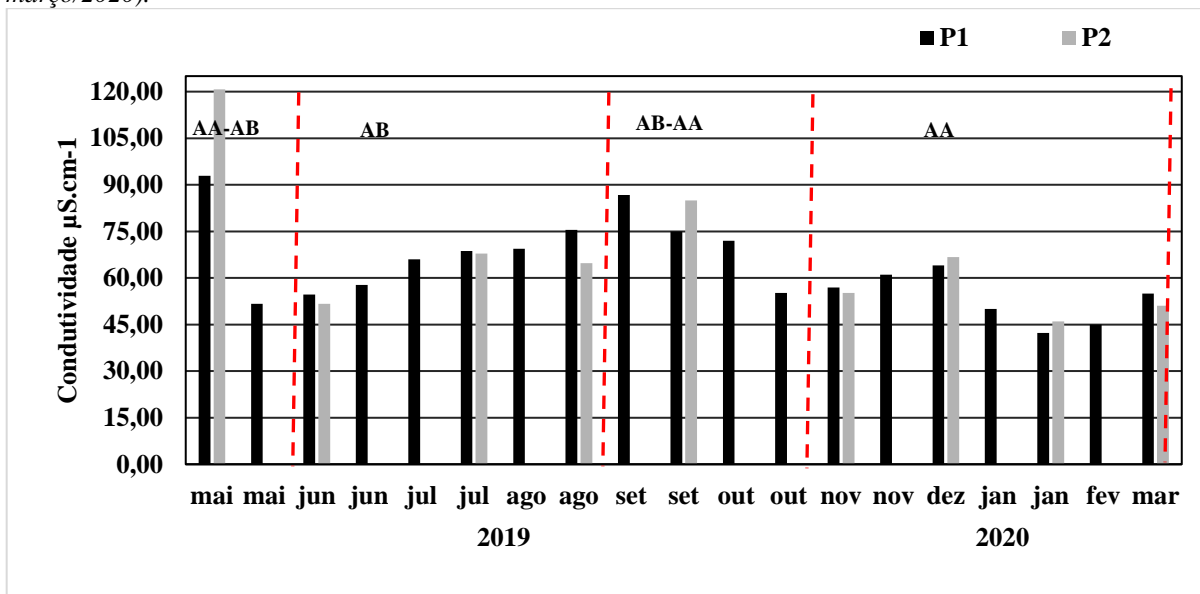
Fonte: A autora

3.2.4 Condutividade elétrica

Condutividade é a expressão em forma de números da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Ela indica a quantidade de sais presentes na coluna d'água e depende da temperatura e das concentrações, ou seja, a condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2017).

Os valores de condutividade elétrica (CE) encontrados neste estudo (figura 12) variaram no P1 de $42\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (fevereiro/2020) à $92,9\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (maio/2019). Já no P2 a variação foi de $46\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (janeiro/2020) à $120\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (maio /2019).

Figura 12-Variação da condutividade elétrica nos P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: A autora

3.2.5 Turbidez e Transparência da água

A turbidez é o grau de dificuldade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, atribuindo um aspecto turvo à mesma (CETESB, 2017). A turbidez da água se deve à presença de materiais sólidos em suspensão, essa presença reduz a transparência da água. Pode ser causada também pela presença de matéria orgânica, algas, plâncton e outras substâncias como o zinco, manganês, ferro, argila e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (FUNASA,2013).

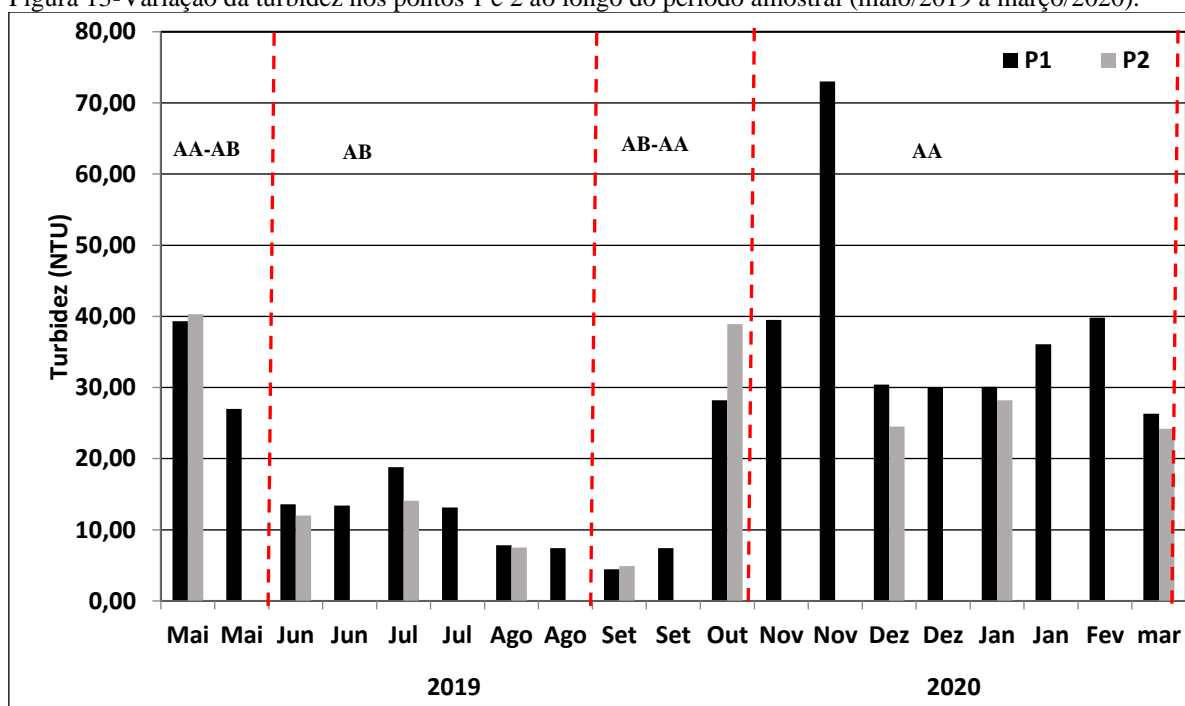
A transparência da água é medida através da profundidade que se pode visualizar o disco *Secchi* na água. É definida como a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água de lagos ou reservatórios (CETESB, 2017).

As figuras 13 e 14 apresentam os valores obtidos de turbidez e transparência da água, respectivamente.

A maior transparência da água encontrada no P1 foi de 83cm obtida nas coletas de junho e agosto de 2019, enquanto a turbidez no P1 foi de 13,4 UNT (junho/19) e 7,53(agosto/19) UNT, respectivamente. Já a menor transparência foi de 30cm (novembro/2019 e fevereiro/2020) enquanto que a turbidez nestes meses em P1 foi 39,5 UNT e 39,8UNT respectivamente nos meses de novembro/2019 e fevereiro/2020.

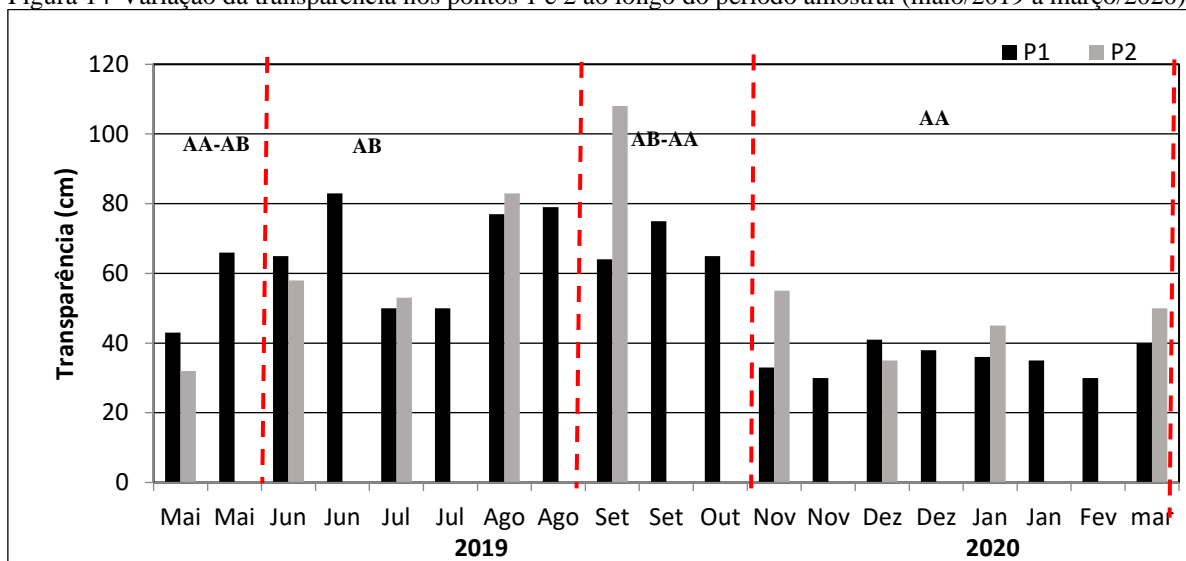
No P2 a transparência variou de 32 cm (maio/2019) à 108cm (setembro/2019), enquanto que a turbidez variou de 4,91 UNT (setembro/2019) a 40,3 UNT (maio/2019).

Figura 13-Varição da turbidez nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: A autora

Figura 14-Variação da transparência nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: A autora

Observou-se que no período de águas baixas os valores de transparência foram maiores enquanto que os valores de turbidez foram menores. Isso deve-se ao menor carreamento de partículas orgânicas e inorgânicas do solo para o leito do rio e menor suspensão de sedimentos em razão da baixa precipitação.

3.2.6 Nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total

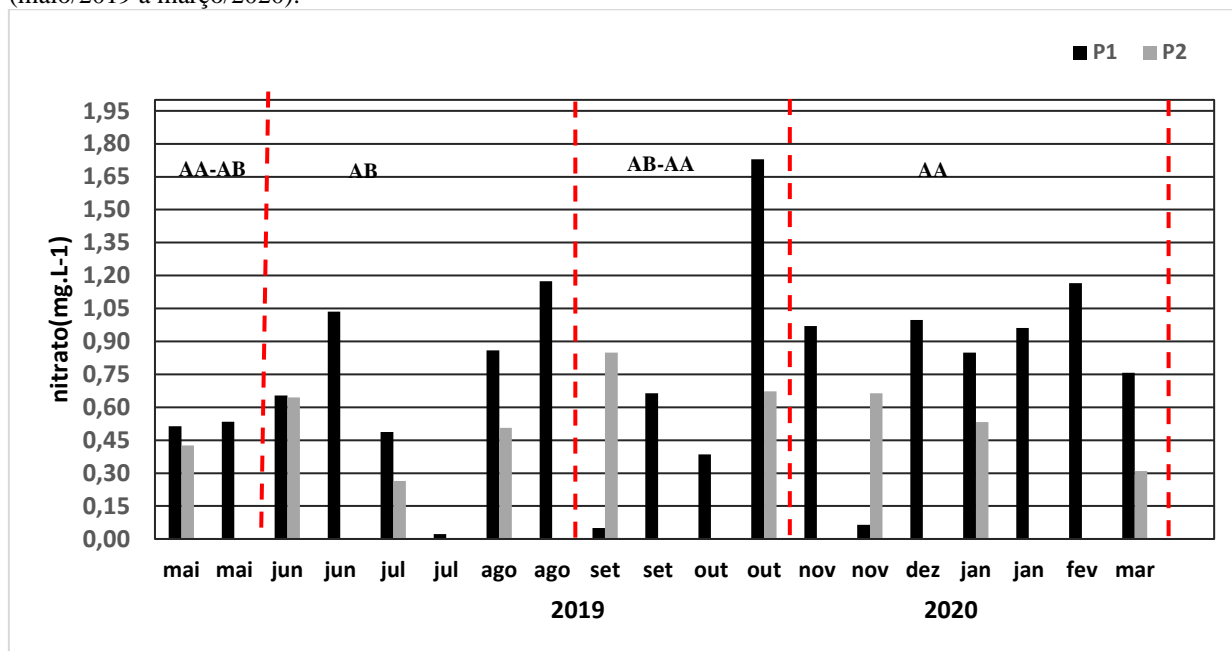
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. A amônia é transformada a nitrato através do processo de nitrificação, nitrito é formado como um produto intermediário. Se a conversão para nitrato é impedida, concentrações significantes de nitrito podem acumular no ambiente. O nitrato presente em um corpo d'água é indicativo da poluição referente ao final do processo de nitrificação (SAMPAIO et al., 2019).

As formas nitrogenadas são indicativos de poluição de águas naturais e o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas

primeiras são denominadas formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas (CETESB, 2017).

A Portaria consolidada nº 05 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde e a resolução CONAMA 357/2005, determinam que o valor máximo de nitrato na água seja de 10 mg.L⁻¹. As concentrações de nitrato encontram-se na figura 15. Já os valores de nitrito preconizados nas legislações citadas correspondem a 1,0 mg.L⁻¹, os dados são apresentados na figura 16.

Figura 15-Variação das concentrações de nitrato (mg.L⁻¹) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



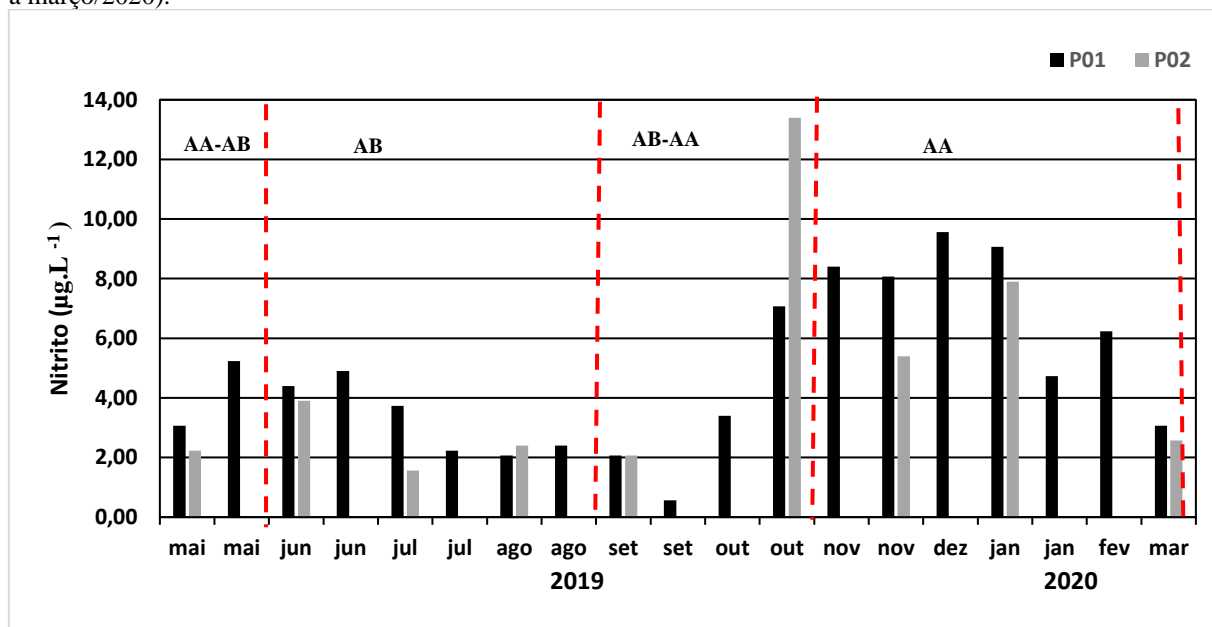
Fonte: A autora

Os valores de nitrato no P1 variaram de 0,022 mg.L⁻¹ (julho/2019) à 1,730mg.L⁻¹ (outubro/2019). Já no P2 o menor valor foi de 0,264 mg.L⁻¹ (julho/2019) e o maior de 0,850mg.L⁻¹ (setembro/2019). Todos os valores ficaram abaixo do preconizado na CONAMA 357 para águas classe II (10mg.L⁻¹).

Com relação as concentrações de nitrito (figura 16). Verificou-se que todos os valores se apresentaram abaixo do preconizado pela CONAMA 357/2005 para água de classe II que é de

1.0 mg.L⁻¹. A variação apresentada na presente pesquisa foi de 1,56 µg.L⁻¹ (julho/ 2019) à 13,40 µg.L⁻¹ (outubro/2019). Evidenciando baixas concentrações deste nutriente.

Figura 16- Variação das concentrações de nitrito (ug.L⁻¹) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



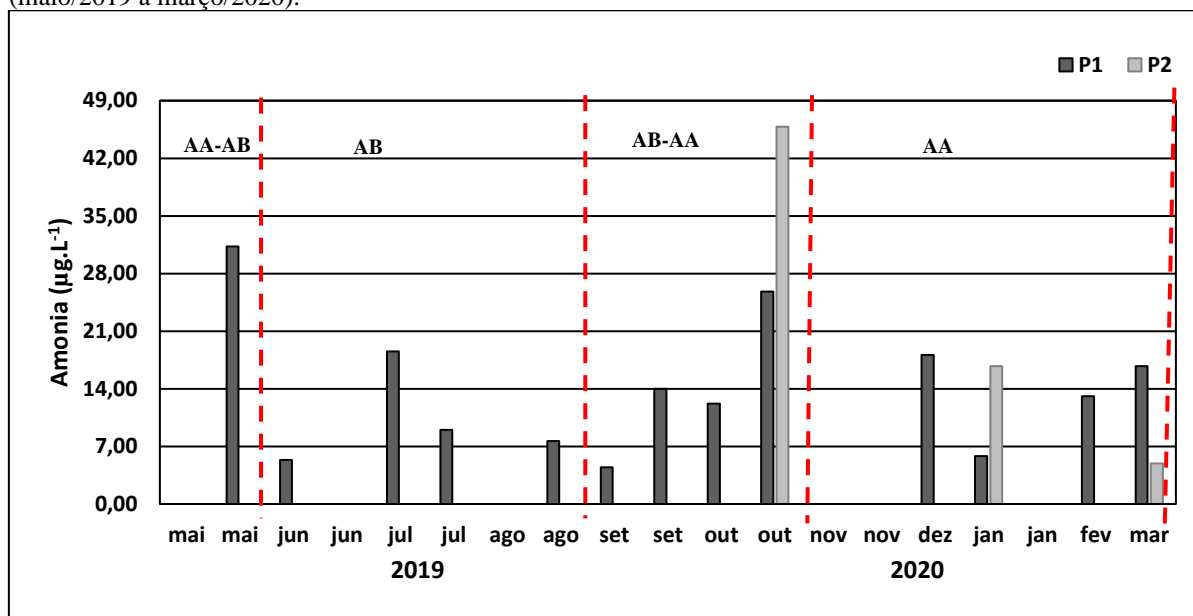
Fonte: A autora

A amônia é liberada na água pela degeneração da matéria orgânica, dejetos de animais e por atividades humanas como: despejos de esgoto sanitário, efluentes industriais, e nas áreas agrícolas a amônia pode ser escoada para os corpos hídricos pelas águas das chuvas em solos fertilizados. A amônia ainda e pode ser encontrada naturalmente em todos os ambientes: ar, água, solo, planta e animais (CETESB, 2017).

Na presente pesquisa foram encontrados valores de amônia variando de 4,45 µg.L⁻¹ (setembro/2019) à 32,27 µg.L⁻¹ (maio/2019) no P1. Ressalta-se que em 5 das 19 amostras coletadas no P1 não foi detectado presença de amônia, pois apresentaram valores menores que 3µg.L⁻¹ (limite de detecção da análise). Já no P2 a variação foi de 4,91 µg.L⁻¹ (novembro/2019)

à $45,81 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro/2019), observou-se que apenas em 3 amostras das 9 coletadas em P2 foi detectado presença de amônia, conforme figura 17.

Figura 17 – Variação da concentração de Amônia em ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).

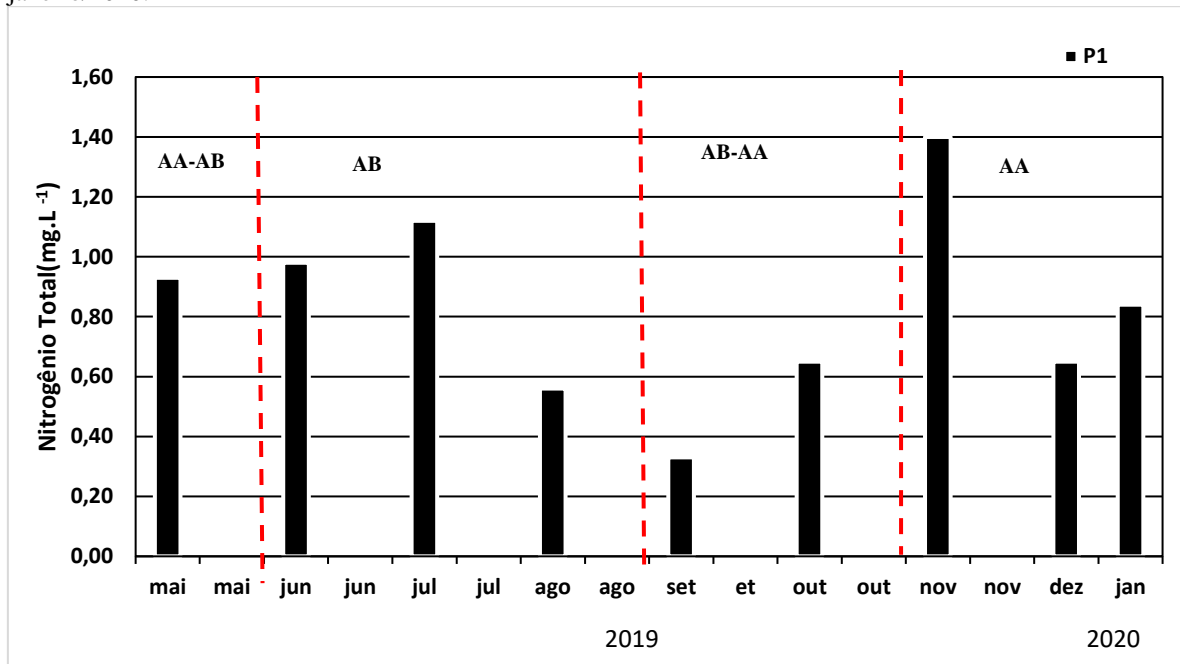


Fonte: A autora

Nitrogênio total é o conjunto das concentrações dos compostos nitrogenados inorgânicos (amônia, nitrito e nitrato) e orgânicos (dissolvidos e em suspensão) presente no curso hídrico decorrentes do ciclo do nitrogênio, sendo um importante nutriente para o crescimento dos microrganismos (VON SPERLING, 2005).

Para as análises de nitrogênio total foram selecionadas as amostras das primeiras coletas do mês do P1. Os dados para a presente pesquisa estão apresentados na figura 18, sendo o menor valor encontrado no período de estiagem, igual a $0,33\text{mg.L}^{-1}$ (setembro/2019) e o maior valor no período de enchente igual a 14mg.L^{-1} (novembro/2019).

Figura 18- Variação da concentração de nitrogênio total em mg.L⁻¹, em P1 durante o período de maio/2019 à janeiro/2020.



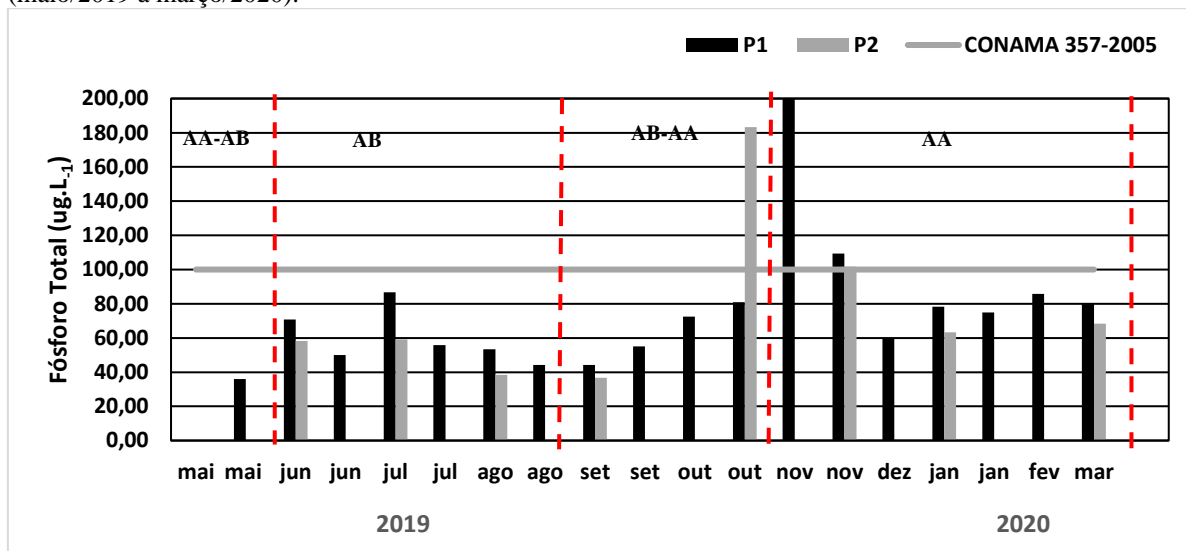
Fonte: A autora

3.2.7 Fósforo total e dissolvido

O fósforo é considerado a principal fonte de poluição de águas superficiais. São advindos de descargas de esgoto, matéria orgânica e alguns detergentes, além de efluentes industriais. O fosforo também é muito utilizado em áreas agrícolas podendo ser drenado para os corpos hídricos. Outra fonte de poluidora que contém grandes quantidades de fosforo são as pisciculturas, uma vez que as rações dos peixes são ricas neste mineral (CETESB, 2017).

Os valores de fósforo total encontrados no P1 (figura 19), sofreu uma variação de 36 µg.L⁻¹ (maio/2019) à 200,83 µg.L⁻¹ (novembro/2019). Já no P2 a variação na concentração de fósforo total foi de 36,7 µg.L⁻¹ (setembro/2019) à 183,33 µg.L⁻¹(outubro/2019).

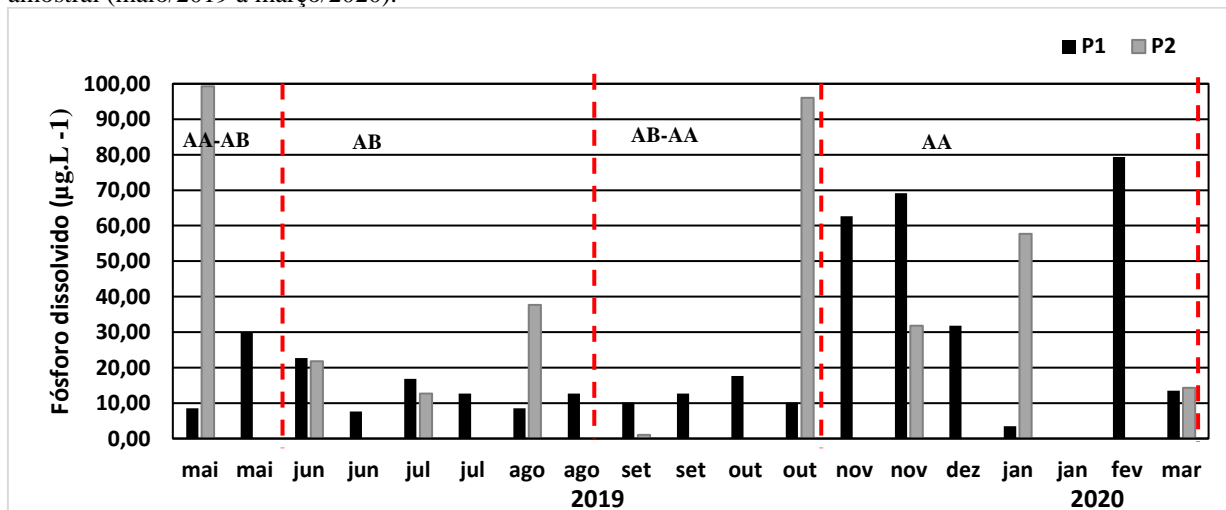
Figura 19- Variação nas concentrações de Fósforo total nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020).



Fonte: A autora

Com relação ao fósforo dissolvido (figura 20), as variações na concentração do referido nutriente no P1 foi de 3,5 µg.L⁻¹ (maio/2019) à 69,20 µg.L⁻¹ (novembro/2019). Já no P2 a variação na concentração de fósforo dissolvido foi de 1 µg.L⁻¹ (setembro/2019) à 99,33 µg.L⁻¹ (maio/2019). Nos meses de maio/2019, agosto/2019, outubro/2019, janeiro/2020 e março/2020 os valores de fósforo dissolvido encontrados no P2 foram maiores que os encontrados no P1.

Figura 20- Variação na concentração de Fósforo dissolvido (µg.L⁻¹) nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020).

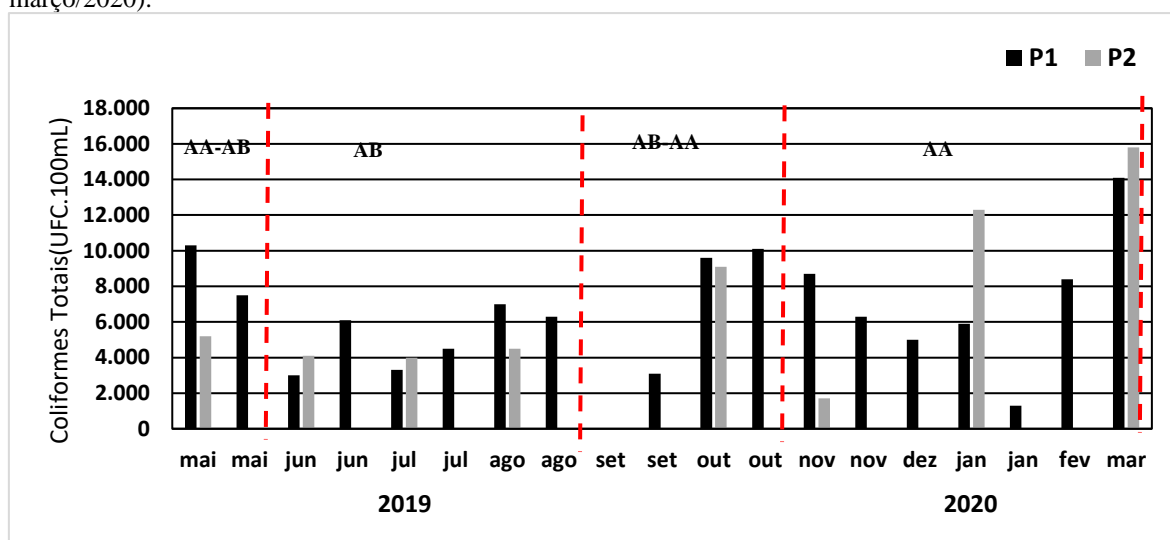


Fonte: A autora

3.2.8 Coliformes fecais e totais

As análises de coliformes totais e fecais foram realizadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho com o objetivo de verificar se os pontos estudados no rio Urupá recebem esgoto doméstico ou carregamento de poluição fecal difusa, devido ao rio Urupá estar inserido em uma região com forte atividade agropecuária e pela ausência de coleta e tratamento de esgoto adequada nas cidades inseridas nesta bacia. Os dados são apresentados nas figuras 21 e 22.

Figura 21-Variação de coliformes totais encontrado no P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: A autora

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o P1 no período de AB (junho à setembro/2019), os valores de coliformes totais foram menores, variando de 3.000 UFC/100mL (junho/2019) à 7.000 UFC/100mL (agosto/2019). Já os coliformes fecais apresentaram variação de 100UFC/100mL (setembro/2019) à 700 UFC/100mL (julho/2019).

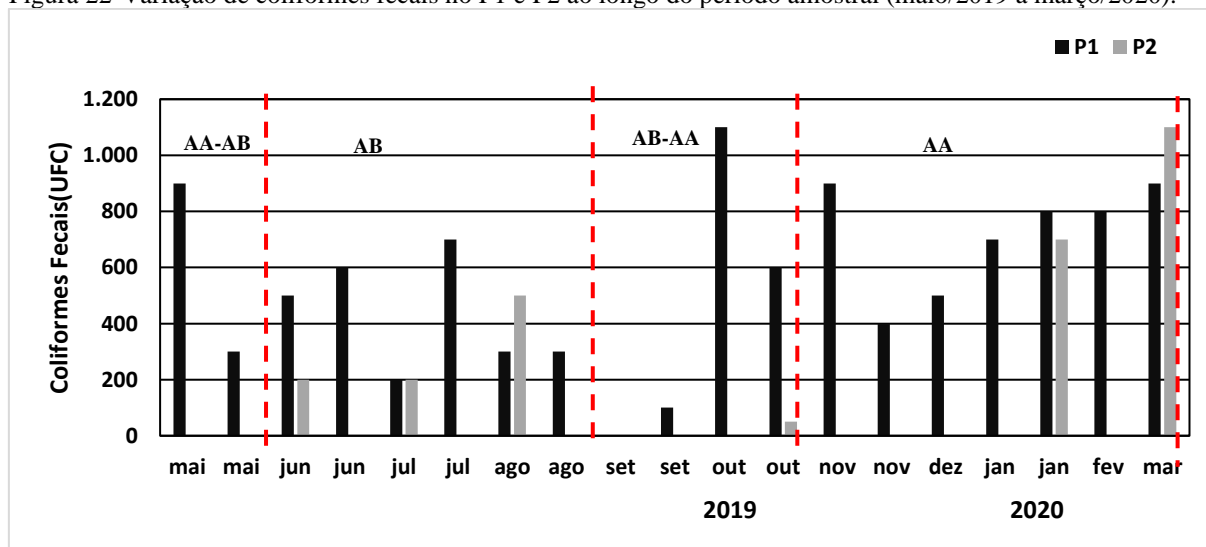
Já no período de AA e na transição AA – AB, os valores de coliformes totais no P1 atingiram densidades de 1.300 UFC/100mL (janeiro/2020) e 14.100 UFC/100mL (maio/2019), enquanto que os coliformes fecais tiveram uma variação de 400UFC/100mL(novembro/2019) à

1.100UFC/100mL (outubro/2019), ultrapassando o valor determinado pela resolução CONAMA 357/2005 para águas classe II que é de 1000 UFC/100mL.

No P2 observou-se que para o período de AB (junho à setembro/2019), os valores de coliformes totais, variaram de 4.000 UFC/100mL (junho/2019) à 4.500 UFC/100mL (agosto/2019). Já os coliformes fecais apresentaram variação de 200UFC/100mL (julho/2019) à 500 UFC/100mL (agosto/2019).

Já no período de AA e na transição AA – AB, os valores de coliformes totais no P1 atingiram densidades de 1.300 UFC/100mL (janeiro/2020) à 10.300 UFC/100mL (maio/2019), enquanto que os coliformes fecais tiveram uma variação de 400UFC/100mL(novembro/2019) à 1.100UFC/100mL (outubro/2019) se comportaram de modo diferente dos valores encontrados no P1. Quanto aos coliformes fecais (figura 22) do P2 no período de AA e transição AA – AB a variação foi de 50UFC/100ml em (outubro/2019) a 1.100 UFC/mL (março/2020).

Figura 22-Variação de coliformes fecais no P1 e P2 ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).



Fonte: Autora

Quanto aos coliformes fecais no P2 nos meses de maio/2019 e novembro/2019 esse grupo esteve ausente, visto que não se desenvolveu nas placas. Nos demais meses o menor valor

encontrado foi 50UFC/100mL (outubro/2019) e o maior valor foi 1100UFC/100mL (março/2020). Observa-se que a densidade de coliformes fecais apresentou diferença entre P1 e P2, (figura 22) e em apenas duas coletas (agosto 2019 e março de 2020) os resultados de P2 foram maiores que em P1.

3.3 Índice do Estado Trófico

A eutrofização nos corpos de água é um processo que deve ser apontado como um dos importantes impactos à qualidade das águas, proveniente do aumento exagerado da carga de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, perdendo a qualidade do corpo hídrico (ALVES et al., 2017). De acordo com Silva et al. (2016), em se tratando de ambientes lóticos a eutrofização está geralmente relacionada a atividades humanas, as quais provocam a entrada de nutrientes nos corpos hídricos a ponto de exceder a capacidade de autodepuração dos mesmos.

Os valores de IET (PT) são apontados como um potencial de eutrofização, sendo esse nutriente o limitante do processo (ESTEVEZ, 2011). Ressalta-se que o PT representa as concentrações de fósforo total.

Na presente pesquisa calculou-se o Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 utilizando os dados de fósforo total (quadro 2).

Quadro 2: Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 durante o período amostral

MÊS	IET P1		IET P2	
	IET PT	IET PT	IET PT	IET – PT
31/05/2019	52,55	Mesotrófico	-	-
12/06/2019	56,07	Mesotrófico	55,06	Mesotrófico
26/06/2019	54,26	Mesotrófico	-	-
16/07/2019	57,12	Mesotrófico	55,13	Mesotrófico
31/07/2019	54,83	Mesotrófico	-	-
14/08/2019	54,59	Mesotrófico	52,88	Mesotrófico
28/08/2019	53,61	Mesotrófico	-	-
17/09/2019	53,61	Mesotrófico	52,65	Mesotrófico
30/09/2019	54,75	Mesotrófico	-	-
17/10/2019	56,19	Mesotrófico	-	-
30/10/2019	56,75	Mesotrófico	61,01	Eutrófico

20/11/2019	61,48	Eutrófico	-	-
30/11/2019	58,32	Mesotrófico	57,94	Mesotrófico
23/12/2019	55,21	Mesotrófico	-	-
07/01/2020	56,59	Mesotrófico	55,49	Mesotrófico
30/01/2020	56,36	Mesotrófico	-	-
17/02/2020	57,07	Mesotrófico	-	-
11/03/2020	57,94	Mesotrófico	61,83	Eutrófico

Fonte: a autora

Os resultados de IET (PT) no P1 um ambiente Mesotrófico em 95% das amostras, ou seja, demonstrando, segundo Lamparelli (2004), que o rio Urupá é um corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

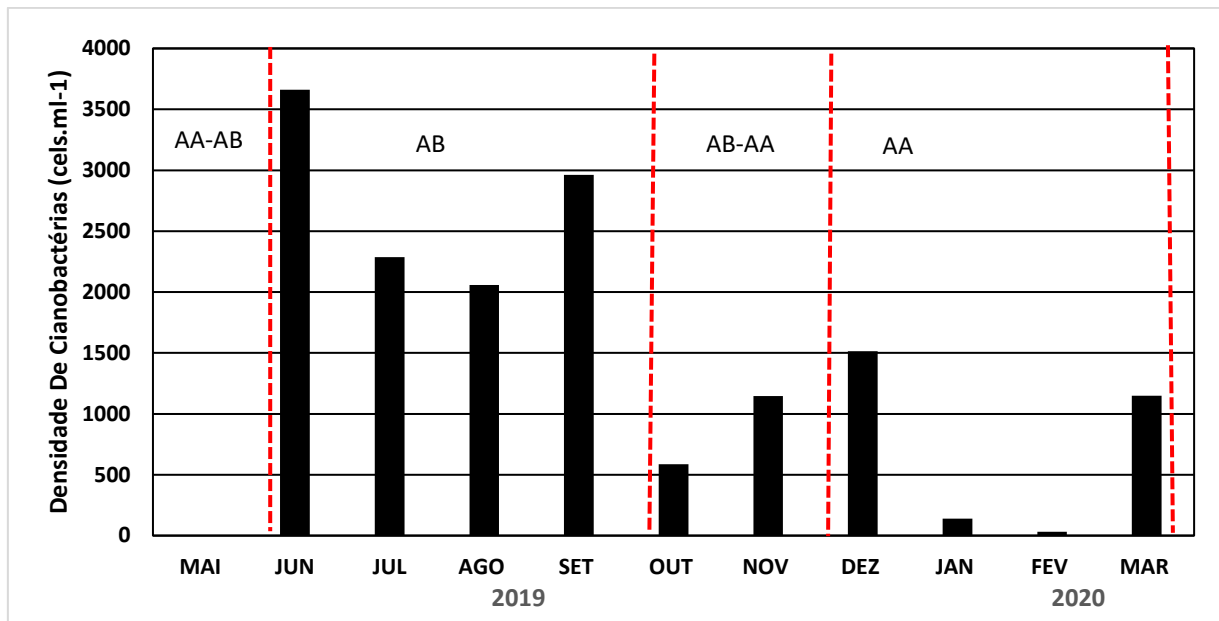
Já no P2 os resultados apontaram o grau de trofia Mesotrófico em 90% das amostras, com exceção dos meses de outubro/2019 e março/2020, o qual apresentou trofia Eutrófico. Ressalta-se que nos meses de dezembro/2019 e fevereiro/2020, não foi possível realizar as coletas no P2.

Observa-se que tanto em P1 como em P2 o grau de trofia foi menos satisfatório nas amostras dos meses das primeiras chuvas mais fortes na região, o qual carrega grande quantidade de matéria orgânica acumulada no solo durante o período de seca.

3.3 Dinâmica do fitoplâncton (ênfase cianobactérias) e clorofila-a

Durante os onze meses de coleta (maio/2019 a março/2020), foram coletados no P1, onze amostras de fitoplâncton destinadas às análises qualitativas e quantitativas do fitoplâncton. Foi possível verificar a presença de seis grupos fitoplanctônicos nestas amostras (tabela 2), sendo eles as cianobactérias (18 táxons), criptofíceas (3 táxons), dinofíceas (2 táxons) euglenofíceas (7 táxons), diatomáceas (20 táxons) e clorofíceas (46 táxons). A figura 24 evidencia a densidade de cianobactérias encontradas no período amostral

Figura 23-Dados quantitativos de cianobactérias no P1 durante o período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como as variações sazonais no período.



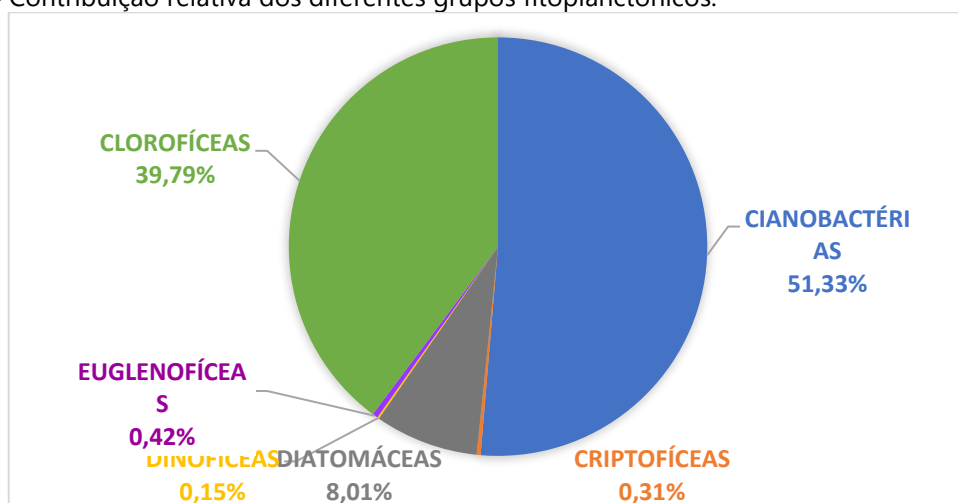
Fonte: A autora, 2020

Observou-se, que no mês de maio/2019, período de transição AA-AB, não foi identificado nenhuma espécie de cianobactéria. Já no mês consecutivo, junho/2019, período de AB, foram registradas 3.660 céls.ml⁻¹, sendo a espécie *Aphanocapsa delicatissima*, com 1.630 cels.mL⁻¹ a espécie dominante, seguida por *Planktolyngbya limnetica* com 1.087 céls.ml⁻¹.

Ressalta-se que o mês de junho foi encontrado o maior valor de transparência em P1 (83cm). Outro mês com expressiva densidade de cianobactérias foi setembro de 2019, ainda no período de águas baixas, sendo a espécie *Aphanocapsa incerta*, com 2.329 cels.mL⁻¹ a espécie dominante.

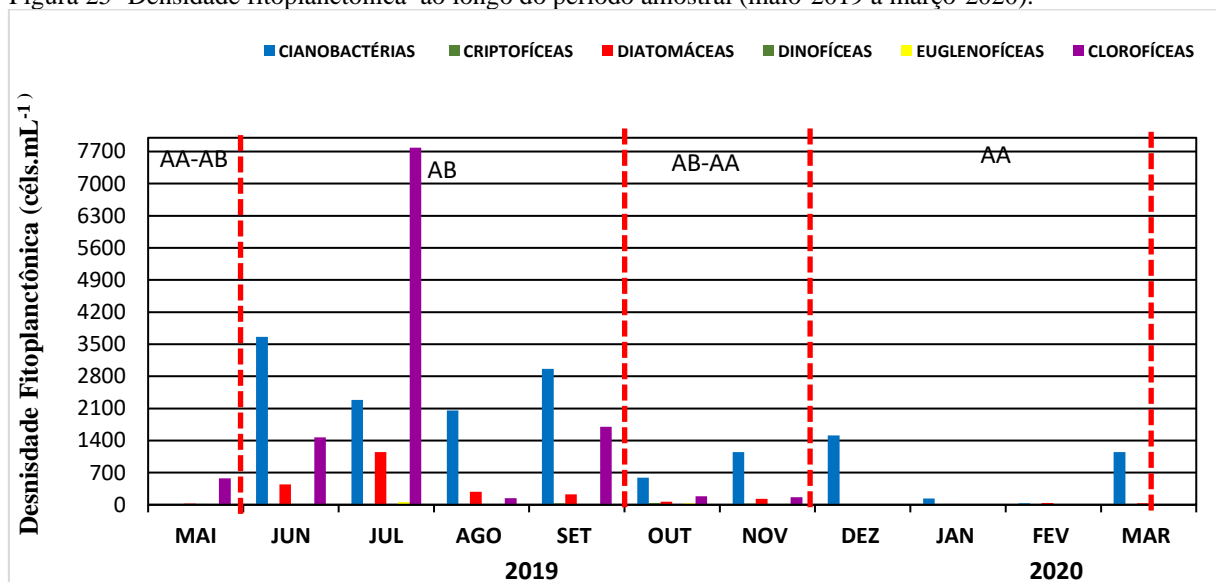
Com relação aos dados quantitativos, a figura 25 apresenta o percentual relativo quanto a soma das densidades de cada grupo fitoplanctônico ao longo do período estudado. Onde predominaram as cianobactérias (51,33%), seguidas das clorofíceas (39,79%), diatomáceas (8,01%), euglenofíceas (0,42%), criptofíceas (0,31%) e dinofíceas (0,15%). A figura 26 apresenta a densidade de células por cada grupo

Figura 24- Contribuição relativa dos diferentes grupos fitoplanctônicos.



Fonte: a autora

Figura 25- Densidade fitoplanctônica ao longo do período amostral (maio-2019 a março-2020).



Fonte: a autora

Com relação às clorofíceas, a única espécie que se destacou no mês de maio/2019, período de transição AA-AB, foi *Chorisctis minor* com densidade de 536 cel.mL⁻¹. Em junho e setembro/2019, período de AB, foi possível observar uma densidade significativa de *Radiococcus* sp com 1.239 cels.mL⁻¹.

Tabela 2: - Densidade do fitoplâncton ao longo do período amostral (maio/2019 a março/2020).

	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)	Densidade (cél/mL)
	Mai/19	Jun/19	Jul/19	Ago/19	Set/19	Out/2019	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20
CIANOACTÉRIAS											
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	0	1631	0	1588	291	0	503	0	0	0	958
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	242	0	470	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanizomenon</i> <i>aphanizomenoides</i>	0	580	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanocapsa incerta</i>	0	0	0	0	2329	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus minor</i>	0	0	725	0	203	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus minutus</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanogranis ferruginea</i>	0	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0
<i>Dolichospermum</i> sp.	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
<i>Geitlerinema amphibium</i>	0	0	0	0	0	0	168	1372	104	0	0
<i>Gloeothece</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	81	0	0	0
<i>Joanebaptistia</i> sp.	0	0	0	0	0	402	201	0	0	0	0
<i>Phormidium autumnale</i>	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	0	1087	0	0	0	22	22	61	0	33	149
<i>Planktothrix agardhii</i>	0	0	0	0	0	0	224	0	0	0	0
<i>Raphidiopsis raciborskii</i>	0	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Merismopedia tenuissima</i>	0	0	806	0	0	0	0	0	0	0	43
<i>Pseudanabaena</i> sp.	0	0	554	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Romeria</i> sp.	0	0	161	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synechococcus</i> sp.	0	0	0	0	38	0	28	0	35	0	0
Subtotal	0	3660	2286	2058	2962	587	1146	1514	139	33	1149
CRIFTOFÍCEAS											
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	0	0	0	0	13	39	11	0	0	0	0
<i>Cryptomonas erosa</i>	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
<i>Plagioselmis nanoplanktica</i>	0	0	0		19						

Subtotal	0	0	0	0	32	39	22	0	0	0	0
DIATOMÁCEAS											
<i>Aulacoseira distans</i>	0	0	332	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	193	0	47	0	0	0	0	0	37	21
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	0	72	564	106	165	0	34	0	0	0	0
<i>Adlafia</i> cf. <i>drouetiana</i>	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> sp.	0	0	81	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	5	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	97	0	41	0	6	11	0	10	0	5
<i>Cyclotella</i> sp.	14	9	91	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema</i> sp.	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0
<i>Frustulia</i> sp.	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira indica</i>	0	18	0	24	0	0	17	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	17	6	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	12	0	6	0	0	0	0	0	5	0
<i>Nitzschia palea</i>	0	42	70	0	57	6	50	0	0	0	0
Penada 1	7	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Penada 2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> cf. <i>subcapitata</i>	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> cf. <i>gibba</i>	0	0	0	6	0	0	6	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
<i>Ulnaria ulna</i>	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	28	444	1148	282	228	67	129	10	15	42	32
DINOFÍCEAS											
<i>Gymnodinium</i> sp.	21	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinophyceae 1	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
Subtotal	21	0	10	0	13	0	0	0	0	0	0
EUGLENOFÍCEAS											

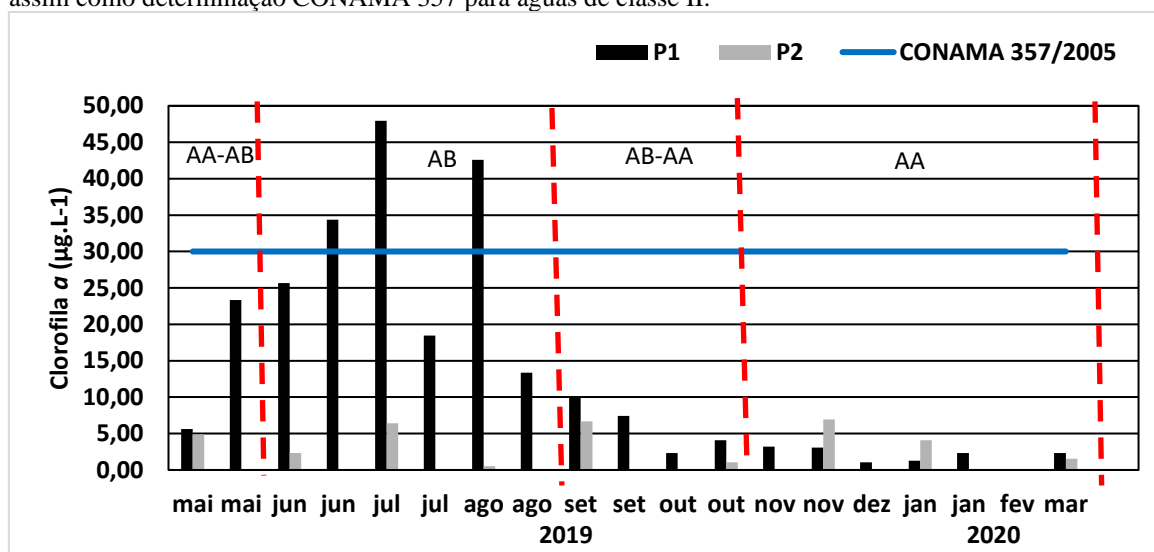
<i>Euglena</i> sp.	0	0	10	0	0	11	0	0	5	5	0
<i>Euglena acus</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Lepocinclis</i> cf. <i>ovum</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>Lepocinclis</i> sp.	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>Phacus</i> sp.	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strombomonas</i> cf. <i>deflandrei</i>	0	0	20	0	0	17	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas hispida</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas volvocina</i>	0	6	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	0	12	60	0	6	34	6	0	5	5	0
COLORÓFICEAS											
<i>Actinastrum hantzschii</i>	0	48	201	47	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorella homosphaera</i>	0	0	141	9	386	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorella minutissima</i>	0	0	232	0	63	0	0	0	0	0	0
<i>Choricystis minor</i>	536	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorolobium</i> cf. <i>guianense</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coelastrum indicum</i>	0	0	81	0	152	0	0	0	0	0	0
<i>Crucigenia crucifera</i>	0	0	242	0	595	0	0	0	0	0	0
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	29	0	201	71	76	0	22	0	0	0	0
<i>Crucigenia</i> sp.	0	0	81	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Desmodesmus</i> sp.	0	0	101	0	0	179	45	0	0	0	0
<i>Desmodemus</i> sp. 2	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0
<i>Desmodemus quadrispina</i>	0	0	262	0	82	0	0	0	0	0	0
<i>Desmodemus opoliensis</i>	0	0	403	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0	0	373	0	76	0	0	0	0	0	0
<i>Eutetramorus</i> sp.	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koliella longisetavar. tenuis</i>	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micractinium</i> sp.	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium circinale</i>	0	0	373	0	120	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	7	12	81	0	0	0	39	0	10	0	0
<i>Monoraphidium griffithii</i>	0	6	0	12	0	6	6	0	0	5	0

<i>Monoraphidium minutum</i>	0	0	161	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrocytium aghardianum</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis</i> sp.	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum duplex</i>	0	109	403	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum privum</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum tetras</i>	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0
<i>Radiococcus</i> sp.	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raphidocelis sigmoidea</i>	0	0	1239	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raphidocelis</i> sp.	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0	0	171	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus bacillaris</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>acunae</i>	0	0	644	0	9	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>semipulcher</i>	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schroederia antillarum</i>	0	12	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron caudatum</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	0	0	121	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetrallantos lagerheimii</i>	0	966	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetrastrum komarekii</i>	0	0	866	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Treubaria triappendiculata</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulothrix</i> sp.	0	0	141	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Verrucodesmus bijugus</i>	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae cocóide 1	0	223	364	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae colonial 2	0	42	383	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorococcales 3	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0
Subtotal	579	1468	7786	144	1698	184	168	0	10	5	0
Densidade total	628	5584	11290	2484	4939	911	1470	1524	169	84	1181

Fonte: a autora

A figura 26 apresenta os dados de clorofila-*a* e o valor orientador para este parâmetro para corpos d'água de classe II preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 ($30\mu\text{g.L}^{-1}$).

Figura 26- Concentrações de clorofila *a* nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como determinação CONAMA 357 para águas de classe II.



Fonte: A autora

Os resultados indicaram que o P1 apresentou maiores concentrações de clorofila *a* quando comparado aos valores do P2. No P1 as concentrações de clorofila *a* variaram de $1,3\mu\text{g.L}^{-1}$ (dezembro/2019) à $47,97\mu\text{g.L}^{-1}$ (julho/2019), já no P2 a variação foi de $0,51\mu\text{g.L}^{-1}$ (Junho/2019) à $6,93\mu\text{g.L}^{-1}$ (novembro/2019).

3.4 Análise das Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com os resultados obtidos no P1 foi constituída por valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológico nos meses em estudo.

As coletas foram realizadas quinzenalmente no período de maio de 2019 a março de 2020. Nos meses de dezembro, fevereiro e março onde ocorreu apenas uma coleta por mês, totalizando 19 coletas.

Na tabela 3 pode ser observado o coeficiente de correlação apresentada por cada variável analisada. Destacado em negrito estão as variáveis que tiveram maior contribuição para a formação do padrão observado.

Tabela 3: Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) referente ao P1

Variáveis	Abreviatura	Coeficiente de correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
Transparência	Trans	-0,791	-0,138
Temperatura	T°	-0,329	0,816
pH	pH	-0,604	-0,528
Condutividade elétrica	CE	-0,652	-0,046
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,371	0,551
Turbidez	uT	0,929	-0,110
Alcalinidade	Al	-0,741	-0,260
Coliformes totais	CT	0,628	-0,365
Coliformes fecais	CF	0,733	-0,429
Clorofila	Clor	-0,600	-0,175
Nitrato	NO ₃ ⁻	0,458	-0,335
Nitrito	NO ₂ ⁻	0,798	0,181
Amônia	NH ₄ ⁺	0,093	0,647
Fosforo dissolvido	PD	0,262	0,565
Fosforo Total	PT	0,255	0,639
Variância explicada		35,71%	19,93%
Total da variância explicada		55,64%	

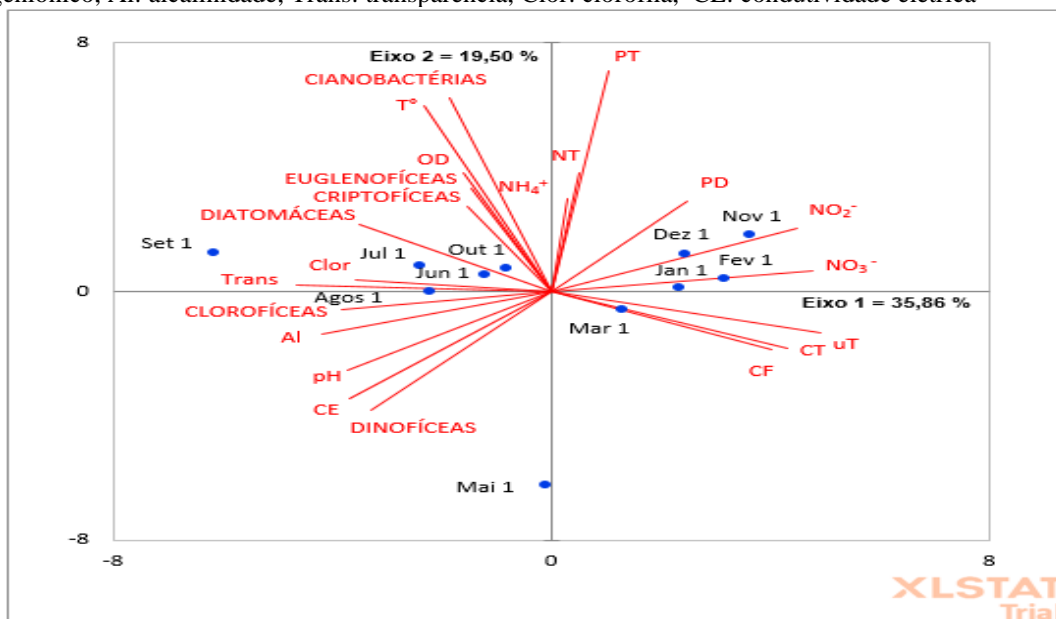
Fonte: A autora.

Como pode ser observado na tabela 3, as variáveis com maior influência na formação do eixo 1 foram a turbidez (0,929), o nitrito (0,798) e os coliformes fecais (0,733). Para a formação do eixo 2 as variáveis mais representativas foram a temperatura (0,816), amônia (0,647) e fósforo total (0,639).

No P1 para a primeira coleta de cada mês foi realizado a análise de nitrogênio total e a análise quali-quantitativa do fitoplâncton, a representação gráfica dos resultados encontram-se na figura 28.

O eixo 1 foi responsável por 35,86% da variância dos dados, no eixo 2 a variância explicada foi de 19,50%, totalizando 55,36% da variância.

Figura 28: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do P1 e os resultados de fioplâncton. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂: nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃: Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica



Fonte: A autora.

Das variáveis analisadas (tabela 4) as que mais contribuíram para a formação do eixo 1 foram, turbidez (0,886), nitrato (0,861) e nitrito (0,807). Na formação do eixo 2 as variáveis mais importantes foram fósforo total (0,943), as cianobactérias (0,825) e a temperatura (0,796), conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4: Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) da primeira coleta do P1

Variáveis	Abreviatura	Coeficiente de correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
Transparência	Trans	-0,836	0,029
Temperatura	T°	-0,420	0,796
Ph	pH	-0,670	-0,339
Condutividade elétrica	CE	-0,665	-0,458
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,290	0,505
Turbidez	uT	0,886	-0,175
Alcalinidade	AL	-0,756	-0,181
Coliformes totais	CT	0,728	-0,249
Coliformes fecais	CF	0,780	-0,245
Clorofila	Clor	-0,648	0,050
Nitrato	NO ₃ ⁻	0,861	0,089
Nitrito	NO ₂ ⁻	0,807	0,269
Nitrogênio total	NT	0,093	0,509

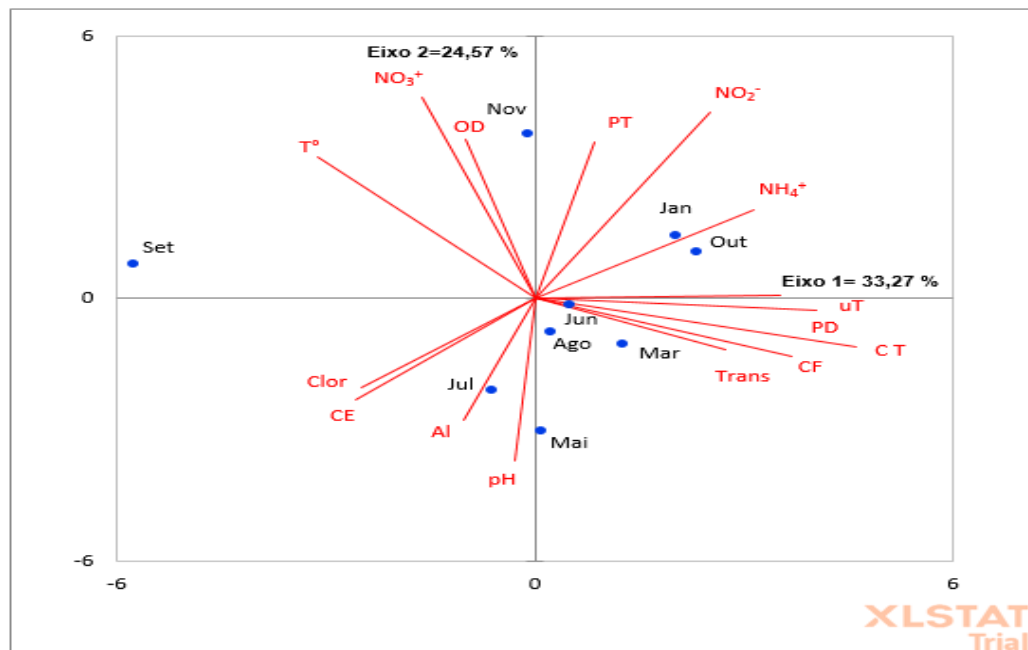
Amônia	NH ₄ ⁺	0,052	0,397
Fosforo dissolvido	PD	0,449	0,385
Fosforo Total	PT	0,190	0,943
Cianobactérias		-0,335	0,825
Criptofíceas		-0,276	0,363
Diatomáceas		-0,634	0,286
Dinofíceas		-0,590	-0,508
Euglenofíceas		-0,262	0,440
Clorofíceas		-0,690	-0,081
Variância explicada		35,86%	19,50%
Total da variância explicada			55,36%

Fonte: A autora.

No P2 foram realizadas coletas nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2019, e janeiro e março de 2020, foram realizadas nesse ponto apenas uma coleta por mês totalizando 9 coletas.

Na figura 29 é apresentado a projeção dos dados da análise de componentes principais para os parâmetros avaliados. O eixo 1 foi responsável pela explicação de 33,27%, o eixo 2 24,57% somando um total de 57,84% dos dados explicados.

Figura 29: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do ponto 2 e os parâmetros avaliados. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂: nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃: Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica



Fonte: A autora.

Conforme apresentado na tabela 3 as variáveis mais representativas na formação do eixo 1 foram coliformes totais (0,958), fósforo dissolvido (0,842) e transparência (0,769). O eixo 2 foi formado pelas nitrato (0,823), nitrito (0,760) e oxigênio dissolvido (0,652)

Tabela 5: Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP) para o ponto 2.

Variáveis	Abreviatura	Coeficiente de correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
Transparência	Trans	0,769	-0,236
Temperatura	T°	-0,647	0,580
pH	pH	-0,060	-0,661
Condutividade elétrica	CE	-0,534	-0,412
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,206	0,652
Turbidez	uT	0,734	0,012
Alcalinidade	AL	-0,213	-0,497
Coliformes totais	CT	0,958	-0,195
Coliformes fecais	CF	0,570	-0,208
Clorofila	Clor	-0,518	-0,365
Nitrato	NO ₃ ⁻	-0,335	0,823
Nitrito	NO ₂ ⁻	0,522	0,760
Amônia	NH ₄ ⁺	0,653	0,366
Fósforo dissolvido	PD	0,842	-0,050
Fósforo Total	PT	0,181	0,639
Variância explicada		33,27%	24,57%
Total da variância explicada			57,84%

Fonte: A autora.

3.5 Informações sobre a possível ocorrência de florações de cianobactérias junto aos operadores das principais estações de tratamento de água do Estado

Foram enviados questionários para 16 municípios em que a CAERD realiza a captação de água superficial, porém apenas 11 devolveram o questionário respondido. Destas 11 localidades, 4 apresentaram eventos que precisam ser investigados como possibilidade de estarem associados à florações de cianobactérias (quadro 2). Já 11 localidades não relataram problemas que podem estar diretamente relacionados à floração de cianobactérias (quadro 3).

Quadro 2-Resposta ao questionário com os resultados das localidades que não apresentaram eventos relacionados à floração de algas.						
	LOCALIDADES QUE NÃO APRESENTARAM EVENTOS QUE PODEM ESTAR RELACIONADO A FLORAÇÃO DE ALGAS					
	São Miguel	Seringueiras	Costa Marques	Nova Brasilândia	Colorado d' Oeste	Porto Velho
Os operadores observaram alguma alteração no odor da água bruta que chega na ETA , nos últimos anos?	Sim	não	Não	Sim	Não	Não
Se sim, em quais meses/anos?	Após as primeiras chuvas fortes, nos últimos anos	-	-	Novembro e dezembro	-	-
Com relação aos parâmetros, a cor da água bruta sobrepõe muito o valor da turbidez?	Sim		Não	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	Após as primeiras chuvas fortes, nos últimos anos	não		De outubro a Janeiro nos últimos anos	Nos meses Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro	Novembro, dezembro, janeiro, fevereiro- todos os anos
Ocorrem alterações significativas nos valores de pH na água bruta?	Sem informação,	não	Não realizam o controle	Não	não	sim
Se sim, quais os valores máximos e mínimos, em quais meses/anos essas variações foram mais significativas?	Por que não fazem leitura de pH	-	-	-	-	Novembro, dezembro, janeiro, fevereiro- todos os anos
Quais foram os meses onde ocorreram um maior tempo de carreira dos filtros, com o consequente aumento do volume da água de lavagem dos mesmos, em quais anos?	No início do período chuvoso, todos os anos	Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro- todos os anos	De janeiro a maio de 2019	Outubro e novembro em todos os anos, início das chuvas	Não tem diferença	Nos meses de chuva forte
Tem observado aumento de lodo verde nos decantadores?	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?				Outubro e novembro	Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro	Nos meses de chuva forte
Nos últimos anos ocorreram algum evento anormal que chamou a atenção dos operadores e responsáveis pelo tratamento da água?	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
Se sim, quais foram esses eventos	Cor da água está ficando amarelada mesmo após o tratamento, acontece no início das chuvas	-	-	-	A turbidez da água bruta fica abaixo de 10 a água do decantador fica com um tom entre verde e azul apesar da turbidez ficar menor que 1,0. No mês de setembro	nas ultimas cheia do rio madeira a água apresentou dificuldade para tratar

Fonte: A autora

O município de Presidente Médici, com captação de água no Rio Machado, evidenciou no ano de 2019 um evento relacionado com gosto de barro na água tratada, nos meses de junho e julho período de baixa vazão, e setembro e outubro, início das chuvas. Desta forma, é importante o acompanhamento taxonômico do fitoplâncton.

Outro rio que de acordo com o questionário (quadro 03) apresentou também indícios de floração de algas é o rio Jaru. No ano de 2015 apresentou cheiro forte de mofo na água mesmo após o tratamento convencional, causando transtornos para a companhia de água. Vale ressaltar que o rio Jaru tem sua nascente próxima à nascente do rio Urupá, tendo seu curso em sentido oposto, porém as características de uso e ocupação do solo no entorno de sua bacia é muito semelhante ao uso e ocupação do solo do rio Urupá.

O rio Bamburro é utilizado como manancial de abastecimento público do município de Santa Luzia e também vem apresentando problema de cor esverdeada na água. O evento mais preocupante ocorreu em outubro de 2019, onde a água apresentou dificuldade no tratamento, apresentando muito lodo em virtude da coloração verde musgo na água bruta, causando dificuldades no tratamento. Porém não houve reclamação de gosto e odor da água tratada pela população.

A cidade de Urupá também sofreu com gosto de barro na água tratada durante o ano de 2016, ano esse em que Ji-Paraná, sofria com possível floração de cianobactérias. A captação de água em Urupá fica no rio de mesmo nome, mas diferente de Ji-Paraná, no ponto de captação, o rio possui menor influência antrópica (LIMA, 2014). Logo é possível ter ocorrido no rio Urupá o crescimento de cianobactérias.

Quadro 3- Resposta ao questionário com os resultados das localidades que apresentaram eventos relacionados à floração de algas.

PERGUNTAS	LOCALIDADES			
	1. Presidente Médici	2. Jarú	3. Urupá	4. Santa Luzia
Os operadores observaram alguma alteração no odor da água bruta que chega na ETA, nos últimos anos?	Sim	Não	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	junho, julho, setembro e outubro/2019		no mês de junho do ano 2016	Novembro e dezembro
Com relação aos parâmetros, a cor da água bruta sobrepõe muito o valor da turbidez?	Sim	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	Nos períodos chuvosos	Todos os meses e todos os anos	No período chuvoso	De outubro a Janeiros nos últimos anos
Ocorrem alterações significativas nos valores de pH na água bruta?	Sim	Sim	Sim	Não
Se sim, quais os valores máximos e mínimos, em quais meses/anos essas variações foram mais significativas?	Nos períodos chuvosos em todos os anos	Valores mínimos 5,5, nos meses de dezembro e janeiro chuvas fortes. Todos os anos	no período chuvoso todos os anos	
Quais foram os meses onde ocorreram um maior tempo de carreira dos filtros, com o consequente aumento do volume da água de lavagem dos mesmos, em quais anos?	Não houve	De outubro a janeiro de todos os anos	no período chuvoso todos os anos	Outubro e novembro em todos os anos, início das chuvas
Tem observado aumento de lodo verde nos decantadores?	Não	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?		De outubro a janeiro	de novembro à março	Outubro e novembro
Nos últimos anos ocorreram algum evento anormal que chamou a atenção dos operadores e responsáveis pelo tratamento da água?	Sim	Sim	Sim	Sim
Se sim, quais foram esses eventos	A água apresentou gosto de barro nos meses de setembro, outubro e novembro – 2019	O primeiro evento começou em novembro 2015, tivemos dificuldade em tratar a água, o cheiro da água mudou se assemelhando ao peixe estragado, e com uma lama de aspecto cinza, leve não decanta e difícil floculação e após o tratamento mesmo sem turbidez a cor da água ainda persiste. com isso aumenta o uso de sulfato e de descarga nos floculadores e filtros	No ano de 2016 houve uns três dias em que água ficou com gosto de barro e cheiro de mofo, mesmo após o tratamento a população reclamou bastante	Em outubro de 2019, a turbidez estava baixa, porém a cor alta o que dificultou a floculação, sobrecarregando os filtros, mesmo usando polímeros a água não floculava bem, a água bruta estava com uma coloração verde musgo e com isso acumulou muito lodo nos decantadores e filtros.

Fonte: A autora

Levantamento das unidades de saúde e clínicas de hemodiálise que utilizam água dessas ETAS, visando identificar a finalidade do uso da água;

Ao realizar o levantamento das unidades de saúde nas cidades pertencentes à bacia do rio Urupá, que utilizam o rio referido como fonte de abastecimento de água potável, identificou-se que apenas as cidades de Ji-Paraná e Urupá se enquadram nestes requisitos.

Diante disso ao realizar uma busca junto às secretarias de saúde dos municípios em questão e depois confrontando as informações com o Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento- GSAN da CAERD, obteve-se os resultados presentes no quadro 4.

Pode-se observar que em Ji-Paraná apenas um hospital utiliza água distribuída pela CAERD, e mesmo assim ainda tem um sistema independente que também é utilizado como forma de abastecimento. Os outros quatro hospitais instalados na cidade utilizam fontes individuais de abastecimento. A única clínica de hemodiálise situada em Ji-Paraná também é abastecida por outra fonte de abastecimento. Já as onze unidades básicas de saúde são abastecidas pela CAERD.

Na cidade de Urupá são apenas dois hospitais sendo um deles abastecido pela CAERD e outro abastecido por fonte individual. Existe ainda uma unidade básica de saúde que também utiliza como fonte de abastecimento o sistema público (quadro 4).

Quadro 4-Levantamento das unidades de Saúde

Ji-Paraná			
Unidade de Saúde	Quantidade	Uso de água da CAERD	Uso de fontes individuais
Hospitais públicos	1	sim	sim
Hospitais particulares	4	não	sim
Clínica de hemodíálises	1	não	sim
Unidade básica de saúde	11	sim	não
Urupá			
Hospitais públicos	1	não	sim
Hospitais particulares	1	sim	não
Clínica de hemodiálise	0	-	-
Unidade básica de saúde	1	sim	não

Fonte: GSAN, 2020

4 DISCUSSÃO

4.1 *Variáveis físico-químicas e microbiológicas da água e sua relação com a densidade de cianobactérias*

A vazão do rio Urupá tem sofrido variações significativas ao longo dos anos, isso traz reflexos na qualidade da água. É possível constatar que a vazão apresenta expressiva interferência na capacidade de autodepuração (LUZ ; TOMAZONI; POKRYWIECKI, 2019).

Portanto a vazão do rio Urupá é um fator importante na avaliação das possíveis causas de floração de cianobactérias no rio nos últimos anos, já que se observa que nos períodos de águas baixas, quando há maior incidência de luz na água foram obtidas as maiores densidades de fitoplâncton.

Nos resultados de OD encontrados na presente pesquisa, os mesmos variaram de 6,86 mg. L⁻¹ de oxigênio dissolvidos à 12,91 mg.L⁻¹ de oxigênio dissolvidos, apresentando-se maiores que os valores encontrados por Corrêa (2016) e Ribeiro (2017) para o rio Urupá.

Corroborando com a informação, Corrêa (2016), ao analisar as concentrações de oxigênio dissolvido no rio Urupá entre outubro de 2014 e setembro de 2015, registrou o maior valor de 6,35 mg.L⁻¹ (junho/2015), enquanto o menor valor foi 3,43 mg.L⁻¹ (março/2015). Quanto aos períodos, a vazante apresentou o maior valor médio, 6,10 mg.L⁻¹, no período de águas baixas a média observada foi 4,96 mg.L⁻¹, e para o período de águas altas, o valor médio registrado foi de 5,40 mg.L⁻¹.

Ribeiro (2017), ao estudar um trecho do rio Urupá entre os meses de abril-2016 à janeiro-2017, encontrou valores de OD variando de 3,7 a 9,3 mg/L, ressaltando que no mês de junho-2016 o resultados em alguns pontos apresentaram os menores valores ao longo da pesquisa. Vale ressaltar que esse mês foi o pico da floração de algas que trouxe transtornos ao abastecimento da cidade.

Estudos semelhantes realizado no rio Machado por Pinto (2015) e Sales *et al.*, (2019) relataram valores de OD abaixo do encontrado na presente pesquisa, conforme especificações a seguir.

Pinto (2015), ao estudar o rio Machado, próximo à cidade de Ji-Paraná, encontrou concentrações de oxigênio dissolvido variando de 6,65 mg.L⁻¹ registrado no período de águas baixas (setembro/2014) e 3,98 mg.L⁻¹, registrado no período de águas altas (fevereiro-2015).

Sales *et al.*, (2019), ao analisarem as concentrações de oxigênio dissolvido no Rio Machado, na área de influência da Reserva Biológica do Jaru (Ji-Paraná), nos meses de março (águas altas) e maio de 2019 (vazante) encontraram concentrações de oxigênio dissolvido variando de 6,94 mg.L⁻¹ e 4,29 mg.L⁻¹, respectivamente.

Silva *et al.* (2010), ao avaliarem os impactos de atividades antrópicas em quatro pontos de coleta de dois rios da bacia do rio Mogi-Guaçu no Estado de São Paulo, correlacionaram turbidez e oxigênio dissolvido com o aumento da biomassa de cianobactérias na água, uma vez que essa biomassa pode aumentar a turbidez e elevar o oxigênio dissolvido.

Em relação temperatura, essa variável nesta pesquisa seguiu as características da região, com temperaturas mais altas no período de águas baixas e temperaturas mais amenas nos períodos de águas altas.

Tais variações estão correlacionadas ao ciclo hidrológico da região, onde no período de águas altas a temperatura da água tende a ser mais amena devido às chuvas e a turbulência dos rios. E no período de estiagem, em virtude de menor ou a ausência de precipitações, e menor turbulência dos rios, as temperaturas tendem a apresentar valores mais elevados (FISCH *et al.*, 2019).

Lu *et al.*, (2013) associaram a temperatura como um dos fatores importantes no aumento da comunidade de cianobactérias no lago Dongping (China) no aumento da comunidade de cianobactérias.

De acordo com Esteves (2011), a temperatura em ambiente aquático pode agir sobre a produtividade do fitoplâncton de duas formas: diretamente sobre a fisiologia do fitoplâncton ou indiretamente modificando, por exemplo, a distribuição de nutrientes na zona eufótica, especialmente através da formação de camadas com diferentes densidades.

As cianobactérias possuem crescimento otimizado em temperaturas superiores a 23°C, o que justifica os episódios da maioria das florações no verão (JÖHNK, *et al.* 2008). Portanto, a temperatura presente no rio Urupá é uma ótima característica para eventos de florações de

cianobactérias. Tais temperaturas mais altas constituem uma característica dos rios da região e se mantêm durante o decorrer dos anos não sendo possível associa-la a floração de cianobactérias (PINTO, 2015; CORREA, 2016; SALES *et al.*,2019).

Os valores de pH na presente pesquisa podem ser classificados como básico na maioria das coletas sendo que apenas no mês de novembro/2019 foram ácidos, abaixo do que determina a resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe II.

Resultados de pH e alcalinidade semelhantes aos encontrados na presente pesquisa foram encontrados por SANTI *et al.*, (2012) no Igarapé São Francisco no Estado do Acre, durante o período de alta pluviosidade. Os autores realçaram que os valores são explicados, em virtude de as águas da precipitação atmosférica serem mais ácidas.

Pinto (2015), observou que o rio Machado, no período amostral de setembro de 2014 a agosto de 2015, apresentou característica de água levemente ácida, com pH variando de 5,25 no período de cheia à 6,62 no período seco. Valores diferente dos encontrados no rio Urupá neste período amostral que apresentou pH de neutro alcalino em 85% das amostras ficando ácido apenas em 15% das amostras. Ressalta-se que os valores mais ácidos foram registrados nos meses de novembro e dezembro período de chuvas na região corroborando com os dados da presente pesquisa.

Em se tratando de cianobactérias o desenvolvimento ótimo acontece em pH de 7,5 a 10, sendo dificultada em pH abaixo de 5, como verificado Von Sperling e Jardim (2009). Na presente pesquisa o pH se manteve acima de 7, ou seja, pH propício para o crescimento das cianobactérias.

Souza *et al.* (2018) ao estudarem vários rios em bacias hidrográficas em Goiás, verificaram que no ribeirão João Leite, nos meses em que os valores de pH foram mais elevados houve uma maior densidade de cianobactérias.

Estudo realizado por Ferraz (2012) em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais, ao analisarem as relações entre parâmetros de qualidade de água com a ocorrência de florações de cianobactérias, encontrou relação positiva entre as duas variáveis, ou seja, o aumento das florações de cianobactérias ocorrera em pH mais alcalinos.

Já a variação de alcalinidade no período estudado por Pinto, (2015) foi de 13,17 mgCaCO₃.L⁻¹ (período de vazante) e 19,53 mgCaCO₃.L⁻¹ no período de estiagem. Diferente deste estudo que alcalinidade chegou 3mg CaCO₃.L⁻¹ no período chuvoso, porém 42% das amostras analisadas apresentaram valores de alcalinidade maiores que o valor máximo encontrado por Pinto, tal resultado pode estar associado à características ao pH mais alcalino das água do rio Urupá.

Corrêa (2016) estudando a dinâmica da Condutividade Elétrica no rio Urupá entre os meses outubro de 2014 e setembro de 2015, encontrou valores variando de 38 µScm⁻¹ no mês de fevereiro a 63 µScm⁻¹ no mês de agosto/2015. Sendo que os maiores valores foram observados nos períodos de enchente e cheia. Os resultados encontrados neste estudo apresentaram valores acima dos encontrados por Corrêa em 47% das amostras para o P1 e 55% das amostras para o P2. Tal fato pode estar associado ao aumento da entrada de partículas orgânicas e inorgânica na bacia de drenagem do rio Urupá em razão de atividades antrópicas.

Junior *et al.* (2020) ao realizarem um levantamento sobre o uso e ocupação do solo na bacia do rio Urupá observaram que a região do referido rio e sua bacia hidrográfica, vem sofrendo um processo relevante e constante de modificações do uso e cobertura do solo nos últimos anos. Podendo destacar a supressão de vegetação, vulnerabilidade do solo, o uso de piscicultura e alteração da pluviosidade.

Santos *et al.*, (2018) ao estudarem os fatores relacionados ao aumento das densidades de cianobactérias ao realizarem um estudo no Ribeirão João Leite (GO), identificaram que as variáveis que influenciaram o desenvolvimento de cianobactérias coletadas na superfície, foram a turbidez e a condutividade elétrica, evidenciando que à medida que os valores dessas variáveis aumentaram a densidade de cianobactérias diminuíram.

Na presente pesquisa observou-se que no período de águas baixas os valores de transparência são maiores enquanto que turbidez são menores, isso devido ao menor carreamento de partículas orgânicas e inorgânicas do solo e menor suspensão de sedimentos.

A turbidez e a transparência da água são fatores importantes quando se estuda as comunidades de fitoplâncton, uma vez que essas variáveis tem forte influência no processo de fotossíntese aquáticas. Já baixos valores de turbidez fazem com que luminosidade e os raios solares penetrem na água e favoreçam a taxa fotossintética e o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas (DOMINGUES *et al*, 2015).

A radiação de luz fornece energia metabólica para fotossíntese e também afeta a intensidade da respiração das células de algas (Gao *et al.*, 2006).

Ribeiro (2017), ao realizar uma pesquisa no rio Urupá entre abril de 2016 à janeiro de 2017, encontrou no mesmo ponto amostral desta pesquisa, denominado P1, valores de turbidez variando de 5,1 UNT (agosto/2016) à 61 UNT (abril/2016). Observa-se na referida pesquisa que no mês de junho de 2016, mês em que a CAERD, sofreu com a floração de algas a turbidez ficou próximo de 12 UNT.

Pereira (2019), ao pesquisar 10 pontos ao longo do rio Urupá entre maio de 2018 e abril de 2019, encontrou no mesmo ponto denominado P2 média de turbidez de 18,23 UNT no período seco e 18,83 UNT no período chuvoso, já em dois pontos próximos ao P1, sendo um a montante e outro a jusante, os valores médios de turbidez no período seco foi de 17,02UNT e para o período chuvoso a média foi de 47,56UNT.

Os valores de turbidez e transparência devem ser um dos fatores a ser monitoradas, juntamente com a vazão do rio, tendo em vista serem esses parâmetros um dos indícios que podem estar diretamente ligado as densidades de cianobactérias. Observa-se que o mês de junho/2019 na presente pesquisa obteve-se o maior valor de transparência no P1 (83cm) e a maior densidade de cianobactérias (3.660 céls.mL⁻¹).

A tabela 6 apresenta valores mínimos e máximos de variáveis físico-químicas da água em diferentes rios da Estado de Rondônia. Nesta tabela destaca-se os valores máximos de oxigênio dissolvido encontrados nesta pesquisa com as demais, o que pode estar relacionado com eventos de crescimento fitoplanctônico, nos quais insere-se o desenvolvimento de cianobactérias.

Tabela 6: Valores mínimos e máximos de variáveis físico-químicas de rios do Estado de Rondônia

	OD (mg.L⁻¹)	T (C°)	CE (uScm.cm⁻¹)	pH	Turbidez (UNT)	Referência
Rio Urupá (P1)	Min: 6,86 Max: 12,91	Min:23,6 Max:32,5	Min: 42,30 Max: 75	Min:4,7 Max:7,9	Min:4,45 Max: 73	Presente pesquisa
Rio Urupá (P2)	Min :7,66 Max: 12,08	Min:24,8 Max:33	Min: 46 Max: 85	Min:4,4 Max:7,8	Min:4,91 Max: 40,3	Presente pesquisa
Rio Urupá	Min:3,43 Max: 6,35	Min:25,8 Max:29,5	Min: 36 Max:64,43	Min:5,35 Max:7,10	Min: <8,71 Max: 43,99	Corrêa (2016)

Rio Machado (próximo à cidade de Ji-Parná)	Min: 3,98 Max: 6,65	Min:26,3 Max:29,8	Min :11,1 Max: 44,	Min:5,25 Max:6,62	Min :10,2 Max: 124	Pinto (2015)
Rio Machado (área de influência da Rebio Jaru)	Min: 4,28 Max: 6,94	Min:27,3 Max:28,3	Min:32,4 Max: 34,2	Min:6,78 Max: 7,2	Min:23,5 Max: 34,8	Sales et al (2019)
Rio machado (entre Medici e Ji-Parana)	Min :6,48 Max:8,08	Min:25,8 Max:28,2	Min:14,5 Max: 43,1	Min:7,04 Max:7,14	Min :9,66 Max: ---	Lopes et al. (2019)
CONAMA 357/2005 Classe 2	> 6	-	-	6 à 9	<100	

Com relação aos nutrientes, no mês de outubro os valores tiveram um acréscimo significativo, tal fato está relacionado às primeiras chuvas na região a qual carreou material depositado no solo durante todo o período de águas baixas. Os dados de nitrato dessa pesquisa demonstraram que todos os valores ficaram abaixo do preconizado na CONAMA 357 para águas classe II (10mg.L^{-1}).

Corroborando com a pesquisa, Assis (2019) encontrou nos rios da área da REBIO Jaru, concentrações de nitrato, variando de $0,1\text{mg.L}^{-1}$ em março/2017 no Igarapé Grande e $1,5\text{mg.L}^{-1}$ em junho/2017 no rio Jaru. Zuffo et al. (2013) ao pesquisarem rios de Rondônia encontraram valores de nitrato no rio Guaporé de variando de $0,25\text{mg.L}^{-1}$ à $2,5\text{mg.L}^{-1}$, no período de 1996 e 1997.

Já para o nitrito, o comportamento de nitrito encontrado evidenciou que esse nutriente seguiu os padrões encontrados em outros rios da região sendo o maior valor encontrado foi de $13,40\ \mu\text{g.L}^{-1}$ semelhantes aos encontrados por Assis (2019) e Nascimento (2006). Ressalta-se que os valores encontrados estão dentro do preconizado pela CONAMA 357/2005 para águas classe II (1mg.L^{-1}).

Assis (2019) encontrou nos rios da área da REBIO Jaru valores de nitrito variando de $1\ \mu\text{g.L}^{-1}$ de fevereiro/2018 à $20\ \mu\text{g.L}^{-1}$ março de 2017. Já Nascimento (2006) encontrou valores de nitrito no reservatório da Usina de Samuel (rio Jamari) uma variação de $1\ \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2005) à $10\ \mu\text{g.L}^{-1}$ (dezembro de 2005).

Para a amônia, foi possível observar que esse nutriente foi detectado em poucas amostras, isso significa que em se tratando de poluição por nitrogênio a fonte poluente pode estar distante dos pontos de coletas, de acordo com Lyra *et al.* (2020) a presença de concentrações elevadas deste composto significa contaminação recente por matéria orgânica, pois estas formas ocorrem no estágio inicial da decomposição. Os valores máximos encontrados foram $32,27 \mu\text{g.L}^{-1}$ no P1 e $45,81 \mu\text{g.L}^{-1}$ no P2. Observa-se que no P2 os valores de amônia foram mais representativos que no P1, o que pode estar relacionado a contaminação por compostos nitrogenados presentes na zona rural. Diante disso é possível que tal fonte de contaminação sejam também as pisciculturas. Os valores de amônia encontrados na presente pesquisa se mostraram acima dos valores encontrados por Sales *et al.*, (2019), porém os mesmos ocorreram nos períodos de transição.

Corroborando com a discussão, Sales *et al.* (2019) encontraram no rio Machado dentro da Rebio-Jaru, valores de amônia variando de $5,21 \mu\text{g.L}^{-1}$ nas águas altas à $13,60 \mu\text{g.L}^{-1}$ no período de vazante.

Lopes (2020), encontrou no Rio Machado próximo a Ji-Paraná concentrações de amônia variando entre $8,74 \mu\text{g.L}^{-1}$ no período de seca e $3,27 \mu\text{g.L}^{-1}$ no período de cheia valores esses maiores que os encontrados nesta pesquisa.

Em se tratando de nitrogênio total os valores encontrados nesta pesquisa variaram de $0,33 \text{mg.L}^{-1}$ período de águas baixas à 14mg.L^{-1} período de águas altas corroborando com esses dados Ribeiro, (2017) encontrou no mesmo rio Urupá no ano de 2016, encontrou valores de nitrogênio total variando de $0,4 \text{mg.L}^{-1}$ (maio/16) à $3,2 \text{mg.L}^{-1}$ (dez/2016), sendo os menores valores encontrados no período seco e os valores mais elevados no período chuvoso.

Souza *et al.*, (2017) verificou que os parâmetros nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio inorgânico dissolvido apresentaram relação positiva com densidade de cianobactérias, respectivamente, nos modelos do ribeirão Pereiras e no córrego Samambaia (Goiás).

As concentrações de nitrato, nitrito e amônia foram menores que os valores preconizados pela CONAMA 357/2005 para águas de classe II.

Observou-se então que o padrão do nutriente nitrogênio em suas diferentes formas acompanhou de forma geral o ciclo hidrológico da região, com maiores concentrações durante o período de transição águas baixas-águas altas e durante as águas altas. Comportamento similar aos trabalhos citados.

Foi verificado que os resultados de fósforo total ultrapassaram o valor permitido na resolução CONAMA 357/2005 nas coletadas de novembro/2019 no P1 e no mês de outubro/2019 no P2. Tal fato está relacionado ao início do verão amazônico (FISCH et al, 2019).

Este resultado corrobora com o encontrado por Pereira (2019), ao estudar diversos pontos ao longo do rio Urupá no período de 18/05/2018 à 04/04/2019, obteve valores de fósforo total variando de $1,71 \mu\text{g.L}^{-1}$ na nascente do rio em maio/2018 a $133,14 \mu\text{g.L}^{-1}$ no mês de outubro/2018, em ponto situado a montante do P2 da presente pesquisa. Observou-se ainda que no mês de novembro todos pontos situado mais próximos ao exultório do rio Urupá superou os valores preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

Ribeiro (2017) analisando 5 pontos no rio Urupá durante o ano de 2016, encontrou valores de fosforo total variando de $1,12\text{mg.L}^{-1}$ a $2,75\text{mg.L}^{-1}$ sendo que os valores aumentaram nos meses de novembro e dezembro corroborando com os dados encontrados nesta pesquisa e na pesquisa de Pereira (2019).

Lopes (2020) encontrou no trecho do rio Machado compreendido entre os município de Presidente Médici e Ji-Paraná, valores de fosforo total variando de $0,050 \text{mg.L}^{-1}$ no período de seca a $,0132 \text{mg.L}^{-1}$ no período de enchente, também na referida pesquisa os valores de fósforo total ficaram em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005.

Quanto ao fósforo dissolvido, os resultados demonstraram que nos períodos de transição (AA-AB e AB-AA) os valores de fósforo dissolvido no P2 foram maiores que no P1, ($99,33 \mu\text{g.L}^{-1}$ P2 e $8,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ P1), nos demais período os valores em P1 superaram P2. Diferente do encontrado por Lopes, (2020) no rio Machado encontrou os maiores valores nos períodos de enchente e cheia sendo $0,0462 \text{mg.L}^{-1}$ no período de enchente e $0,0406 \text{mg.L}^{-1}$ no período de cheia.

A Resolução CONAMA 357/2005 não utiliza o parâmetro fósforo dissolvido como controle de qualidade de água. Entretanto é uma variável importantes para estudos liminológicos, pois o fósforo dissolvido é a forma de fosfato disponível para o fitoplâncton (NASCIMENTO, 2006).

Como era esperado, as concentrações de fósforo total e dissolvido também tiveram relação com o ciclo hidrológico. De forma geral as maiores concentrações foram obtidas no período de transição entre águas baixas e águas altas e no período de águas altas. Tal resultado relaciona-se a entrada de água oriunda da bacia de drenagem.

Quanto à densidade de coliformes observou-se que os grupo dos coliformes fecais apresentou diferença entre P1 e P2, . Nos meses de maio e novembro de 2019 no P2 não foi encontrado este grupo bacteriano, e em apenas duas coletas (agosto 2019 e março de 2020) os resultados de P2 foram maiores que em P1. Tal resultado certamente está relacionado à localização dos pontos. O P1 por estar inserido no perímetro urbano do município de Ji-Paraná tende a receber maior carga de efluentes domésticos sem tratamento, quando comparado ao P2 que está localizado na zona rural.

Para corroborar com essa pesquisa, foi observado que os dados de coliformes totais e fecais obtidos por Francener & Andrade (2010) no rio Urupá, em ponto localizado à aproximadamente 2 mil metros do P1 deste trabalho, variaram de 7.000 UFC (julho/2010) e 20.000 UFC (junho/2010) para coliformes totais. Para os coliformes fecais (*E. coli*) a variação foi de 300 UFC à 1000 UFC representando a primeira a segunda semana mês.

Ribeiro, (2018) ao analisar a água do rio Urupá entre os meses abril de 2016 e janeiro de 2017, observou que os dados para as análises de coliformes fecais exibiram significativas variações, com picos entre os meses de abril e novembro e com médias mensais maiores que 2000 UFC/100mL.

Pereira, (2019) ao analisar vários pontos ao longo do rio Urupá no ano de 2018, encontrou no mesmo ponto denominado P2 da presente pesquisa, valores de coliforme termotolerantes variando de 70 UFC em maio/2018 a 3100 UFC em outubro/2018. Ao avaliar amostras de água coletadas no mesmo ponto denominado P1 os valores de coliformes termotolerantes foram de 200 UFC em maio/2018 a 700UFC em novembro/2018.

Tais trabalhos correlacionam-se aos dados encontrados na presente pesquisa, evidenciado o aporte de matéria orgânica decorrentes de áreas de pastagens situadas na bacia do rio Urupá, bem como o aporte de esgoto doméstico principalmente próximo às áreas urbanizadas.

Com relação às cianobactérias, a partir do mês de junho de 2019, período de AB, este grupo passa a se tornar presente na comunidade, com 3.660 céls.ml⁻¹, sendo a espécie *Aphanocapsa delicatissima*, com 1.630 cels.mL⁻¹ a espécie dominante, seguida por *Planktolyngbya limnetica* com 1.087 céls.ml⁻¹. Ainda no período de águas baixas, setembro de 2019, a espécie *Aphanocapsa incerta*, com 2.329 cels.mL⁻¹ foi a espécie dominante no fitoplâncton.

Ressalta-se que as cianobactérias estiveram presentes em maior densidade durante o período amostral (51,33%), seguidas das clorofíceas (39,79%).

Churros et al. (2012) e Sant'Ana (2008), apontam que alguns gêneros de *Aphanocapsa* como a *A. incerta*, assim como *Planktolyngbya limnetica*, são produtoras de microcistinas tal fato deve ser levado em consideração já que esteve presente na comunidade fitoplanctônica da presente pesquisa.

Observou-se que o grupo de cianobactérias se fez em presente em quase todos os meses da pesquisa, com exceção do mês de maio-2019. Apesar das densidades terem sido menores que os preconizados pela resolução CONAMA 357 para águas de classe II e ter ficado abaixo dos valores de referência na portaria consolidada 05 de 2017/MS, tal observação deve ser levado em consideração, uma vez que, tais valores podem variar de ano para ano dependendo do ciclo hidrológico e da vazão do rio Urupá.

Silveira (2012) ao estudar a composição da biomassa fitoplanctônica na zona estuarina do Rio Amazonas (Amapá), identificou 155 táxons distribuídos nas seguintes classes: *Zygnematomyceae*, *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Coscinodiscophyceae*, *Ulvophyceae*, *Mediophyceae* e *Euglenophyceae*, observa-se que a classe das *Euglenophyceae* esteve presente em ambos os estudos.

Já o estudo realizado por Vilhena (2016) o qual realizou um levantamento da comunidade fitoplanctônica no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes (Amapá), registrou 230 táxons distribuídos em nove classes (*Zygnematomyceae*, *Xanthophyceae*, *Euglenophyceae*, *Dinophyceae*, *Cyanophyceae*, *Coscinodiscophyceae*, *Chrysophyceae*, *Chlorophyceae* e *Bacillariophyceae*), observa-se que *Euglenophyceae* e a *Dinophyceae* estiveram presente no rio Urupá.

Oliveira et al. (2019) identificaram no rio Amazonas no ponto de captação de Macapá (AP) dez táxons de cianobactérias sendo elas: *Limnothrix planctonica*, *alkalinema pantanalense*, *Leptolyngbya sp.*, *Raphidiopsis sp.*, *Anabaena so.*, *Dolichospermum sp.*, *Geitlerinema splendidum*, *Cephalothrix lacustres* e uma cianobactérias não identificada *Moforespécies 1*. Apresentando maior abundância foram as espécies *Limnothrix planctonica*, *Leptolyngbya sp.* e *Alkalinema pantanalense*. *L. planctonica* foi dominante entre os meses de maio e

setembro/2015 enquanto que a *Leptolyngbya sp.*, dominaram entre novembro/2015 à março/2016.

A maior densidade de cianobactérias encontrada no estudo de Oliveira (2019), foi 10.900 céls.mL⁻¹ no mês de julho de 2015 se mostrando maior do que a densidade encontrada na presente pesquisa. Enquanto que a menor densidade foi registrada em janeiro de 2016 (894 céls.mL⁻¹). Ao correlacionarem os fatores ambientais com as densidades de cianobactérias observaram que o pico de densidade desta espécie ocorreu nos períodos que houve os maiores valores de transparência. Menores valores de condutividade elétrica, turbidez e concentrações de amônia. Corroborando com a presente pesquisa em que as maiores densidades de cianobactérias foram encontradas nas coletas em que o rio Urupá apresentou os maiores valores de transparência.

Dentre os parâmetros analisados, sugere-se que a transparência da água e a menor vazão nos períodos de águas baixas (junho e setembro) contribuíram para o aumento da densidade de cianobactérias no P1, somada a presença dos nutrientes nitrato e fósforo dissolvido. Corroborando com o esse estudo, Jardim *et al.* (2014), observaram que o acréscimo das cianobactérias aconteceu no período de seca, quando diminui a vazão do Rio Doce (MG).

Daruich *et al.* (2013) estudando dois rios em San Luiz (Argentina) ressaltaram que o aumento das cianobactérias é um resultado das ações antrópicas sobre a bacia hidrográfica em que os mananciais estão inseridos e devendo em grande parte na redução do volume e diminuição da vazão do rio.

A clorofila *a* é um pigmento encontrado em todas as variedades de algas de águas continentais portanto, o acréscimo na concentração de clorofila *a* pode ser um indicativo de aumento da biomassa de fitoplâncton.(RUDORFF, 2006).

Observou-se que durante o período de AB, na presente pesquisa obteve-se valores superiores ao preconizado pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe II. Por se tratar de um manancial de captação de água para consumo humano, os valores de clorofila *a* encontrados são preocupantes, visto que refletem o desenvolvimento acentuado da comunidade fitoplanctônica, e um dos grupos representantes desta comunidade é o grupo das cianobactérias.

Pinto (2015), ao estudar a limnologia no rio Machado, encontrou uma variação de clorofila *a* de 0,43µg.L⁻¹ em fevereiro/2015 a 3,85 µg.L⁻¹ em setembro/2014 demonstrando também um melhor desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica em período de baixa vazão.

A clorofila-a é um dos parâmetros a ser monitorado de acordo com a Resolução do COANAMA nº 357, de 2005. A Portaria consolidada nº 05/2017 do Ministério da Saúde, preconiza a amostragem e análise semanal da concentração de clorofila *a* em manancial de abastecimento público como potencial indicador de aumento da densidade de cianobactérias

Assis (2019) ao avaliar o teor de clorofila *a* em vários rios na área da REBIO Jaru, não encontrou variação temporal entre os meses de março, junho e outubro de 2017 e fevereiro de 2018, e que todos os pontos analisados ficaram abaixo do valor de 0,005 ug.L⁻¹ em todos os meses monitorado.

Neto *et al.* (2017) encontraram valores de clorofila *a* em um rio Guamá no Pará, variando de 0,2 mg.L⁻¹ (maio/2015) à 0,71 mg.L⁻¹ (julho/2015).

Nos meses de maiores concentrações de clorofila-a (junho, julho e agosto/2019), obteve-se também as maiores densidades de fitoplâncton. Tal fato reforça a necessidade do monitoramento de clorofila *a* no rio Urupá, principalmente no período de águas baixas.

Silveira (2012), verificou a maior densidade do fitoplâncton do estuário do rio Amazonas nas coletas de maio/2011 e julho/2012, correlacionando com o maior valor de clorofila *a* (33,38 µg.L⁻¹) também em maio de 2012. Tal fator também foi observado nesta pesquisa sendo que no mês de julho foi identificado a maior concentração de clorofila *a* (47,97µg.L⁻¹) e consequentemente a maior densidade de fitoplâncton (11.560,36 cels.mL⁻¹).

A portaria consolidada nº 05 do Ministério da Saúde de 2017, em seus art. 40, parágrafo 2º recomenda a análise de clorofila *a* no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias. Em seu parágrafo terceiro traz que quando os resultados da análise prevista no parágrafo 2º revelarem que a concentração de clorofila *a* em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias (BRASIL, 2017).

Monitorar os valores de clorofila *a* é importante em virtude de estar presente em todos os organismos fotossintetizantes e representar, aproximadamente de 1 a 2% do peso seco do material orgânico de todas as algas planctônicas e ainda ser considerado o principal indicador da biomassa do fitoplâncton (ERASO, 2016).

4.2 Índice do Estado Trófico

O grau de trofia encontrado no rio Urupá durante a pesquisa foi Mesotrófico o que difere dos resultados encontrados por Ribeiro (2017) e assimila ao grau de trofia encontrado por Pereira (2020).

Ribeiro (2017), obteve o Índice Estado Trófico (IET) em amostras de água de cinco pontos amostrais no rio Urupá, no período de abril de 2016 a janeiro de 2017. O grau de trofia encontrado teve as maiores médias no período seco-úmido e úmido ($74,0 \pm 1,8$) devido as variações positivas. Já no período seco ocorreram as menores médias com variações apresentando um ambiente em estado hipereutrófico ($IET > 64$) com característica de elevadas concentrações de fósforo e situações propícias para a produção excessiva de algas durante todos os períodos do ano. Vale considerar que o ano da pesquisa de Ribeiro (2017) foi o mesmo do evento de ocorrência de floração no rio Urupá.

Pereira, (2019) calculou os resultados de IET PT demonstraram que o rio Urupá dispõe de concentração intermediária de PT, com enquadramento dominante na classe Mesotrófica o mesmo encontrado nesta pesquisa.

Já Lopes (2020) ao estudar um trecho do rio Machado localizado entre os municípios de Presidente Médici e Ji-Paraná entre junho/2019 e março/2020, obteve valores de IET variando entre $40,4 \pm 0,23$ para o ponto P4 durante o período de seca à $53,38 \pm 0,76$ para o ponto P7 durante o período de vazante, evidenciando que entre os pontos o grau de trofia alterou entre ultraoligotrófico ($IET \leq 47$) a mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), sendo que a maior parte pode ser classificado como oligotrófico ($47 < IET \leq 52$). Para a classificação com influência da sazonalidade obteve-se para os períodos de vazante, seca e enchente uma classificação oligotrófica, enquanto o período de cheia apresentou uma trofia ultraoligotrófica.

4.3 *Análise das Componentes Principais*

Para o P1 a ACP demonstrou que os parâmetros nutrientes (fósforo total, fósforo dissolvido, nitrato e amônia) coliformes totais, coliformes fecais e turbidez tiveram maior contribuição nos meses do período de águas altas. Assim como no período seco, as variáveis que melhor contribuíram para a variabilidade dos dados foram o pH, a clorofila *a*, transparência da água, alcalinidade, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura.

Para P2 as variáveis mais representativas na formação do eixo 1 foram coliformes totais (0,958), fósforo dissolvido (0,842) e transparência (0,769). A formação do eixo 2 teve maior contribuição as variáveis nitrato (0,823), nitrito (0,760) e oxigênio dissolvido (0,652).

Corroborando com esse estudo, Sales (2020) ao analisar dados limnológicos de rios na área da reserva Biológica do Jaru, observou que os nutrientes (fósforo dissolvido, fósforo total, amônia e nitrito) tiveram maiores contribuições nos períodos de enchente, já o nitrato apresentou maior contribuição no período de águas altas assim como na presente pesquisa. Já as variáveis transparências, oxigênio dissolvido, tiveram maiores contribuições nos períodos de vazantes e águas baixas.

Um estudo limnológico realizado por Lopes, (2020) em um trecho do rio Machado entre os municípios de Presidente Médici e Ji-Paraná, também corrobora com a presente pesquisa, pois em relação as variáveis, clorofila *a*, pH e OD, tiveram suas maiores contribuições no período de seca e vazante. Já as variáveis condutividade elétrica e turbidez tiveram maiores contribuições nos períodos de enchente e cheia, e a transparência no período de seca, características semelhantes às encontradas nesta pesquisa.

Já no estudo realizado no reservatório da usina hidrelétrica de Samuel (RO) por Nascimento (2012), foi possível verificar através da PCA que variáveis que tiveram maior contribuição no período de águas baixas foram clorofila-*a*, OD e alcalinidade. Já para o período de águas altas as maiores contribuições foram dos nutrientes fósforo e nitrato.

Ao correlacionar os dados da PCA a qual encontra-se os dados de cianobactérias e dos outros grupos fitoplantônicos, observou-se que o fitoplâncton apresentou maior densidade nos meses de menor incidência chuvosa, correspondente ao período de estiagem na região, apresentando maiores valores de temperatura e conseqüentemente maior estabilização da coluna da coluna

d'água, o que refletiu nos maiores valores de oxigênio dissolvido e de clorofila *a* encontrados. As cianobactérias tiveram ampla correlação com a temperatura da água.

O fitoplâncton, assim como as cianobactérias foram correlacionados com as variáveis clorofila-*a*, transparência, oxigênio dissolvido, temperatura e amônia, corroborando com análises realizada por Ferraz (2012). Ao realizar uma associação da ocorrência de cianobactérias às variáveis de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas em Minas Gerais, verificou que os dados de densidade de cianobactérias foram positivamente correlacionada com as variáveis pH, clorofila *a*, nitrato e temperatura.

Oliveira *et al.* (2019), correlacionando os dados de cianobactérias encontrados no rio Amazonas através de análises estatísticas de correspondência canônica - CCA, com as variáveis ambientais e sazonais, observaram que as cianobactérias estiveram presentes em maior densidade no período de águas baixas e teve forte correlação com a transparência, confirmando com os dados da presente pesquisa.

Diante do exposto evidencia a importância de monitorar os parâmetros clorofila *a*, transparência, oxigênio dissolvido, temperatura e amônia os quais tiveram maior correlação com a densidade do fitoplâncton no rio Urupá.

4.4 Relação Cianobactérias e Saúde Pública

Ao relacionar os dados obtidos através dos questionários aplicados aos operadores dos sistemas operados pela CAERD no Estado de Rondônia, observou-se que das onze unidades da CAERD que responderam ao questionário, quatro (Presidente Médice, Urupá, Jaru e Santa Luzia) apresentaram respostas que podem ser atribuídas a episódios de aumento da biomassa fitoplanctônica, com eventos relacionados a gosto e cheiro na água tratada e cor esverdeada na água bruta.

Ressalta-se que nestas localidades podem existir unidades de saúde as quais consomem água tratada pela CAERD, portanto e se suma importância do monitoramento constante da qualidade da água captada e distribuída.

5 PRODUTO

Com os resultados deste projeto, foi elaborado um relatório técnico apresentando os resultados da pesquisa o qual será enviado aos órgãos estaduais e municipais do meio ambiente e de saúde e à Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD. Além de apresentar informações sobre a qualidade da água do rio Urupá em áreas próximas ao ponto de captação de água a qual será tratada e distribuída pela CAERD. Visa também evidenciar a importância do monitoramento de cianobactérias nos mananciais de abastecimento público, em virtude do potencial produtor de cianotoxinas por cianobactérias, toxinas estas que podem ser prejudiciais à saúde da população. Destaca-se ainda que episódios de florações de cianobactérias comprometem a qualidade ambiental do sistema aquático e comprometem o tratamento da água a ser distribuída para a população.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ponto de coleta P1 situado próximo a captação de água da CAERD no rio Urupá na cidade de Ji-Paraná, apresentou espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, a saber *Aphanocapsa incerta* e *Planktolyngbya limnetica*. Destaca-se ainda que 51,33% da comunidade fitoplânctônica durante o período estudado foi composta por cianobactérias.

As variáveis físico-químicas e microbiológicas da água apontaram que ao longo de um ciclo hidrológico os pontos amostrados no rio Urupá apresentaram características que podem favorecer a ocorrência de florações de cianobactérias, como valores altos de transparência da água e presença de nutrientes importantes como o nitrato e fósforo, baixa vazão do rio, principalmente nos períodos de águas baixas.

Das onze ETAs da CAERD que responderam ao questionário, quatro (Presidente Médice, Urupá, Jaru e Santa Luzia) apresentaram respostas que podem ser atribuídas a episódios de aumento da biomassa fitoplânctônica, com eventos relacionados a gosto e cheiro na água tratada e cor esverdeada na água bruta.

Quanto às unidades de saúde, verificou-se que 70% das unidades localizadas em Ji-Paraná utilizam água da CAERD para abastecimento e 60% das unidades localizadas em Urupá também utilizam a concessionária pública como fonte de abastecimento, porém a única Clínica de Hemodiálises presente na bacia hidrográfica do rio Urupá, não utiliza a CAERD como fonte de abastecimento.

Diante destes resultados, evidencia-se a necessidade de acompanhamento da qualidade da água, com ênfase na densidade de cianobactérias, não somente no rio Urupá, mas em outros mananciais de captação do Estado de Rondônia, visando proteger a saúde da população quanto à possível exposição à cianotoxinas bem como contribuir com medidas de preservação dos recursos hídricos através dos dados levantados.

7. RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados obtidos na presente pesquisa é de fundamental importância que a Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD, crie um plano de monitoramento de seus mananciais de abastecimento que contemple a análise de cianobactérias e de parâmetros limnológicos que relacionam-se ao seu desenvolvimento, como clorofila-a, transparência da água e os nutrientes fósforo e nitrogênio. Deve-se ainda monitorar a vazão do rio Urupá, uma vez que as florações de cianobactérias estão relacionadas a baixa vazão do rio.

É importante que os órgãos gestores do meio ambiente façam também esse monitoramento, como forma de fiscalização da concessionária responsável pelo abastecimento público no Estado. Bem como, é importante a fiscalização da qualidade da água distribuída pela CAERD pelos órgãos de saúde responsáveis pela vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano. Evidencia-se também a importância de se iniciar tal monitoramento nos municípios Urupá, Jaru, Presidente Medici e Santa Luzia. Ressalta-se a necessidade de trabalho conjunto entre os órgãos ambientais e de saúde pública.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed.. Washington: APHA,1998.

ALVES, W. D. S. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do ribeirão das abóboras, em Rio Verde – go, Brasil. **Geociencias**, v. 36, n. 1, p. 13–29, 2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Regiões Hidrográficas**. 2014. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/b78ea64219b9498c8125cdef390715b7_0?page=2. Acesso em: 14 de novembro de 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Aplicativo Hidroweb móbile versão 1.2.2**. 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ana.hidroweb>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

ANNA, C. L. S. *et al.* Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs , SP , Brazil. v. 1, p. 1–17, 2007.

ASSIS, F. DE; SILVA, C. a Piscicultura De Rondônia : Avanços E Perspectivas the Rondônia Pisciculture : Progress and Perspectives. p. 2015–2018, 2015.

ASSIS, J.P.M. Caracterização Limnológica E Elementos-Traços Na Reserva Biológica Do Jarú (Ro). Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Ji-Paraná – RO. Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2019.

AZEVEDO, S. M. F. O. Toxinas de cianobactérias : causas e conseqüências para a saúde pública. **Med On Line**, v. 1, p. 1–16, 1998.

AZEVEDO, S. M. F. O. *et al.* Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru - Brazil. **Toxicology**, v. 181–182, p. 441–446, 2002.

BEAVER, J. R. *et al.* Environmental factors influencing the quantitative distribution of microcystin and common potentially toxigenic cyanobacteria in U.S. lakes and reservoirs. **Harmful Algae**, v. 78, n. April, p. 118–128, 2018.

BIALCZYK, J. *et al.* Applied Clay Science Removal of cyanobacterial anatoxin-a from water by natural clay adsorbents. v. 148, n. June, p. 17–24, 2017.

BORTOLI, S. *et al.* Growth and microcystin production of a brazilian microcystis aeruginosa strain (LTPNA 02) under different nutrient conditions. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 24, n. 4, p. 389–398, 2014.

BOURGIN, M. *et al.* Effect of operational and water quality parameters on conventional ozonation and the advanced oxidation process O₃/H₂O₂: Kinetics of micropollutant abatement,

transformation product and bromate formation in a surface water. **Water Research**. 2017. disponível em: doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.018>. acesso em: 14 de junho de 2020.

BOURKE, A. T. C. *et al.* An outbreak of hepato-enteritis (the Palm Island mystery disease) possibly caused by algal intoxication. **Toxicon**, v. 21, n. SUPPL. 3, p. 45–48, 1983.

BRASIL. Portaria nº 1469. Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. p. 32 p., 2001. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Cianobactérias / Cianotoxinas**. Brasília, 2001. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_1469.pdf. acesso em: 23 maio de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília - DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 de fevereiro. 2019.

BRASIL. Cianobactérias/cianotoxinas: procedimentos de coleta, preservação e análise / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/19/cianobacterias-cianotoxinas-2...pdf>>; acesso em 30 de abril de 2018.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual prático de análise de água**. Fundação Nacional de Saúde, 4ª ed., 150p. Brasília: Funasa, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. acesso em 10 de março de 2019.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Ministério da Saúde**, p. 926, 2017. Disponível em: <https://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf> acesso 15 de agosto de 2018 .

BRIZZI, Raphael Rodrigues *et al.* AVALIAÇÃO MACRO E MICROESTRUTURAL DE SOLOS SOB DIFERENTES USOS A PARTIR DE ANÁLISES FÍSICAS, MICROSCOPIA ELETRÔNICA E ESPECTROSCOPIA POR ENERGIA DISPERSIVA. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 25-40, mar. 2019. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/53023>>. Acesso em: 19 dez. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i1.53023>.

BOLSON, M.A. A biogeoquímica do rio Urupá, Rondônia. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-30012007-105204/pt-br.php>>; acesso em 10 de maio de 2018.

BURATTI, F. M. *et al.* Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 3, p. 1049–1130, 2017.

CABRAL, P. H. T. D.; ALMEIDA, G. M. DE. Controle De Processos Em Mineração Baseado Em Análise Por Componentes Principais: Um Estudo De Caso Real. p. 18, 2018.

CAERD. Relatório anual - Qualidade da água exercício 2017. /Companhia de Água e Esgoto de Rondônia- Ji-paraná disponível em: <http://transparencia.ro.gov.br/Arquivo/VisualizarArquivo?pEncArquivoId=PBvEDBp4wDBhuhDPHJEmAjoLFTc3Sr7DLjDPHDNwy5jK0n0Lj5jj8naKyTGv7WbIPxRSQ2KULQIFEiukr3GtqAIggXZNIHCO64u0in4RDc3QU4L>. acesso em 14 de maio de 2018.

CÂMARA NETO, H. F. da. A “Tragédia da Hemodiálise” 12 anos depois: Poderia ela ser evitada?. 2011. 171f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife. Disponível em: <http://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2011camaraneto-hf.pdf> . acesso 21 Nov. 2018.

CARLSEN, H. V. et al. Mapeamento de viveiros escavados no estado de Rondônia por meio de imagens orbitais *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196967/1/5056.pdf> . acesso em 15 de dezembro de 2020.

CARMICHAEL, W. W. et al. Human fatalities from cyanobacteria: Chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. 7, p. 663–668, 2001.

CARVALHO, L. R. D. E. et al. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystin by planar chromatography in surface water of Billings and Guarapiranga Reservoirs , SP , Brazil. p. 141–148, 2007.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo**, v. Apêndice E, n. Série Relatórios, p. 287, 2017.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2013. **Manual de Cianobactérias Plancônicas: Legislação, Orientações para o Monitoramento e Aspectos Ambientais**, v. Série Manuais, ISSN 0103-2623, p. 44, 2013

CHAVES, P. F. et al. Ocorrência de cianobactérias produtoras de toxinas no Rio dos Sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 319–328, 2009.

CHEN, L. *et al.* A review of reproductive toxicity of microcystins. **Journal of Hazardous Materials**, v. 301, p. 381–399, 2016.

CHORUS, I., e WELKER, M.. (2021). Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003081449>

CODD, G. A. *et al.* CYANONET A Global Network for Cyanobacterial Bloom and Toxin Risk Management. **Initial Situation Assessment and Recommendations**, n. 76, p. 1–5, 2005.

COLDEBELLA, Anderson. Efluentes da piscicultura intensiva em viveiros escavados: caracterização e dinâmica dos nutrientes. 2018. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR. 2018.

CORREA, L.S. Fluxo difusivo de CO₂ na foz do rio urupá - ro. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Ji-Paraná – RO. Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2016.

Churro C, Dias E, Valério E. Risk Assessment of Cyanobacteria and Cyanotoxins, the Particularities and Challenges of *Planktothrix* spp. Monitoring, Novel Approaches and Their Applications in Risk Assessment, Dr. Yuzhou Luo (Ed.), ISBN: 978-953-51-0519-0, 2012.

DA GLORIA, D. C. *et al.* Epidemia de gastroenterite na area da barragem de Itaparica, Bahia. **Boletim - Oficina Sanitaria Panamericana**, v. 114, n. 6, p. 502–512, 1993.

NETO, O. D.; DA SILVA, B. M.; PAIVA, R. S. Variação Dos Parâmetros Físico-Químicos, Composição E Biomassa Fitoplanctônica Em Uma Estação Fixa Na Foz Do Rio Guamá, Belém, Pará-Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 16, n. 1, p. 19, 2017.

DA SILVA COELHO, A. *et al.* Análise da estrutura espacial e funcional da paisagem aplicada ao planejamento da conservação da natureza no município de Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 66, p. 304–327, 2018.

DARUICH, J. *et al.* Algal and Cyanobacterial communities in two rivers of the province of San Luis (Argentina) subjected to anthropogenic influence. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 79–90, 2013.

DIÁRIO DA AMAZÔNIA. **Pesquisa indica que água da Caerd tem qualidade regular**. 15 de junho de 2016. disponível em: <https://www.diariodaamazonia.com.br/pesquisa-indica-que-agua-da-caerd-tem-qualidade-regular/>. acesso em: 13 de outubro de 2020.

DOMINGUES, *et al.* Are nutrients and light limiting summer phytoplankton in a temperate coastal lagoon?. *Aquat Ecol* **49**, 127–146 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9512-9>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA(EMBRAPA). **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Jaguariúna**: Embrapa Meio Ambiente, 2013. São Paulo. 39 p. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>. acesso em: 20 de outubro de 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Boletim agropecuário de Rondônia**. Evolução da produção agropecuária: junho/2018. Embrapa Rondônia. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201201/1/Boletim-N3-2019-2.pdf>. acesso em 15 outubro de 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Boletim agropecuário de Rondônia**. Especial Censo Agropecuário 2017. n. 1. março. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211412/1/INFORMATIVO-AGROPECUARIO-RO-2020-02.pdf>. acesso em 13 de outubro de 2020.

ERASO, R. Estudo do nível trópico do reservatório de Porto Primavera por meio de sensoriamento remoto e visualização de séries temporais. **Aleph**, p. 155 f. : il., tab., 2016.

ESPINOZA, J. C. et al. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9–10, p. 5413–5430, 2019.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción**. Roma. 2020. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.4060/ca9229es> . acesso em: 10 de janeiro de 2021.

FERNANDES, L. F.; LAGOS, P. E. D. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Irai, Curitiba, PR. I: Sucessão sazonal do fitoplâncton. In: Seminário do projeto interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público, 4, Curitiba. Livro de Resumos. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 2003. pp. 47-52. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/Sanepar/gecip/congressos_seminarios/eutrofizacao/art014.pdf. acesso 14 de dezembro de 2020.

FERRAZ, H. D. A. Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais. p. 1–11, 2012.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). 2019. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: dezembro de 2020.

FRANCENER, S.; ANDRADE, L. Avaliação Do Índice De Balneabilidade Em Uma Área De Lazer No Município De Ji-Paraná–Rondônia. **Abrh.Org.Br**, p. 1–9, 2010.

GAO, *et al.* Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p.1637–1647, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160600851494>.

GÓIS, J. S.; OLIVEIRA, F. H. P. C. Variação sazonal das cianobactérias como parâmetro para análise da água do reservatório Mororó, no município de Pedra/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 357, p. 1015–1023, 2014.

HAVENS, K. E. et al. Dynamics of cyanobacteria blooms are linked to the hydrology of shallow Florida lakes and provide insight into possible impacts of climate change. **Hydrobiologia**, v. 829, n. 1, p. 43–59, 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA .Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 de junho de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 44, n. 4, p. 51, 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf. acesso em 05 de novembro de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Censo agropecuário 2017: resultados preliminares**. Rio de Janeiro, v. 7, ISSN 0103-6157, p. 1–180, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf. acesso em 07 de novembro de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Organização do território**. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio.html>. acesso em 07 de novembro de 2020.

IPCC, 2013: Resumo para Decisores. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)].

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LUZ, Ezequias; TOMAZONI, Julio Caitano; POKRYWIECKI, Ticiane Sauer. Monitoramento da qualidade da água e capacidade De Autodepuração Do Rio Ligeiro No Município De Pato Branco – Pr. **Revista Geociências** p. 755–768, 2019.

JARDIM, B. F. M. Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da bacia do Rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias. p. 113, 2011.

JARDIM, F. A. et al. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 207–218, 2014.

JASIM, S. Y.; SATHTHASIVAM, J. Advanced oxidation processes to remove cyanotoxins in water. **DES**, p. 5–9, 2016. disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.06.031>. acesso em 14 de junho de 2020.

JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Archive of Hydrobiology**, v.109, n. 3, p. 445-454, 1987.

Jöhnk, K. D. *et al.* Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Glob. Chang. Biol.* **14**, 495–512 (2008). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01510.x> aceso. 20 de novembro de 2019.

JUNIOR, Luiz Carlos Costa. *et al.* Levantamento do uso, ocupação e qualidade hidrica no trecho final do rio Urupá, Ji-Paraná-RO. **Revista saberes**. 2020 d. v. 16, p. 53–66. Disponível

em: <https://unijpa.edu.br/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/artigo-04-levantamento-do-uso-ocupa%20e-qualidade-da-qualidade-da-água-em-trecho-final-do-rio-urup%20jiparan%C3%A0-RO.pdf> . acesso: 10 de dezembro de 2020.

KUBICKOVA, B. *et al.* Effects of cyanobacterial toxins on the human gastrointestinal tract and the mucosal innate immune system. **Environmental Sciences Europe**, v. 31, n. 1, p. 1–27, 2019.

LU, X. *et al.* Environmental factors influencing cyanobacteria community structure in Dongping Lake, China. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 25, n. 11, p. 2196–2206, 2013.

LOPES, *et al.* Variáveis limnológicas durante período de seca em um trecho do rio Machado - RO. In: Pesquisa, Inovação e Tecnologia no Estado de Rondônia 2. 1ed. Rio Branco - AC: Stricto Sensu Editora, 2019, v. 2, p. 11-31.

LOPES, Valério Magalhães. Identificação dos usos e diagnóstico da qualidade da água em trecho do rio Machado- Rondônia- Brasil. Ji-Paraná: Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação Dos Recursos Hídricos,) - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, RO. 2020.

MAHMOUD, A.; FREIRE, R. S. Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 198–205, 2007.

MAIER, H. R.; BURCH, M. D.; BORMANS, M. Flow management strategies to control blooms of the cyanobacterium, *Anabaena Circinalis*, in the river Murray at Morgan, South Australia. **River Research and Applications**, v. 17, n. 6, p. 637–650, 2001.

MOLICA, R. J. R. *et al.* Occurrence of saxitoxins and an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. **Harmful Algae**, v. 4, n. 4, p. 743–753, 2005.

MOURA E SILVA, M. S. G.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**, p. 39, 2013.

MUNOZ, M. *et al.* Degradation of widespread cyanotoxins with high impact in drinking water (microcystins, cylindrospermopsin, anatoxin-a and saxitoxin) by CWPO. **Water Research**, v. 163, 2019.

NASCIMENTO, E.L. DO. Concentração de Mercúrio no plânctons e fatores ecológicos no reservatório da U.H.E.-Samuel- Amazonas Ocidental(Rondônia/Brasil)Porto Velho: Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, 2006.

NASCIMENTO, Elisabete Lourdes do. Fatores ambientais reguladores da dinâmica de cianobactérias no reservatório da usina hidrelétrica de Samuel - Rondônia (Amazônia Ocidental, Brasil). 2012. - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

NÕGES, T. SOLOVJOVA, I. The Influence of Different Solvents and Extraction Regimes on the Recovery of Chlorophyll *a* from Freshwater Phytoplankton. **Geophysica**, v. 36, n.1, p. 161-168, 2000.

OLIVEIRA, Aline Gorjão. **Impactos ambientais e sociais na bacia hidrográfica do rio Paraíba decorrentes do uso do solo e da transposição do rio São Francisco**. 2018. Tese (doutorado em desenvolvimento e meio ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. PB, 2018.

OLIVEIRA, E. D. C. *et al.* First detection of microcystin-Lr in the amazon river at the drinking water treatment plant of the municipality of Macapá, Brazil. **Toxins**, v. 11, n. 11, p. 1–21, 2019.

PEIXE BR. Associação Brasileira da piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso: 03 de novembro 2020.

PEREIRA, A. C. A. **Graus de trofia em águas do rio Corrente dos Matões de Bom Jesus/PI**. Piauí: UFPI, 2011. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Piauí, 2011.

PEREIRA, Edilaine da silva. **Uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia do rio Urupá, Rondônia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Rolim de Moura, 2019.

PERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Governo do Estado de São Paulo**, n. Re 03, p. 1, 2012.

PINTO, T.J.S. Fluxo evasivo de CO₂ na interface água-atmosfera no rio Ji-Paraná – RO. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Ji-Paraná – RO. Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2015.

PORTAL DO PEIXE. **Como licenciar sua piscicultura? Cadastro Único do Piscicultor**. 2020. disponível em: <http://portaldopeixe.ro.gov.br/como-funciona/como-licenciar-sua-piscicultura/?fbclid=IwAR0xRbfbDCbvZTThkWm58xK1WtVVfIPObB-MijS-Fyv2-cGtgAVeInPR5-Y>. Acesso em 06 de dezembro de 2020.

RAMOS, C. P. DA S. *et al.* Estudo da presença da toxina microcistina na água de reservatório de Mundaú (Garanhuns-PE) pelas metodologias ELISA e CLAE. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 2, p. 169–177, 2014.

RIBEIRO, Geniane Trindade. Avaliação da qualidade da água bruta do rio urupá para fins de abastecimento público do município de Ji-Paraná-RO. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Ji-Paraná – RO. Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2017.

RODRÍGUEZ, E. *et al.* Oxidative elimination of cyanotoxins: Comparison of ozone, chlorine, chlorine dioxide and permanganate. **Water Research**, v. 41, n. 15, p. 3381–3393, 2007.

REYNOLDS, CS. 2006. *The ecology of phytoplankton: ecology, biodiversity and conservation*. Cambridge: Cambridge University Press. 535 p. DOI <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542145>.

RUDORFF, C. M. Estudo da composição das águas da planície amazônica por meio de dados de reflectância do sensor Hyperion/EO-1 e de espectrômetro de campo visando à compreensão da variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos. **Divisão de Sensoriamento Remoto**, v. Mestrado, p. 140, 2006.

SÁ, L. L. C. *et al.* Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do rio Tapajós, no município de Santarém (Pará, Brasil). **Revista Pan-Amazônica Saúde**, 2010.

SALES, M. S. *et al.* Variação intrasazonal dos parâmetros físicos-químicos da água do rio Machado e seus afluentes no trecho da Rebio Jarú. In: Albuquerque, C. C.; Batista, I. H.. (Org.). **VII Orkshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. 1ed.Boa Vista - RR: EDUFRR, 2019, v. 1, p. 766-773.

SALES, Mayk Silva. Dinâmica do mercúrio total e metilmercúrio na água do médio rio Machado e principais afluentes (Rondônia). Ji-Paraná: Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação Dos Recursos Hídricos,) - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, RO. 2020.

SAMPAIO, Joseane.; CARNEIRO, Ronaldo, Leal.; PINTO, Ernani. Potencial tóxico e farmacológico de Cianobactérias. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 59-75, jun. 2011.

SAMPAIO, C. A. DE P. *et al.* Technical analysis of water from rural sources. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 213–217, 2019.

SANCHES, S. M. *et al.* Presença da toxina microcistina em água, impactos na saúde pública e medidas de controle. **Revista de Ciencias Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 33, n. 2, p. 181–187, 2012.

SANT'ANNA, Célia L. *et al.* Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. **Rev. bras. Bot.**, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 1-17, Mar. 2007 . Disponível <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042007000100002&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 19 Jan. 2020.

SANT'ANNA, C.L.*et al.* Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*, 126: 251-265.2008. Disponível em: DOI: 10.1127/1864-1318/2008/0126-0251. acesso em 14 de outubro 2018

SANTI, *et al.* Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecol. apl.**, Lima , v. 11, n. 1, p. 23-31, enero 2012 . Disponible en <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162012000100003&lng=es&nrm=iso>. accedido en 21 novembro de 2019.

SANTOS, D. O. S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita , S . P .— Brazil). 2002.

SECRETÁRIA DO ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). Relatório final (RF) para a elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado de

Rondônia. 2018. Disponível em: <https://data.portal.sistemas.ro.gov.br/RELATORIO-FINAL>. acesso em 12 de novembro de 2020.

SILVA, *et al* . Assessment of Oriçanga and Itupeva rivers water quality at the Pardo-Mogi watershed (São Paulo State, Brazil). **Acta Limnol. Bras. (Online)**, Rio Claro , v. 22, n. 3, p. 335-343, set. 2010. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2010000300010&lng=pt&nrm=iso. acessos em 21 outubro de 2020. <https://doi.org/10.4322/actalb.02203010>.

SILVA, S. C. F. DA. Ecotoxicologia de Cianobactérias no canal principal do baixo Rio Tapajós, Santarém, Pará, Brasil. **Dissertação**, p. 93, 2012.

SILVA. et al. Avaliação da qualidade ambiental do Riacho Lamego pela razão EPT/Chironomidae e teste microbiológico. v. 1, n. 3 (2016) p. 15–23, . Disponível em: <https://cadernoscajuina.pro.br/revistas/index.php/cadcajuina/article/view/24>. acesso em 26 de junho de 2020

SILVA, D. C. DA C. E et al. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas / Methodology for potential degradation analysis of water resources in watershed. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 50, p. 455, 2017.

SILVA, F. A. C.; ARAÚJO, L. V. **A piscicultura de Rondônia: avanços e perspectivas**. 55 da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociedade Rural. Santa Maria, RS: SOBER. 2017. Universidade Federal de Santa Maria – RS. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163453/1/PISCICULTURA-DERONDONIA.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2019.

SILVA. Etienne Oliveira. Hidrogeoquímica do rio Machado e seus principais afluentes- reserva biológica do Jaru-Rondônia. Ji-Paraná: Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação Dos Recursos Hídricos,) - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, RO. 2020.

SILVEIRA JÚNIOR, A. M. Composição e biomassa microfitoplanctônica associadas a variáveis físico e químicas em dois transectos da zona estuarina do rio Amazonas (Amapá, Amazônia, Brasil). Macapá: Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Amapá, Macapá , AM. 2012

SOAREZ *et al* . Sublethal exposure from microcystins to renal insufficiency patients in Rio de Janeiro, Brazil **Environ Toxicol**, 21 (2006), pp. 95-10.3

SOARES, R. M. *et al* . Effects of microcystin-LR on mouse lungs. **Toxicol**, v. 50, n. 3, p. 330–338, 2007.

SOTERO-SANTOS, R. B. et al. Toxicity of a cyanobacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tiete ^ River , Sa. v. 64, p. 163–170, 2006.

SOUZA, Claudia alves, et al. Correlação entre as variáveis abióticas e a densidade de cianobactérias no reservatório de abastecimento público de água do ribeirão João Leite. In: XIV

Simpósio Ítalo-Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fox do Iguazu-PR, 2018.

SPERLING, E. VON; JARDIM, F. A. Influence of climatic conditions on cyanobacteria blooms in a tropical water supply river (Rio das Velhas , Brazil). 2009.

SUNDUKOV, Y. N. First record of the ground beetle *Trechoblemus postilenatus* (Coleoptera, Carabidae) in Primorskii krai. **Far Eastern Entomologist**, v. 165, n. April, p. 16, 2006.

SVIRČEV, Z. et al. Toxicology of microcystins with reference to cases of human intoxications and epidemiological investigations of exposures to cyanobacteria and cyanotoxins. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 2, p. 621–650, 2017.

TEIXEIRA ADLOFF, C. *et al.* Revista Brasileira de Recursos Hídricos Brazilian Journal of Water Resources Analysis of the phytoplankton community emphasizing cyanobacteria in four cascade reservoirs system of the Iguazu River, Paraná, Brazil Análise da comunidade fitoplanctônica com . v. 6, n. 23, 2018.

TILAHUN, S. *et al.* Toxicon Temporal dynamics of intra-and extra-cellular microcystins concentrations in Koka reservoir (Ethiopia): Implications for public health risk. **Toxicon**, v. 168, n. October 2018, p. 83–92, 2019.

UENO, Y. et al. Detection of microcystins, a blue-green algal hepatotoxin, in drinking water sampled in Haimen and Fusui, endemic areas of primary liver cancer in China, by highly sensitive immunoassay. **Carcinogenesis**, v. 17, n. 6, p. 1317–1321, 1996.

UNESCO. **Águas residuais: o recurso inexplorado**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017. Colombella, Perúgia, Itália. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por>; Acessado em: 13 de dez. de 2018.

UTERMÖHL H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 1958, 9:1-38.

VIEIRA, S. et al. Microcystin production by *Radiocystis fernandoi* (Chroococcales , Cyanobacteria) isolated from a drinking ´ m , PA , water reservoir in the city of Bele Brazilian Amazonia region. v. 42, p. 709–713, 2003.

VILHENA, J.C.E. Estudo ficológico do reservatório da UHE Ferreira Gomes, Amapá: análise das variáveis físico-químicas da qualidade da água e da relação destas com o fitoplâncton. 2016.108 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do AmApá /UNIFAP, Macapá, 2016. disponível em: https://sigaa.unifap.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=2943. acesso em 10 de junho de 2020.

VLAD, S. *et al.* Removal of the cyanotoxin anatoxin-a by drinking water treatment processes : a review. *Journal of Water & Health*. vol.12, 4 ed. Canadá. 2014.

WERT, E. C. et al. Effect of oxidant exposure on the release of intracellular microcystin, MIB, and geosmin from three cyanobacteria species. **Water Research**, v. 52, p. 251–259, 2014.

WHO. Cyanobacterial toxins: Microcystin - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality and Guidelines for Safe Recreational Water Environments. n. March, p. 58, 2020.

YANG, C.; NAN, J.; LI, J. Driving factors and dynamics of phytoplankton community and functional groups in an estuary reservoir in the Yangtze River, China. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 6, 2019.

ZAMYADI, A. et al. Toxic cyanobacterial breakthrough and accumulation in a drinking water plant: A monitoring and treatment challenge. **Water Research**, v. 46, n. 5, p. 1511–1523, 2012.

ZUFFO, C. E. et al. Caracterização da qualidade de águas superficiais em Rondônia. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 36, n. 2, p. 25–39, 2013.

6 APENDICE A

RELATÓRIO TÉCNICO

OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS NO RIO URUPÁ (RONDÔNIA): UMA ABORDAGEM AMBIENTAL E DE SAÚDE PÚBLICA.



Elaborado por: Irizádina Maria da Silva Bandeira

Elisabete Lourdes do Nascimento

Elizete Celestino Holanda



**Relatório Técnico – Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá
(Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública.**

Realização:

Irizádina Maria da Silva Bandeira

Elisabete Lourdes do Nascimento

Elizete Celestino Holanda

Apoio técnico:

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES
Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos – ProfÁgua
Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR
Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM
Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD
Núcleo de Ecotoxicologia e Ecologia Aplicada – NEEA/USP

Como citar este relatório técnico:

BANDEIRA, I.M.S.; NASCIMENTO, E.L; HOLANDA, E.C. Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública. Relatório Técnico. 37 p. Ji-Paraná – RO, 2021.

Ji-Paraná – RO
2021

Sumário

<u>1</u>	<u>APRESENTAÇÃO</u>	111
<u>2</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	112
<u>2.1</u>	<u>Cianobactérias e suas implicações ambientais e de saúde pública</u>	112
<u>2.2</u>	<u>Impactos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Urupá</u>	113
<u>2.1</u>	<u>Objetivo</u>	118
<u>3.</u>	<u>ÁREA DE ESTUDO</u>	118
<u>4.</u>	<u>METODOLOGIA APLICADA</u>	120
<u>4.1</u>	<u>Coleta da água</u>	120
<u>4.2</u>	<u>Análises realizadas e respectivas metodologias</u>	121
<u>4.3</u>	<u>Análise Estatística</u>	121
<u>5.1</u>	<u>RESULTADOS</u>	121
<u>5.2</u>	<u>Qualidade da Água</u>	121
<u>5.3</u>	<u>Índice do Estado Trófico</u>	128
<u>5.4</u>	<u>Dinâmica do fitoplâncton (ênfase cianobactérias) e clorofila a</u>	129
<u>5.4</u>	<u>Análise das Componentes Principais</u>	131
<u>5.5</u>	<u>Informações sobre a possível ocorrência de florações de cianobactérias junto aos operadores das principais estações de tratamento de água do Estado</u>	133
<u>5.6</u>	<u>Levantamento das unidades de saúde e clínicas de hemodiálise que utilizam água dessas ETAS, visando identificar a finalidade do uso da água.</u>	134
<u>6.</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	135
<u>7.</u>	<u>RECOMENDAÇÕES</u>	136
	<u>REFERENCIAS</u>	136
	<u>APENDICE A</u>	142
	<u>APENDICE B</u>	143

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1: Mapa de uso e cobertura do solo na bacia do rio Urupá.</u>	115
<u>Figura 2: Distribuição Espacial dos Psiculturas por Tamanho da Unidade Produtivas no Estado de Rondônia.</u>	116
<u>Figura 3: a) captação de água em Ji-Paraná, b) montante da captação de água em Urupá.</u>	117
<u>Figura 4: Bacia do rio Urupá e o pontos amostrais (P1 e P2).</u>	119
<u>Figura 5: Vazão do rio Urupá e precipitação pluviométrica na bacia do rio Urupá (maio/2019 a abril/2020).</u>	120
<u>Figura 6-Valores de oxigênio dissolvido (A), temperatura (B), turbidez (C), condutividade elétrica (D), transparência (E), pH (F) e alcalinidade (G) no P1 e P2 ao longo do ciclo.</u>	126
<u>Figura 7-: Valores de nitrito (A), nitrato (B), nitrogênio total (C), amônia (D), fósforo total (E), fósforo dissolvido (F) coliformes fecais (G) e coliformes totais (H) no P1 e P2 ao longo do ciclo hidrológico</u>	127
<u>Figura 8: Dados quantitativos de cianobactérias no P1 durante o período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como as variações sazonais no período.</u>	129
<u>Figura 9: Densidade de fitoplâncton ao longo do período amostral (maio-2019 a março-2020).</u>	130
<u>Figura 10 Concentrações de clorofila a nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como determinação CONAMA 357 para águas de classe II.</u>	131
<u>Figura 11: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do P1 e os resultados de fioplâncton</u> Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH ₄ : amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO ₂ : nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO ₃ : Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica.....	132
<u>Figura 12: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do ponto 2 e os parâmetros avaliados.</u> Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH ₄ : amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO ₂ : nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO ₃ : Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica.....	132

LISTA DE QUADROS

<u>Quadro 1: Variáveis de qualidade da água obtidas no P1 ao longo do ciclo hidrológico.</u>	122
<u>Quadro 2: Variáveis de qualidade da água obtidas no P2 ao longo do ciclo hidrológico.</u>	122
<u>Quadro 3: Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 durante o ciclo hidrológico.</u>	128
<u>Quadro 4: Levantamento das unidades de saúde.</u>	134

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública

1 APRESENTAÇÃO

A qualidade das águas em diversas regiões do Brasil revela o descaso com que foram e continuam sendo tratadas nos últimos anos, sendo degradadas por atividades humanas, tanto os mananciais superficiais como os subterrâneos. Descargas urbanas, industriais e da agricultura, aliadas à má utilização e uso inadequado dos recursos hídricos, vem trazendo consequências desastrosas à qualidade das águas dos rios prejudicando a utilização desses mananciais para o abastecimento público (DA SILVA COELHO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2017).

Uma das consequências da degradação de uma bacia de drenagem é a eutrofização artificial dos corpos d' água e a consequente formação de florações de cianobactérias.

As florações de cianobactérias podem apresentar impactos econômicos e sociais substanciais devido a danos causados às empresas de tratamento de água, recreação e turismo, aquicultura e agricultura (SVIRČEV *et al.*, 2017). Os seres humanos quando contaminados por cianotoxinas, podem apresentar diversos sintomas como: irritação na pele, cólicas estomacais, vômitos, náusea, diarreia, febre, dor de garganta, dor de cabeça, dores musculares e articulares, bolhas na boca, falência múltiplas dos órgãos, gastroenterites, falência hepáticas e dos rins, além de serem substâncias carcinogênicas (CÂMARA NETO, 2011; TEIXEIRA ADLOFF *et al.*, 2018).

Em virtude desta problemática, a legislação brasileira no que tange aos padrões de qualidade de água (Portaria MS N° 888/2021) e com relação à classificação dos corpos d' água (Resolução CONAMA N° 357/2005) apresentam valores orientadores para níveis aceitáveis de cianobactérias e cianotoxinas em águas brasileiras. Entretanto, apesar do tema cianobactérias e cianotoxinas ter grande importância ambiental e de saúde pública, na região Amazônica, ainda são escassos os trabalhos nesta temática.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Desta forma, visando contribuir com informações que subsidiem desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos no estado de Rondônia, este relatório traz informações referentes à ***Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia) com uma abordagem ambiental e de saúde pública***. O mesmo foi elaborado como produto final da dissertação da mestrandia Irizádina Maria da Silva Bandeira da turma de 2018 do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-ProfÁgua, campus de Ji-Paraná. A dissertação foi orientada pelas professoras Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento (UNIR) e Dra. Elizete Celestino de Holanda (UFRR).

2 INTRODUÇÃO

3 2.1 Cianobactérias e suas implicações ambientais e de saúde pública

Cianobactérias são microrganismos com estrutura celular correspondente a uma bactéria, procarióticos e aeróbicos. Pertencentes à comunidade fitoplanctônica podem ser unicelulares, coloniais ou filamentosas. Apesar das cianobactérias não estarem organizadas em cloroplastos, como as plantas, elas são fotossintetizantes. Determinadas espécies são fixadoras de nitrogênio atmosférico (N₂) enquanto outras produzem hepatoxinas ou neurotoxinas (SAMPAIO; CARNEIRO ; PINTO, 2011; SANCHES et al., 2012).

As cianobactérias são encontradas nos mais variados ambientes, como terrestre, água doce, salobra ou marinha, fontes termais, neve e solos úmidos (WHO, 2020). Em se tratando de água doce as cianobactérias são comumente encontradas em rios quando esses tem a qualidade de suas águas impactadas pelo aumento exagerado da carga de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, perdendo a qualidade do corpo hídrico. Esses eventos geralmente são relacionada a atividades humanas, as quais provocam a entrada de nutrientes nos corpos hídricos a ponto de exceder a capacidade de autodepuração dos mesmos, provocando floração de algas e cianobactérias (ALVES *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2016).

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Diversos gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, que são conhecidas como cianotoxinas caracterizam-se por sua ação rápida (KUBICKOVA et al., 2019). Os seres humanos quando contaminados por cianotoxinas, podem apresentar diversos sintomas como: irritação na pele, cólicas estomacais, vômitos, náusea, diarreia, febre, dor de garganta, dor de cabeça, dores musculares e articulares, bolhas na boca, falência múltiplas dos órgãos, gastroenterites, falência hepáticas e dos rins, além de serem substâncias carcinogênicas (CÂMARA NETO, 2011; TEIXEIRA ADLOFF et al., 2018).

As florações de cianobactérias podem apresentar impactos econômicos e sociais substanciais devido a danos causados às empresas de tratamento de água, recreação e turismo, aquicultura e agricultura (SVIRČEV et al., 2017). Em água doce as toxinas predominantes que trazem os maiores transtornos a saúde nos casos investigados são as microcistinas, reconhecidas como toxinas hepáticas e produtoras de tumores no fígado e sistema reprodutivos (BURATTI et al., 2017).

Na região norte do país já foram registradas a presença de cianobactérias produtoras de toxinas no Pará (VIEIRA et al., 2003; SÁ et al. 2010; SILVA 2012), Amapá (SILVEIRA JUNIOR, 2012; OLIVEIRA et al., 2019) e Rondônia (NASCIMENTO, 2012). No reservatório da usina Hidrelétrica de Samuel, situada no rio Jamari, foi identificado diferentes espécies de cianobactérias, com destaque para a espécie *Microcystis panniformes*, bem como a presença de microcistina na água (NASCIMENTO, 2012)

5 2.2 Impactos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Urupá

O Rio Urupá tem sua bacia instalada na região central do Estado de Rondônia, apresenta nascente preservada em virtude da Reserva Pacaás Novas, no entanto ao longo do seu curso observa-se pouca preservação em suas margens (BOLSON, 2006). O referido rio é utilizado como manancial de captação de água para consumo humano em dois municípios: Urupá e Ji-Paraná (CAERD, 2017).

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Com relação aos aspectos de uso e cobertura do solo na bacia do Rio Urupá (figura) observa-se que 56,03% da área de drenagem da bacia é referente a pastagens, sendo estimado um rebanho bovino de 2.664.852 cabeças nos municípios que compreendem a bacia (IBGE, 2017). Destaca-se que áreas de pastagens comprometem a conservação e regeneração do sistema florestal, uma vez que diminui a diversidade vegetal e animal, facilitando o enfraquecimento do solo e dando condições favoráveis à erosão (OLIVEIRA, 2019).

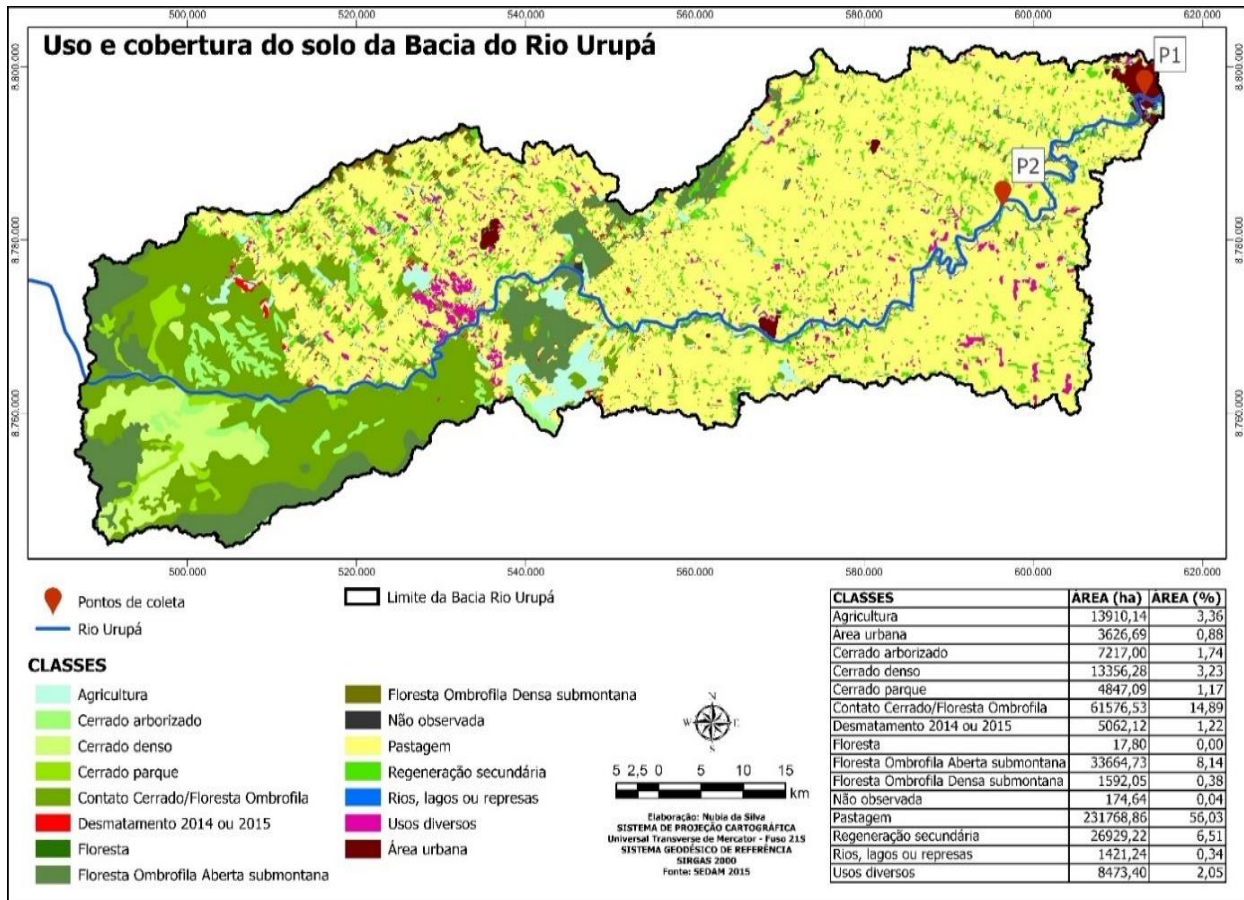
Outra importante fonte de poluição presente na bacia do Rio Urupá está relacionada às atividades industriais. Pereira (2019), aponta que há registro de 16 atividades agroindustriais nos órgãos ambientais estaduais e municipais, sendo frigoríficos, laticínios e despolpa de frutos. Também se desenvolvem na bacia 11 atividades de extração mineral.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, (2016) apontam que a atividade de piscicultura também está muito presente na bacia do Rio Urupá, uma vez que dois dos maiores produtores de peixes tambaqui do Estado de Rondônia estão localizados na bacia do referido rio, mais precisamente nos municípios de Mirante da Serra e Urupá. Mirante da Serra é o 4º maior produtor do tambaqui do Estado e está na 6º posição nacional de produção de Tambaqui, enquanto que o município de Urupá está na 3º colocação na produção de tambaqui no Estado e ocupa a 5º colocação no ranking nacional de produção desta espécie.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Figura 30: Mapa de uso e cobertura do solo na bacia do rio Urupá.



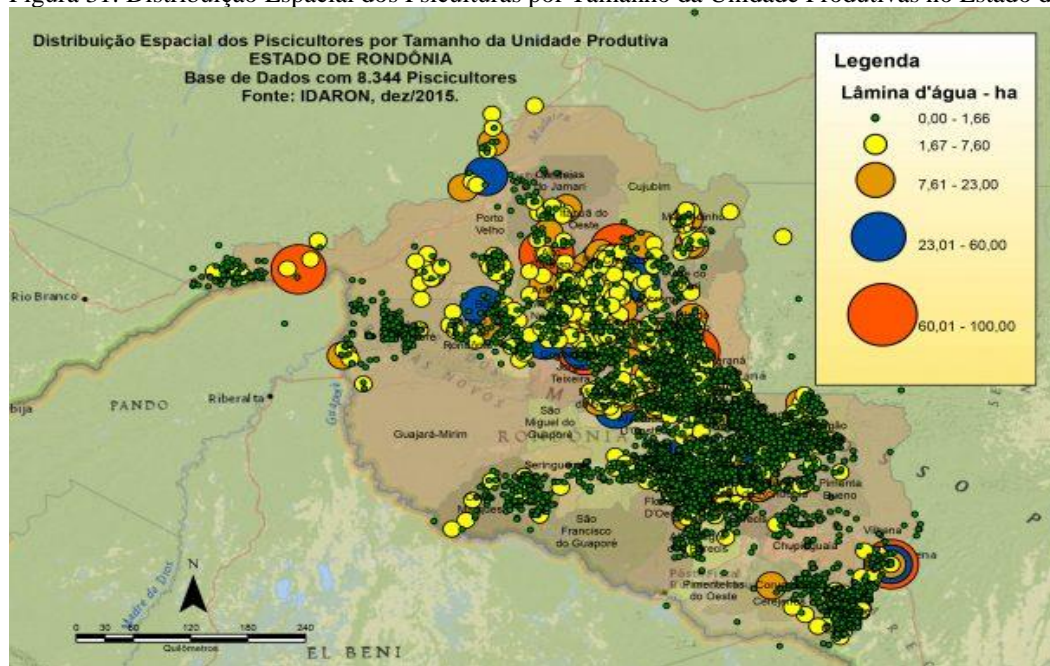
Fonte: (SEDAN, 2015)

Segundo Pereira, (2019) a área drenagem da bacia do Rio Urupá conta com 5.568 tanques de piscicultura, sendo que conforme o mapa de distribuição dos piscicultores por tamanho da Unidade Produtiva (figura 2), observa-se que a região de abrangência da bacia do rio Urupá, tem predomínio de pequenas e médias pisciculturas (IDARON, 2015).

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Figura 31: Distribuição Espacial dos Piscicultores por Tamanho da Unidade Produtivas no Estado de Rondônia.



Fonte: Portal do peixe, (2020)

Um estudo realizado por Carlsen (2019), sobre mapeamento dos viveiros escavados no Estado de Rondônia por meio de imagens orbitais mostrou que a maioria dos viveiros mapeados se encontra próximo à rios de pequeno e médio porte, com ênfase para as cidades da região central do Estado, como Ariquemes, Mirante da Serra e Urupá, sendo as duas últimas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Urupá.

Na piscicultura em tanques escavados é realizada a renovação da água constantemente durante o processo de engorda, porém no momento da despesca, um volume expressivo de efluentes é lançado no corpo receptor em pequeno espaço de tempo, esses efluentes são ricos em sólidos suspensos, sólidos totais, demanda química de oxigênio e fósforo total (COLDEBELLA, 2018).

Estão presentes na área de drenagem do Rio Urupá, 3 cidades, sendo elas Mirante da Serra, Urupá e Ji-Paraná. Ressalta-se que as cidades mencionadas não possuem sistema de coleta e tratamento de esgoto, de forma que o esgoto doméstico acaba sendo despejado em fossas rudimentares ou são lançados em pequenos cursos d'água da bacia ou diretamente no

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Rio Urupá, como retratado pela Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia (SEDAM, 2018).

Segundo informações da Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD (comunicação pessoal), dentre os anos de 2013 à 2016, durante o período de estiagem, a companhia enfrentou problemas em decorrência da água apresentar gosto e odor. Porém esses eventos nos anos de 2013 a 2015 foram passageiros, num período de três ou quatro dias.

No mês de junho de 2016, houve um evento preocupante que perdurou por mais de 40 dias. Durante esse período, foi notado que desde o ponto de captação de água em Ji-Paraná até o ponto de captação de água na cidade de Urupá, o Rio Urupá apresentou coloração esverdeada, sendo mais característico nas proximidades da captação em Ji-Paraná, conforme figura 3, e a água tratada, mesmo estando translúcida, apresentava odor de barro e mofo, o que foi percebido pela população de Ji-paraná, trazendo grandes transtornos à companhia e à população em geral (DIÁRIO DA AMAZONAS, 2016).

Figura 32: a) captação de água em Ji-Paraná, b) montante da captação de água em Urupá



Fonte: PILENGHY (2016)

Em setembro de 2016, novas florações de algas foram detectadas no rio Urupá chegando à estação de tratamento de água, causando sérios transtornos no tratamento, em razão do grande volume de lodo produzido nos decantadores.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo:

5.1 Objetivo

Avaliar a ocorrência de florações de cianobactérias no Rio Urupá, a partir de uma abordagem ambiental e de saúde pública.

3. ÁREA DE ESTUDO

Localizada no Centro-Leste do Estado de Rondônia, a bacia do Rio Urupá, drena uma área de aproximadamente 4.209Km², sendo o rio Urupá o principal curso d'água da bacia. O referido rio nasce na reserva indígena Uru-Eu-Wau-Wau no Parque Nacional do Pacaás Novos no município de Mirante da Serra, e desemboca no Rio Ji-Paraná, também conhecido como Rio Machado, no município de Ji-Paraná, possuindo 270,533 Km de extensão (BOLSON, 2006).

A bacia do rio Urupá abrange municípios de São Miguel do Guaporé, Mirante da Serra, Jaru, Urupá, Alvorada do Oeste, Nova União, Ouro Preto do Oeste, Presidente Médici e Ji-Paraná (figura 4). Suas águas são utilizadas de maneira diversa ao longo de toda bacia, com destaque para uso como fonte de abastecimento público nos municípios de Urupá e Ji-Paraná (BOLSON, 2006).

As vazões médias do rio Urupá e os dados médios de precipitação pluviométrica na sua bacia durante o período amostral (maio/2019 à março/2020) estão apresentadas na figura 5. Os respectivos dados foram extraídos do Portal Hidroweb do SNIRH da estação fluviométrica Fazenda Apurú (código 15558500) (ANA, 2020).

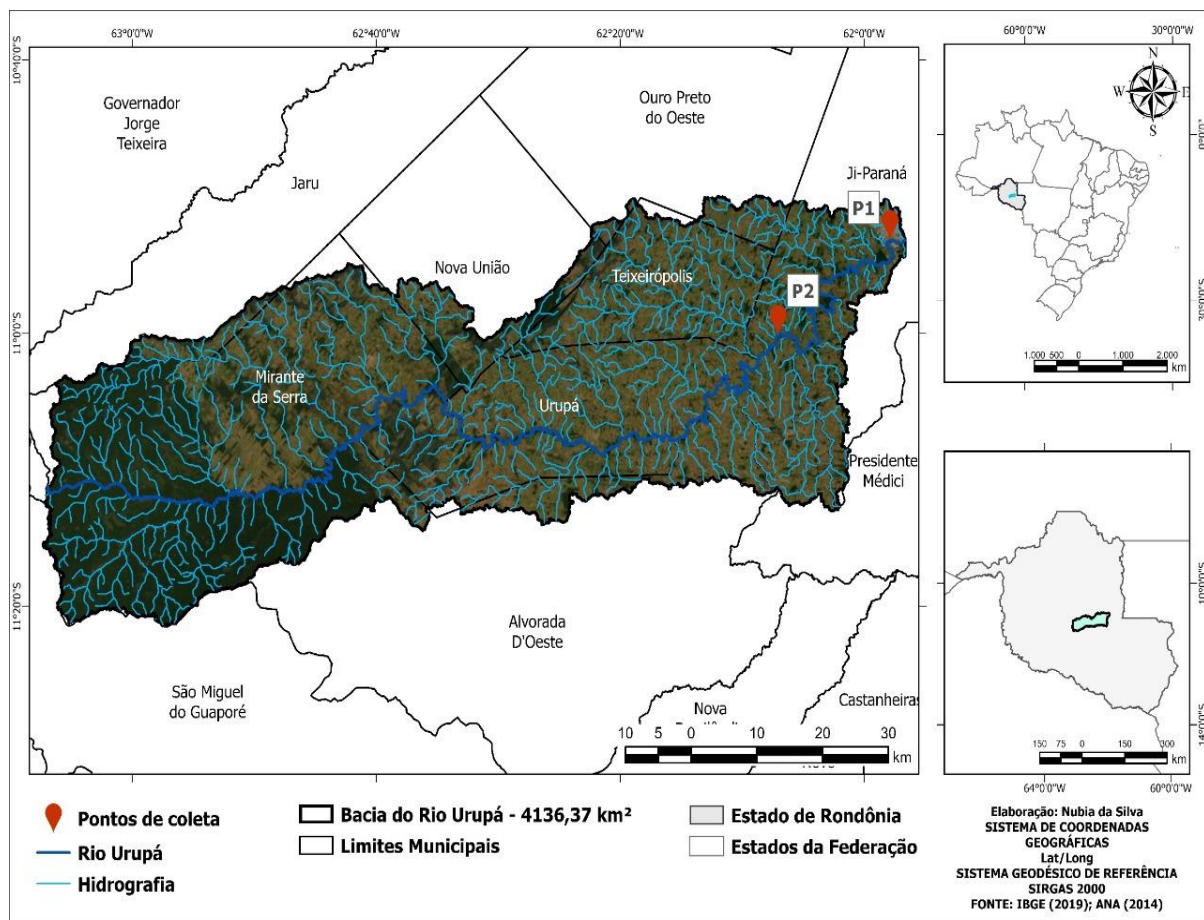
No período de transição Águas Altas (AA) - Águas Baixas (AB), maio de 2019, a precipitação foi de 69,6mm de chuva e a vazão média foi de 108,0 m³.s⁻¹. No

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



período de águas baixas (AB), junho a agosto de 2019 a precipitação foi de 40mm de chuvas e vazão média foi de $19,3\text{m}^3.\text{s}^{-1}$. Já no período de transição Águas Baixas – Águas Altas (AB-AA), setembro a outubro de 2019 a precipitação foi 294,2mm e a vazão média foi de $12,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Por fim, no período de Águas Altas (AA), que correspondeu aos meses de novembro à março a precipitação e a vazão média foram de 9,26mm e $158,88 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ respectivamente

Figura 33: Bacia do rio Urupá e o pontos amostrais (P1 e P2).

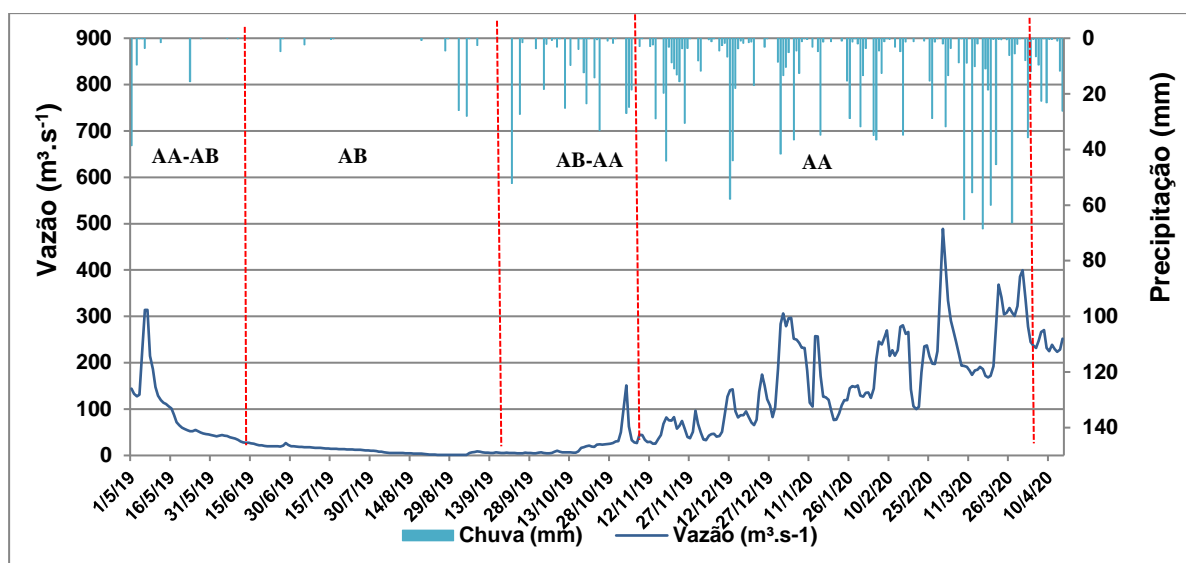


Fonte: IBGE, (2019); ANA, (2014)

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Figura 34: Vazão do rio Urupá e precipitação pluviométrica na bacia do rio Urupá (maio/2019 a abril/2020).



Fonte: Ana (2020)

4. METODOLOGIA APLICADA

4.1 Coleta da água

As amostras de água foram coletadas em 2 pontos do rio Urupá, ambos situados à montante da captação de água pela Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD em Ji-Paraná, (figura 4). O ponto 1 (P1), está localizado à aproximadamente 20m do ponto de captação da companhia, no perímetro urbano da cidade (latitude:-10,88715; longitude: -61.96602). Esta área recebe influência de despejos de esgotos sem tratamento, drenagem urbana e resíduos sólidos.

O ponto 2 (P2) situa-se à aproximadamente 13.000 metros da captação (latitude:-11,00224; longitude: -62,1172). Localizado na zona rural do município, em uma área de vegetação tipo capoeira em suas margens, recebe maior influência de região de agropecuária e piscicultura. No P1 foram coletadas amostras de água superficial a cada 15 dias e no P2 a cada 30 dias. As coletas foram realizadas entre os meses de maio de 2019 à março de 2020.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Todas as coletas de água foram realizadas às margens do rio com auxílio de um coletor específico constituído por uma haste e um recipiente PET, no intuito de melhor representar a água do rio. Destaca-se que não foi coletado em região de meandro, mas de água corrente. Cada amostra de água coletada seguiu procedimentos de campo e laboratório visando sua conservação para as análises a serem realizadas.

6 4.2 Análises realizadas e respectivas metodologias

• Em campo, a transparência da água foi obtida com disco de *Secchi*. A temperatura e a condutividade elétrica analisadas através de sondas (Sonda LUTRON-PH-221 e sonda YSI-30);

• Amostras de água superficial foram coletadas para as análises laboratoriais de turbidez (turbidímetro HACH 2100P), pH (Alfakit AT-315) oxigênio dissolvido, alcalinidade, nutrientes, clorofila *a* e coliformes. Todas realizadas de acordo com APHA (1998);

• Amostras de água também foram coletadas visando a análise de nutrientes e taxonomia do fitoplâncton. As análises de nutrientes seguindo as técnicas espectrofotométricas (APHA, 1998) e as análises taxonômicas do fitoplâncton (ênfase em cianobactérias) pelo método de Utermöhl utilizando microscópio óptico;

• Aos técnicos e operadores das ETAs operadas pela CAERD no Estado, foram aplicados questionários no intuito de verificar a possível ocorrência de florações de cianobactérias em outros mananciais;

• Foi realizado levantamento das unidades de saúde que utilizam a água distribuída pela CAERD, através de acesso aos dados da Secretaria municipal de Saúde dos municípios envolvidos e posteriormente junto ao sistema da CAERD buscou-se informações se as mesmas eram ou não abastecidas pela CAERD.

4.3 Análise Estatística

Com a finalidade de verificar quais variáveis de qualidade da água estaria relacionadas com a presença de cianobactérias, aplicou-se aos dados a Análise das Componentes Principais (ACP), via matriz de correlação.

5.1 RESULTADOS

5.2 Qualidade da Água

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



A estatística descritiva quanto aos valores mínimos, médios e máximos das variáveis de qualidade da água nos pontos 1 e 2 estão apresentados nos quadros 1 e 2.

Quadro 5: Variáveis de qualidade da água obtidas no P1 ao longo do ciclo hidrológico.

Ciclo hidrológico		Transp.	T°	pH	Cond.	OD	Turb	Alcal	C.Totais	C. Fecais	Cl- α	NO ₃	NO ₂	N. total	NH ₃	P dis	P. total
AA-AB	Mínimo	43,00	23,60	7,61	51,70	6,86	27,00	18,50	7500,00	300,00	5,64	0,51	3,07	0,98	31,27	8,50	36,00
	Máximo	66,00	26,70	7,64	92,90	10,08	39,30	19,50	10300,00	900,00	23,34	0,53	5,23	0,98	31,27	30,00	36,00
	Média	54,50	25,15	7,63	72,30	8,47	33,15	19,00	8900,00	600,00	14,49	0,52	4,15	0,98	31,27	19,25	36,00
AB	Mínimo	50,00	27,80	7,42	54,70	7,26	7,43	20,30	3000,00	200,00	13,34	0,02	2,07	0,56	5,36	7,67	44,17
	Máximo	83,00	29,00	7,88	75,50	12,91	18,80	27,50	7000,00	700,00	47,97	1,17	4,90	1,12	18,55	22,67	86,67
	Média	67,33	28,52	7,68	65,35	9,85	12,36	23,88	5033,33	433,33	30,40	0,71	3,29	0,84	10,14	13,50	60,14
AB-AA	Mínimo	64,00	27,80	6,46	72,00	9,16	4,45	22,50	3100,00	100,00	2,31	0,05	0,57	0,33	4,45	10,17	44,17
	Máximo	75,00	32,50	7,83	86,70	12,10	28,20	35,00	9600,00	1100,00	10,00	0,66	3,40	0,65	14,00	17,67	72,50
	Média	68,00	29,73	7,28	77,90	10,83	13,36	27,83	6350,00	600,00	6,58	0,37	2,01	0,49	10,21	13,50	57,22
AA	Mínimo	30,00	26,60	4,69	42,30	7,23	4,45	3,00	1300,00	100,00	1,28	0,05	0,57	0,33	4,45	3,50	44,17
	Máximo	75,00	32,50	7,93	86,70	12,10	73,00	35,00	15800,00	1100,00	10,00	1,73	9,07	1,40	4,45	79,33	200,83
	Média	44,55	28,93	6,59	60,55	9,76	31,93	18,37	7322,73	690,91	4,21	0,78	5,27	0,73	59,44	31,15	85,82

Fonte: Autora (2021)

Quadro 6: Variáveis de qualidade da água obtidas no P2 ao longo do ciclo hidrológico.

Ciclo hidrológico		Transp.	T°	pH	Cond.	OD	Turb	Alcal	C.Totais	C. Fecais	Cl- α	NO ₃	NO ₂	NH ₃	P dis	P. total
AA-AB	Mínimo	32,00	24,80	7,20	120,70	7,66	40,30	15,00	5200,00	0,00	4,87	0,43	2,23	N.D	99,33	
	Máximo	32,00	24,80	7,20	120,70	7,66	40,30	15,00	5200,00	0,00	4,87	0,43	2,23	N.D	99,33	
	Média	32,00	24,80	7,20	120,70	7,66	40,30	15,00	5200,00	0,00	4,87	0,43	2,23	N.D	99,33	
AB	Mínimo	58,00	27,70	7,54	51,80	9,28	7,53	21,00	4100,00	200,00	0,51	0,51	2,40	2,64	21,83	38,33
	Máximo	83,00	27,80	7,93	64,80	12,10	12,00	27,00	4500,00	500,00	2,31	0,64	3,90	2,64	37,67	58,33
	Média	70,50	27,75	7,74	58,30	10,69	9,77	24,00	4300,00	350,00	1,41	0,58	3,15	2,64	29,75	48,33
AB-AA	Mínimo	18,00	28,10	7,62	55,00	7,63	4,91	24,00	9100,00	50,00	1,03	0,67	2,07	45,82	1,00	36,67
	Máximo	108,00	33,00	7,63	85,00	10,89	38,90	25,50	9100,00	50,00	6,67	0,85	13,40	45,82	96,00	183,33
	Média	63,00	30,55	7,63	70,00	9,26	21,91	24,75	9100,00	50,00	3,85	0,76	7,73	45,82	48,50	110,00
AA	Mínimo	35,00	28,60	4,38	50,00	8,33	24,21	10,00	1700,00	0,00	1,03	0,31	2,57	0,82	14,33	68,33
	Máximo	50,00	30,70	7,81	66,70	12,30	24,50	22,00	14100,00	900,00	1,54	1,00	9,57	4,91	31,83	101,67
	Média	42,50	29,65	6,10	58,35	10,32	24,36	16,00	7900,00	450,00	1,28	0,65	6,07	2,86	23,08	85,00

Fonte: Autora (2021)

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Com relação aos valores de oxigênio dissolvido, foi observado que durante todo o período amostral, tanto o P1 quanto o P2 apresentaram concentrações acima de 5mg.L^{-1} , que corresponde à concentração preconizada pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

Já em se tratando de temperatura da água no período amostral a mesma teve uma variação de aproximadamente 10°C . Sendo que no P1 a menor temperatura foi $23,6^{\circ}\text{C}$ (AA-AB) e o maior valor encontrado foi de $32,5^{\circ}\text{C}$ (AB). No P2 seguiu o mesmo panorama, sendo o menor valor $24,8^{\circ}\text{C}$ (AA-AB) e o maior $33,0^{\circ}\text{C}$ (AA).

O pH aponta as condições em que se encontra o ambiente, como acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. A resolução do CONAMA 357/2005 traz como valores orientadores para todas as classes, a faixa de pH entre 6 e 9. Durante o período amostral em ambos os pontos, apenas o mês de novembro apresentou valores abaixo do preconizado pela CONAMA 357, para águas de classe de II. Alcalinidade não tem referência na referida resolução porém seguiu o mesmo comportamento que o pH.

Condutividade elétrica (CE) expressa em forma de números da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica (CETESB, 2017). Os valores de CE encontrados neste estudo variaram no P1 de $42\mu\text{S.cm}^{-1}$ (AA) à $92,9\mu\text{S.cm}^{-1}$ (AA-AB). Já no P2 a variação foi de $46\mu\text{S.cm}^{-1}$ (AA) à $120\mu\text{S.cm}^{-1}$ (AA-AB).

Os valores de transparência da água encontrados no período amostral (maio/2019 a março/2020), como esperado, foram inversas aos dados encontrados para o parâmetro turbidez. Observou-se que no período de AB os valores de transparência foram maiores enquanto que turbidez menores, isso devido ao menor carregamento de partículas orgânicas e inorgânicas do solo e menor suspensão de sedimentos.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. A Portaria N° 888/2021 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA 357/2005, determinam que o valor máximo de nitrato na água seja de 10mg.L^{-1} . Já o valor de nitrito preconizado nas referidas legislações é igual a 1mg.L^{-1} .

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Os valores de nitrato no P1 variaram de 0,022 mg.L⁻¹ (AB) à 1,730mg.L⁻¹ (AB-AA). Já no P2 o menor valor foi de 0,264 mg.L⁻¹ (AB) e maior de 0,850mg.L⁻¹ (AB-AA). Todos os valores ficaram abaixo do preconizado na CONAMA 357/25005 para águas classe II e da Portaria N° 888/MS/2021(10mg.L⁻¹). Com relação às concentrações de nitrito verificou-se que todos os valores se apresentaram abaixo do preconizado pela CONAMA 357/2005 para água de classe II e pela Portaria N° 888/MS/2021 que é de 1.0 mg.L⁻¹ .

Na presente pesquisa foram encontrados valores de amônia variando de 4,45 µg.L⁻¹ (AB-AA) à 32,27 µg.L⁻¹ (AA-AB) no P1. Ressalta-se que em 5 das 19 amostras coletadas no P1 não foi detectado presença de amônia, pois apresentaram valores menores que 0,05µg.L⁻¹ (limite de detecção da análise). Já no P2 a variação foi de 4,91 µg.L⁻¹ (novembro/2019) à 45,81 µg.L⁻¹ (outubro/2019), observou-se que apenas em 3 amostras das 9 coletadas em P2 foi detectado presença de amônia.

Para as análises de nitrogênio total foram selecionadas as amostras das primeiras coletas do mês do P1, sendo o menor valor encontrado no período de AB, igual a 0,33mg.L⁻¹ e o maior valor no período AA, 14mg.L⁻¹.

O fósforo surge em águas naturais em virtude de descargas de esgotos sanitários, dejetos industriais e as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas (CETESB, 2017). Os valores de fósforo total encontrados no P1, sofreram uma variação de 36 µg.L⁻¹ (AA-AB) à 200,83 µg.L⁻¹ (AA). Já no P2 a variação na concentração de fósforo total foi de 36,7 µg.L⁻¹ (AB-AA) à 183,33 µg.L⁻¹(AA).

Em se tratando de fósforo dissolvido, as variações no P1 foram de 3,5 µg.L⁻¹ (AA-AB) à 69,20 µg.L⁻¹ (AA). Já no P2 a variação foi de 1 µg.L⁻¹ (AB) à 99,33 µg.L⁻¹ (AA-AB). Nos meses de maio/2019, agosto/2019, outubro/2019, janeiro/2020 e março/2020 os valores de fósforo dissolvido encontrados no P2 foram maiores que os encontrados no P1. Tal fato está relacionado ao P2 estar localizado em área rural, de forma que o solo desprotegido contribui para que o fósforo oriundo de fertilizantes, excremento animal ou naturalmente presente na constiuição química do solo, seja carregado ao rio Urupá.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



A análise de coliformes totais e fecais foi realizada ao longo do desenvolvimento deste trabalho com o objetivo de verificar se os pontos estudados no rio Urupá recebem esgoto doméstico ou carreamento de poluição fecal difusa, devido ao rio Urupá estar inserido em uma região com forte atividade agropecuária e as cidades inseridas nesta bacia não possuem coleta e tratamento de esgoto de forma adequada.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o P1 no período de AA, os valores de coliformes totais foram menores, variando de 3.000 UFC/100mL (junho/2019) à 7.000 UFC/100mL (agosto/2019). Já os coliformes fecais no período de AB apresentaram variação de 100UFC/100mL (setembro/2019) à 700 UFC/100mL (julho/2019). Já no período de AA e na transição AA-AB, os valores de coliformes totais no P1 atingiram densidades de 1.300 UFC/100mL (janeiro/2020) à 14.100 UFC/100mL (maio/2019), enquanto que os coliformes fecais tiveram uma variação de 400UFC/100mL (novembro/2019) à 1.100UFC/100mL (outubro/2019), ultrapassando o valor determinado pela resolução CONAMA 357/2005 para águas classe II que é de 1000 UFC/100mL.

No P2 observou-se que para o período de AA, os valores de coliformes totais, variaram de 4.000 UFC/100mL (junho/2019) à 4.500 UFC/100mL (agosto/2019). Já os coliformes fecais no mesmo período apresentaram variação de 200UFC/100mL (julho/2019) à 500 UFC/100mL (agosto/2019). Quanto aos coliformes fecais no P2 no período de AA e transição (AA-AB e AB-AA) variaram 50UFC/100ml em (outubro/2019) a 1.100 UFC/mL (março/2020).

Quanto aos coliformes fecais no P2 nos meses de maio/2019 e novembro/2019 esse grupo esteve ausente, visto que não se desenvolveu nas placas. Nos demais meses o menor valor foi encontrado 50UFC/100mL (outubro/2019) e o maior valor 1100UFC/100 (março/2020).

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



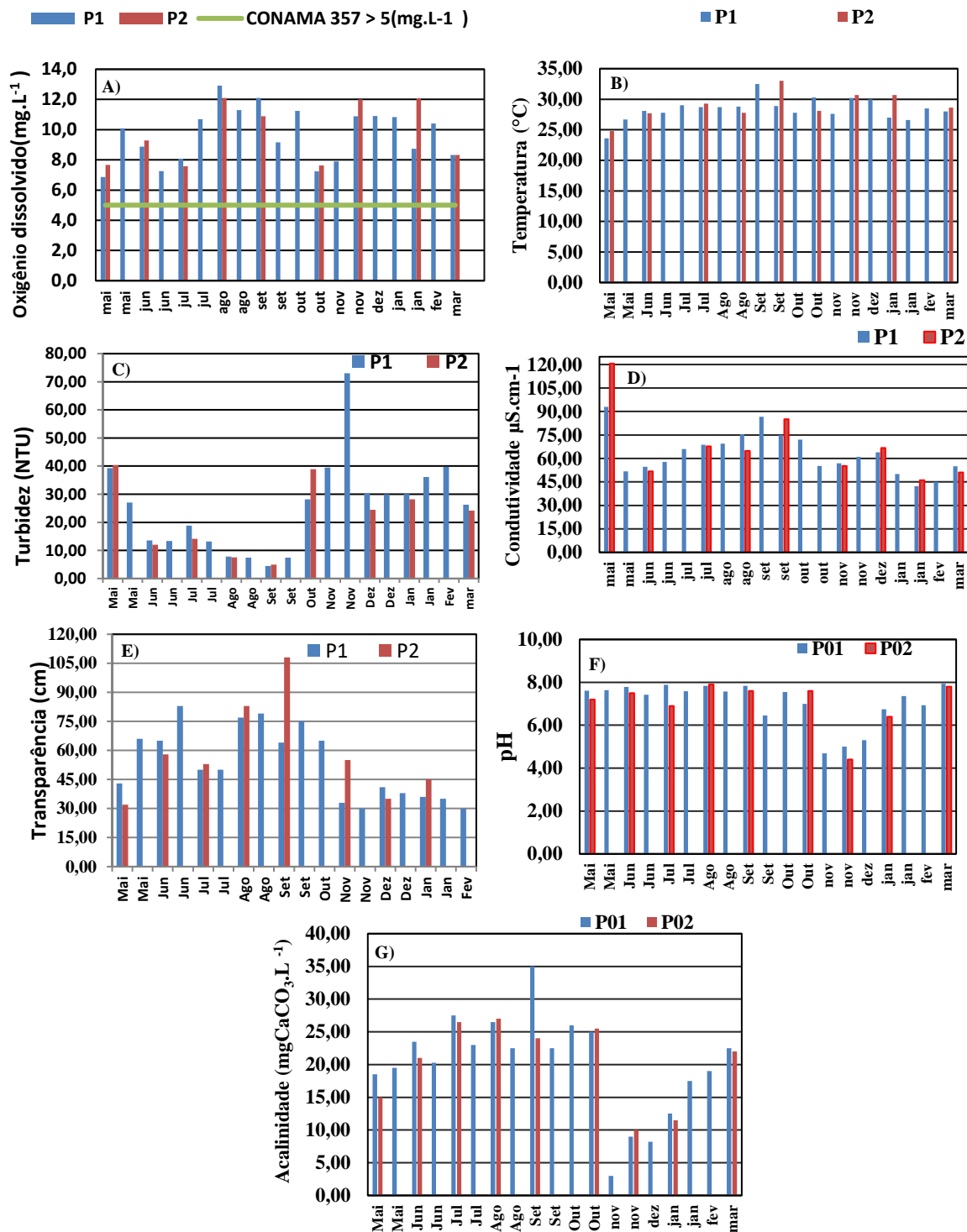


Figura 35-Valores de oxigênio dissolvido (A), temperatura (B), turbidez (C), condutividade elétrica (D), transparência (E), pH (F) e alcalinidade (G) no P1 e P2 ao longo do ciclo hidrológico.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



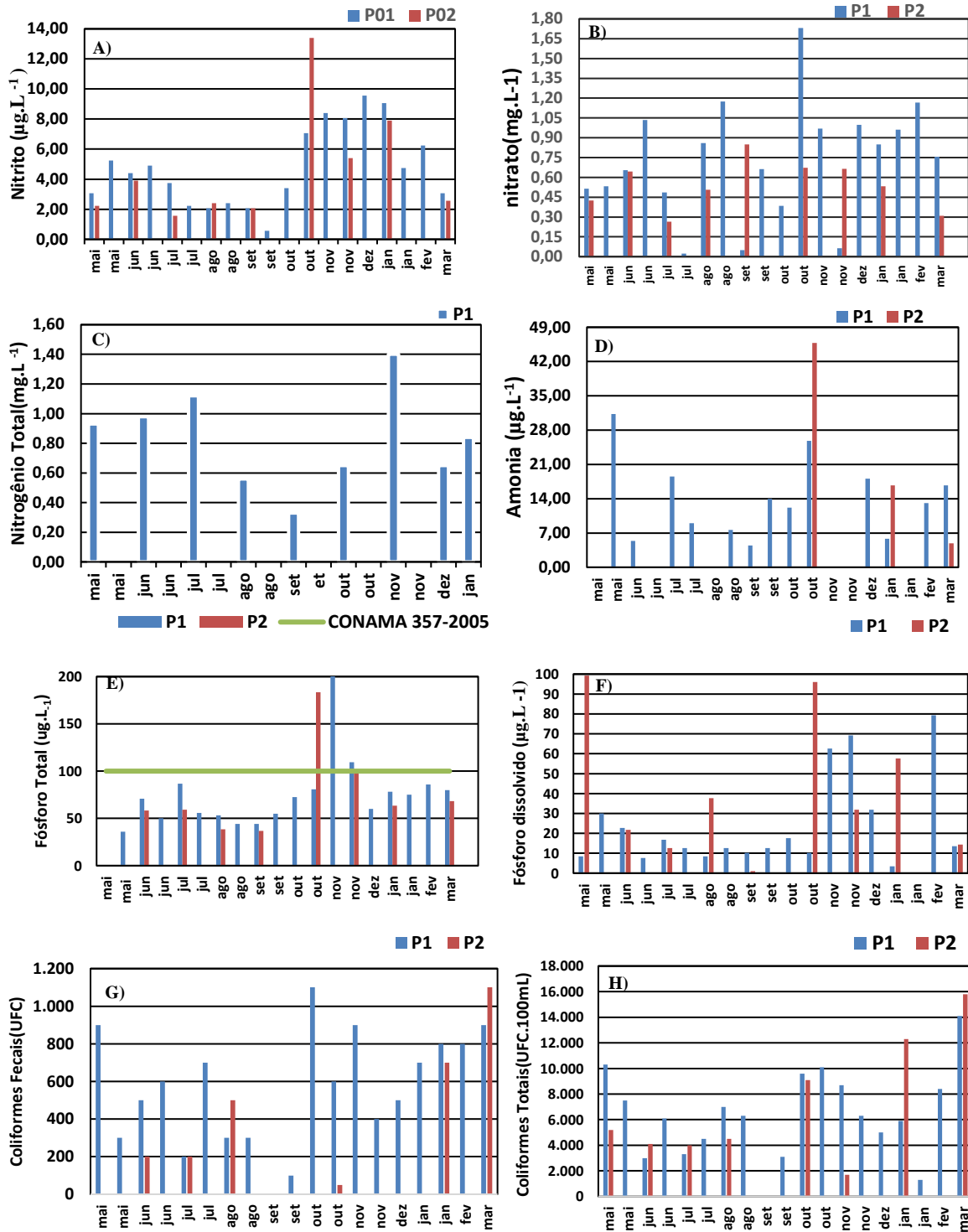


Figura 36-: Valores de nitrito (A), nitrato (B), nitrogênio total (C), amônia (D), fósforo total (E), fósforo dissolvido (F) coliformes fecais (G) e coliformes totais (H) no P1 e P2 ao longo do ciclo hidrógico

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



5.3 Índice do Estado Trófico

A eutrofização nos corpos de água é um processo que deve ser apontado como um dos importantes impactos à qualidade das águas, proveniente do aumento exagerado da carga de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, perdendo a qualidade do corpo hídrico (ALVES et al., 2017). De acordo com Silva et al. (2016), em se tratando de ambientes lóticos a eutrofização está geralmente relacionada a atividades humanas, as quais provocam a entrada de nutrientes nos corpos hídricos a ponto de exceder a capacidade de autodepuração dos mesmos. Na presente pesquisa calculou-se o Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 utilizando os dados de fósforo total (quadro 3).

Quadro 7: Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 durante o ciclo hidrológico.

MÊS	IET P1		IET P2	
	IET PT	IET PT	IET PT	IET – PT
31/05/2019	52,55	Mesotrófico	-	-
12/06/2019	56,07	Mesotrófico	55,06	Mesotrófico
26/06/2019	54,26	Mesotrófico	-	-
16/07/2019	57,12	Mesotrófico	55,13	Mesotrófico
31/07/2019	54,83	Mesotrófico	-	-
14/08/2019	54,59	Mesotrófico	52,88	Mesotrófico
28/08/2019	53,61	Mesotrófico	-	-
17/09/2019	53,61	Mesotrófico	52,65	Mesotrófico
30/09/2019	54,75	Mesotrófico	-	-
17/10/2019	56,19	Mesotrófico	-	-
30/10/2019	56,75	Mesotrófico	61,01	Eutrófico
20/11/2019	61,48	Eutrófico	-	-
30/11/2019	58,32	Mesotrófico	57,94	Mesotrófico
23/12/2019	55,21	Mesotrófico	-	-
07/01/2020	56,59	Mesotrófico	55,49	Mesotrófico
30/01/2020	56,36	Mesotrófico	-	-
17/02/2020	57,07	Mesotrófico	-	-
11/03/2020	57,94	Mesotrófico	61,83	Eutrófico

Fonte: a autora

Os resultados de IET (PT) no P1 um ambiente Mesotrófico em 95% das amostras, ou seja, demonstrando, segundo Lamparelli (2004), que o rio Urupá é um corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública

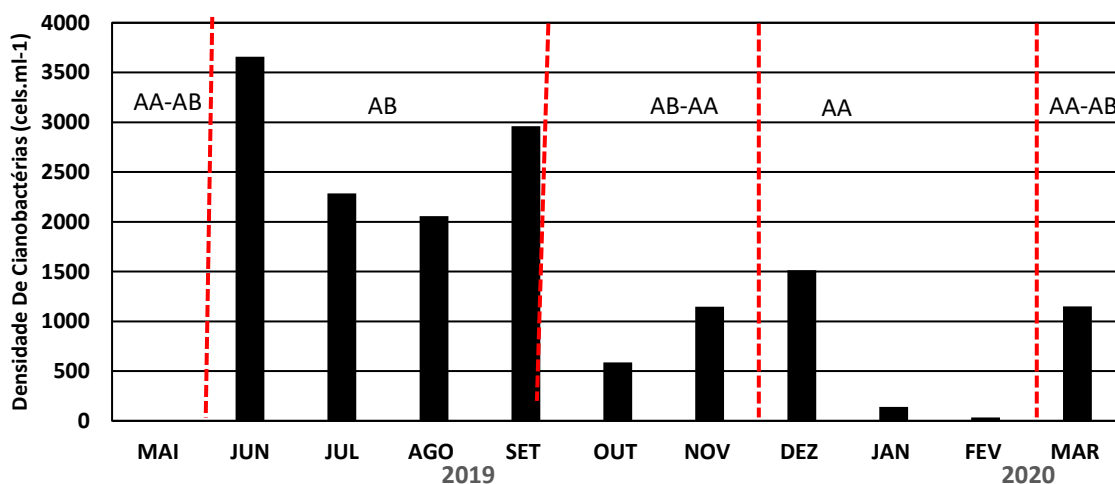


maioria dos casos. Já no P2 os resultados apontaram o grau de trofia Mesotrófico em 90% das amostras, com exceção dos meses de outubro/2019 e março/2020, o qual apresentou trofia Eutrófico. Ressalta-se que nos meses de dezembro/2019 e fevereiro/2020, não foi possível realizar as coletas no P2. Tanto em P1 como em P2 o grau de trofia foi menos satisfatório nas amostras dos meses das primeiras chuvas mais fortes na região, o qual carrega grande quantidade de matéria orgânica acumulada no solo durante o período de seca.

5.4 Dinâmica do fitoplâncton (ênfase cianobactérias) e clorofila a

Durante os onze meses de coleta (maio/2019 a março/2020), foram coletados no P1, onze amostras de fitoplâncton destinadas às análises qualitativas e quantitativas do fitoplâncton. Foi possível verificar a presença de seis grupos fitoplanctônicos nestas amostras (tabela 2), sendo eles as cianobactérias (18 táxons), criptofíceas (3 táxons), dinofíceas (2 táxons) euglenofíceas (7 táxons), diatomáceas (20 táxons) e clorofíceas (46 táxons). A figura 13 evidencia a densidade de cianobactérias encontradas no período amostral.

Figura 37: Dados quantitativos de cianobactérias no P1 durante o período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como as variações sazonais no período.



Fonte: A autora, 2020

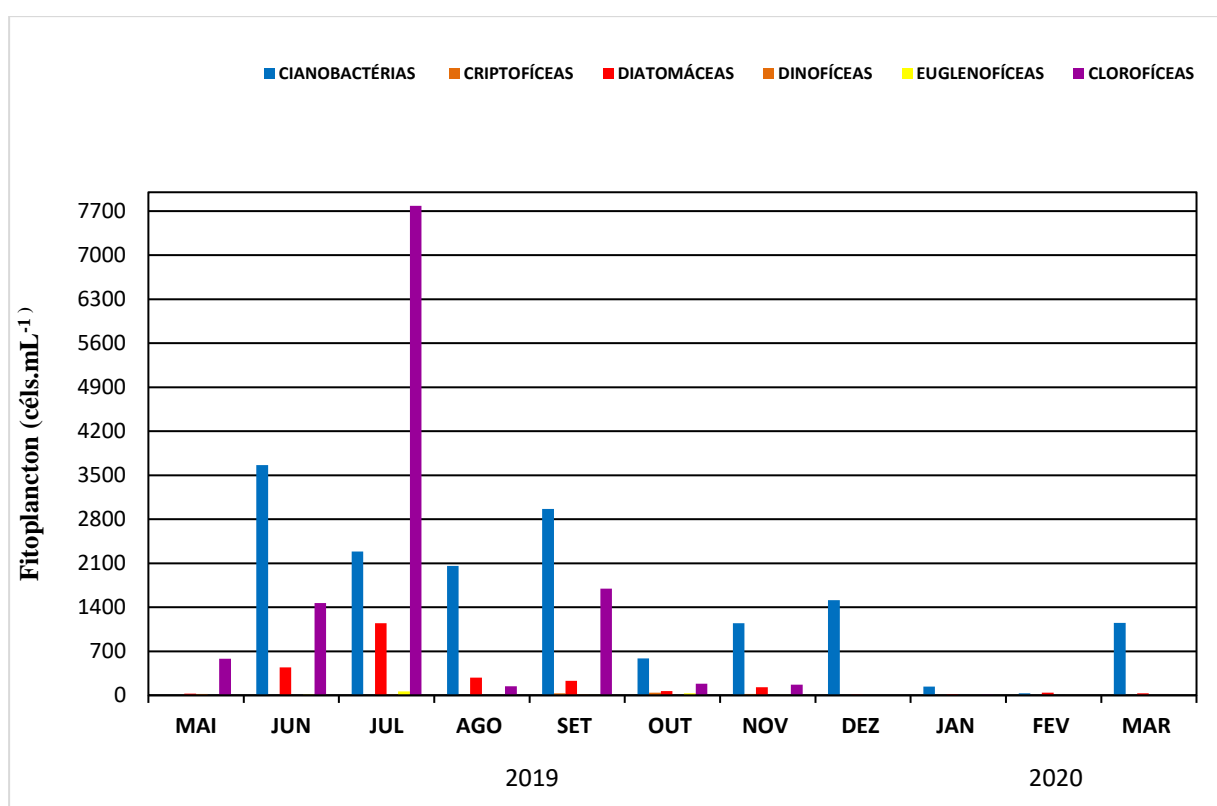
Observou-se, que no mês de maio/2019, período de transição AA-AB, não foi

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



identificado nenhuma espécie de cianobactéria. Já no mês consecutivo, (junho/2019), período de AB, foram registradas 3.660 céls.ml⁻¹, sendo a espécie *Aphanocapsa delicatissima*, a espécie dominante, seguida por *Planktolyngbya limnetica*. Ressalta-se que o mês de junho foi encontrado o maior valor de transparência em P1 (83cm). Outro mês com expressiva densidade foi setembro de 2019, ainda no período de águas baixas, sendo a espécie *Aphanocapsa incerta*, a espécie dominante. A figura 09 apresenta a densidade de cianobactérias encontrada frente aos demais grupos do fitoplâncton durante o período amostral.

Figura 38: Densidade de fitoplâncton ao longo do período amostral (maio-2019 a março-2020).



Fonte: a autora

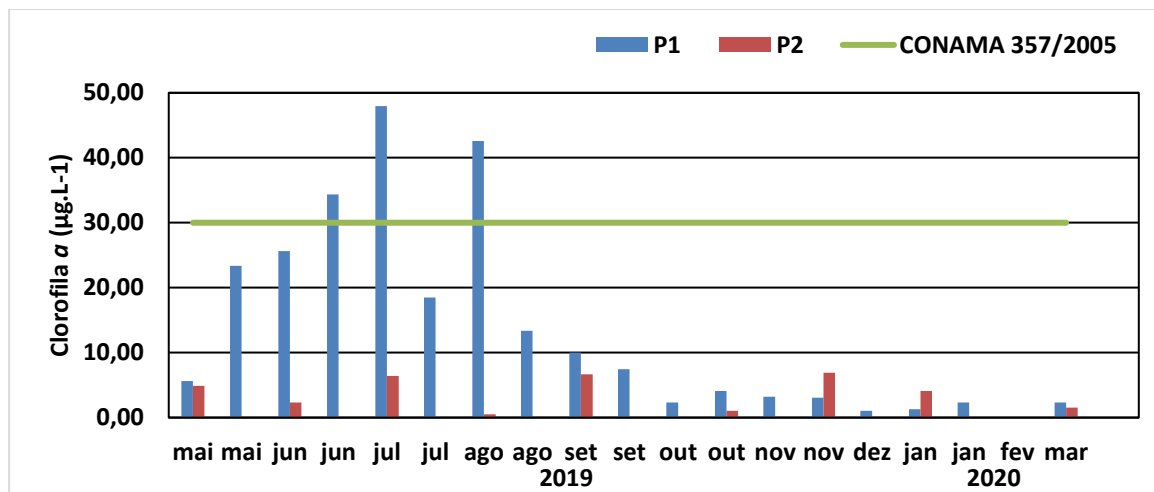
A figura 10 apresenta os dados de clorofila-a e o valor orientador para este parâmetro para corpos d'água de classe II preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 (30ug.L⁻¹). Os resultados indicaram que o P1 apresentou maiores concentrações de clorofila-a quando

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



comparado aos valores do P2. No P1 as concentrações de clorofila-a variaram de $1,3\mu\text{g.L}^{-1}$ (dezembro/2019) à $47,97\mu\text{g.L}^{-1}$ (julho/2019), já no P2 a variação foi de $0,51\mu\text{g.L}^{-1}$ (Junho/2019) à $6,93\mu\text{g.L}^{-1}$ (novembro/2019).

Figura 39 Concentrações de clorofila a nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral (maio/2019 à março/2020), assim como determinação CONAMA 357 para águas de classe II.



Fonte: A autora

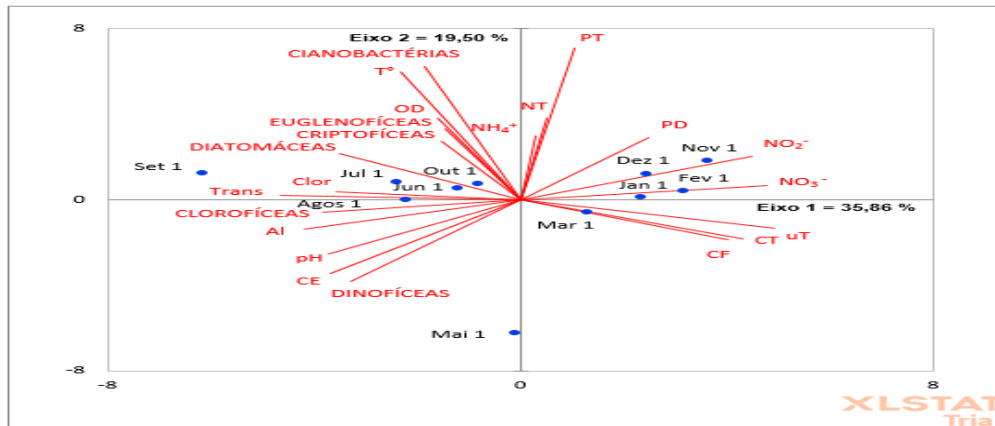
7 5.4 Análise das Componentes Principais

A análise de componentes principais (ACP) realizada com os resultados obtidos no P1 foi constituída por valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológico nos meses em estudo. No ponto 1 para a primeira coleta de cada mês foi realizado a análise de nitrogênio total e a análise quali-quantitativa do fitoplâncton, a representação gráfica dos resultados encontram-se na figura 11. O eixo 1 foi responsável por 35,86% da variância dos dados, no eixo 2 a variância explicada foi de 19,50%, totalizando 55,36% da variância.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



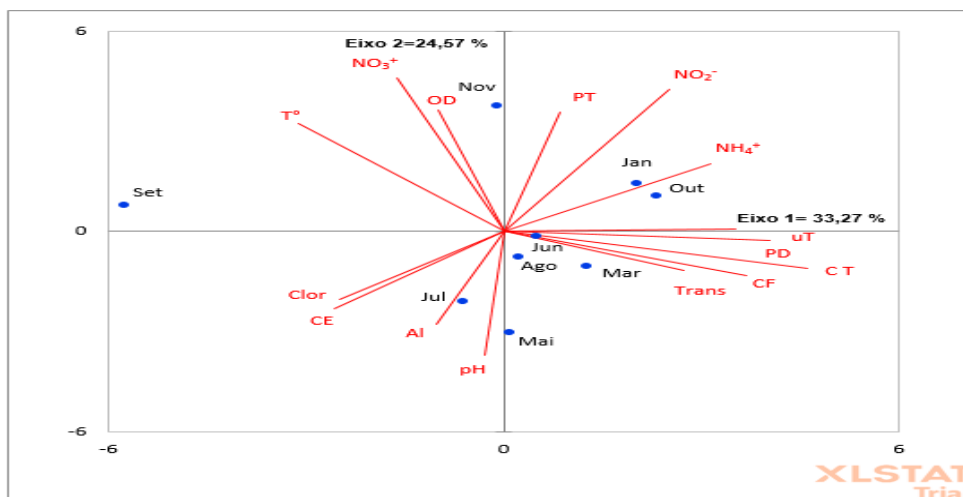
Figura 40: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do P1 e os resultados de fioplâncton Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂: nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃: Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica



Fonte: A autora.

Na figura 12 é apresentada a projeção dos dados da análise de componentes principais para os parâmetros avaliados. O eixo 1 foi responsável pela explicação de 33,27%, o eixo 2 24,57% somando um total de 57,84% dos dados explicados.

Figura 41: Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) do ponto 2 e os parâmetros avaliados. Abreviaturas (OD: Oxigênio Dissolvido, T°: temperatura, NH₄: amônia, PT: fósforo total, PD: fósforo dissolvido, NO₂: nitrito, uT: Turbidez, CF: Coliformes Fecais, CT: coliformes totais, NO₃: Nitrato, pH: potencial hidrogeniônico, Al: alcalinidade, Trans: transparência, Clor: clorofila, CE: condutividade elétrica



Fonte: A autora.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Ao correlacionar os dados da PCA a qual encontra-se os dados de cianobactérias e dos outros grupos fitoplanctônicos, observou-se que o fitoplâncton apresentou maior densidade nos meses de menor incidência chuvosa, correspondente ao período de estiagem na região, apresentando maiores valores de temperatura e consequentemente maior estabilização da coluna da água, o que refletiu nos maiores valores de oxigênio dissolvido e de clorofila *a* encontrados. As cianobactérias tiveram ampla correlação com a temperatura da água.

8 5.5 Informações sobre a possível ocorrência de florações de cianobactérias junto aos operadores das principais estações de tratamento de água do Estado

Foram enviados questionários para 16 municípios em que a CAERD realiza a captação de água superficial (apêndices 1 e 2), porém apenas 11 devolveram o questionário respondido. Destas 11 localidades, 7 não relataram problemas que podem estar diretamente relacionados à floração de cianobactérias (apêndice 1). Porém 4 localidades apresentaram eventos que precisam ser investigados como possibilidade de estarem associados a florações de cianobactérias. O município de Presidente Médici, com captação de água no Rio Machado, evidenciou no ano de 2019 um evento relacionado com gosto de barro na água tratada, nos meses de junho e julho período de baixa vazão, e setembro e outubro, início das chuvas. Diante dessa informação destaca-se a necessidade de um monitoramento da dinâmica de cianobactérias neste ambiente.

Outro rio que de acordo com o questionário apresentou também indícios de floração de cianobactérias é o rio Jaru. No ano de 2015 apresentou cheiro forte de mofo na água mesmo após o tratamento convencional, causando transtornos para a companhia de água. Vale ressaltar que o rio Jaru tem sua nascente próxima à nascente do rio Urupá, porém as características de uso e ocupação do solo no entorno de sua bacia é muito semelhante ao uso e ocupação do solo do rio Urupá.

O rio Bumburro é utilizado manancial de abastecimento público do município de Santa Luzia também vem apresentando problema de cor esverdeada na água. O evento mais preocupante ocorreu em outubro de 2019, onde houve dificuldade no tratamento da água

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



apresentando muito lodo em virtude da coloração da água bruta, causando dificuldades no tratamento.

A cidade de Urupá também sofreu com gosto de barro na água tratada durante o ano de 2016, ano esse em que Ji-Paraná, sofria com possível floração de cianobactérias. A captação de água em Urupá fica no rio de mesmo nome, mas diferente de Ji-Paraná no ponto de captação, o rio possui menor influência antrópica (LIMA, 2014).

9 5.6 Levantamento das unidades de saúde e clínicas de hemodiálise que utilizam água dessas ETAS, visando identificar a finalidade do uso da água.

Ao realizar o levantamento das unidades de saúde nas cidades pertencentes à bacia do rio Urupá, que utiliza o rio referido como fonte de abastecimento de água potável, identificou-se que apenas as cidades de Ji-Paraná e Urupá se enquadra nestes requisitos.

Diante disso ao realizar uma busca junto às secretarias de saúde dos municípios em questão e depois confrontando as informações com o o Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento - GSAN da CAERD, obteve-se os resultados presentes no quadro 4

Quadro 8: Levantamento das unidades de saúde

Unidade de Saúde	Ji-Paraná		
	Quantidade	Uso de água da CAERD	Uso de fontes individuais
Hospitais públicos	1	sim	sim
Hospitais particulares	4	não	sim
Clínica de hemodiálises	1	não	sim
Unidade básica de saúde	11	sim	não
Urupá			
Hospitais públicos	1	não	sim
Hospitais particulares	1	sim	não
Clínica de hemodiálise	0	-	-
Unidade básica de saúde	1	sim	não

Fonte: GSAN, 2020

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



Pode-se observar que em Ji-Paraná apenas um hospital utiliza água distribuída pela CAERD, e mesmo assim ainda tem um sistema independente que também é utilizado como forma de abastecimento. Os outros quatro hospitais instalados na cidade utilizam fontes individuais de abastecimento. A única clínica de hemodiálise situada em Ji-Paraná também é abastecida por outra fonte de abastecimento. Já as onze unidades básicas de saúde são abastecidas pela CAERD. Na cidade de Urupá são apenas dois hospitais, sendo um deles abastecido pela CAERD e outro abastecido por fonte individual. Existe ainda uma unidade básica de saúde que também utiliza como fonte de abastecimento o sistema público.

10 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ponto de coleta P1 situado próximo a captação de água da CAERD no rio Urupá na cidade de Ji-Paraná, apresentou espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, a saber *Aphanocapsa incerta* e *Planktolyngbya limnetica*. Destaca-se ainda que 51,33% da comunidade fitoplanctônica durante todo o período estudado foi composta por cianobactérias.

As variáveis físico-químicas e microbiológicas da água apontaram que ao longo de um ciclo hidrológico os pontos amostrados no rio Urupá apresentaram características que podem favorecer a ocorrência de florações de cianobactérias, como valores altos de transparência da água e presença de nutrientes importantes como o nitrato e fósforo principalmente nos períodos de águas baixas.

Das onze ETAs da CAERD que responderam aos questionários, as ETAs de Presidente Médice, Urupá, Jaru e Santa Luzia podem ter tido episódios de aumento da biomassa fitoplanctônica e possível floração de cianobactérias, com eventos relacionados a gosto e odor na água tratada, e cor esverdeada na água bruta.

Quanto às unidades de saúde, verificou-se que 70% das unidades localizadas em Ji-Paraná utilizam água da CAERD para abastecimento e 60% das unidades localizadas em Urupá também utilizam a concessionária pública como fonte de abastecimento.

Diante destes resultados, evidencia-se a necessidade de acompanhamento da qualidade da água, com ênfase na densidade de cianobactérias, não somente no rio Urupá,

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



mas em outros mananciais de captação do Estado de Rondônia, visando proteger a saúde da população quanto à possível exposição à cianotoxinas bem como contribuir com medidas de preservação dos recursos hídricos através dos dados levantados.

7. RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados obtidos na presente pesquisa é de fundamental importância que a Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD, crie um plano de monitoramento de seus mananciais de abastecimento que contemple a análise de cianobactérias e de parâmetros limnológicos que relacionam-se ao seu desenvolvimento, como clorofila-a, transparência da água e os nutrientes fósforo e nitrogênio. Deve-se ainda monitorar a vazão do rio Urupá, uma vez que as florações de cianobactérias estão relacionadas a baixa vazão do rio.

É importante que os órgãos gestores do meio ambiente façam também esse monitoramento, como forma de fiscalização da concessionária responsável pelo abastecimento público no Estado. Bem como, é importante a fiscalização da qualidade da água distribuída pela CAERD pelos órgãos de saúde responsáveis pela vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano. Evidencia-se também a importância de se iniciar tal monitoramento nos municípios Urupá, Jaru, Presidente Medici e Santa Luzia. Ressalta-se a necessidade de trabalho conjunto entre os órgãos ambientais e de saúde pública.

11 REFERENCIAS

12

ALVES, W. D. S. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do ribeirão das abóboras, em Rio Verde – go, Brasil. **Geociencias**, v. 36, n. 1, p. 13–29, 2017

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Regiões Hidrográficas**. 2014. Disponível em:

https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/b78ea64219b9498c8125cdef390715b7_0?page=2.

Acesso em: 14 de novembro de 2020

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Aplicativo Hidroweb móbile versão 1.2.2**. 2020. Disponível em:

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ana.hidroweb>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

BEAVER, J. R. *et al.* Environmental factors influencing the quantitative distribution of microcystin and common potentially toxigenic cyanobacteria in U.S. lakes and reservoirs. **Harmful Algae**, v. 78, n. April, p. 118–128, 2018.

BOLSON, M.A. A biogeoquímica do rio Urupá, Rondônia. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-30012007-105204/pt-br.php>>; acesso em 10 de maio de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília - DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 de fevereiro. 2019.

BRASIL. Portaria GMQMS nº 888 de 4 de maio de 2021. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Ministério da Saúde**, p. 127, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. acesso 16 de maio de 2021 .

BURATTI, F. M. *et al.* Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 3, p. 1049–1130, 2017.

CAERD. Relatório anual - Qualidade da água exercício 2017. /Companhia de Água e Esgoto de Rondônia- Ji-paraná disponível em: <http://transparencia.ro.gov.br/Arquivo/VisualizarArquivo?pEncArquivoId=PByEDBp4wDBhuhDPHJEmAjoLFTC3Sr7DLjDPHDNwy5jK0n0Lj5jj8naKyTGv7WbIPxRSQ2KULQiFEiukr3GtqAIggXZNIHCO64u0in4RDc3QU4L>. acesso em 14 de maio de 2018.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



CÂMARA NETO, H. F. da. A “Tragédia da Hemodiálise” 12 anos depois: Poderia ela ser evitada?. 2011. 171f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife. Disponível em: <http://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2011camaraneto-hf.pdf> . acesso 21 Nov. 2018.

CARLSEN, H. V. et al. Mapeamento de viveiros escavados no estado de Rondônia por meio de imagens orbitais *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196967/1/5056.pdf> . acesso em 15 de dezembro de 2020.

COLDEBELLA, Anderson. Efluentes da piscicultura intensiva em viveiros escavados: caracterização e dinâmica dos nutrientes. 2018. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR. 2018

DA SILVA COELHO, A. *et al.* Análise da estrutura espacial e funcional da paisagem aplicada ao planejamento da conservação da natureza no município de Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 66, p. 304–327, 2018.

DIÁRIO DA AMAZÔNIA. Pesquisa indica que água da Caerd tem qualidade regular. 15 de junho de 2016. disponível em: <https://www.diariodaamazonia.com.br/pesquisa-indica-que-agua-da-caerd-tem-qualidade-regular/>. acesso em: 13 de outubro de 2020

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 44, n. 4, p. 51, 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf. acesso em 05 de novembro de 2020

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017: resultados preliminares.** Rio de Janeiro, v. 7, ISSN 0103-6157, p. 1–180, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_prelimin

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



ares.pdf. acesso em 07 de novembro de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Organização do território.** Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio.html>. acesso em 07 de novembro de 2020.

KUBICKOVA, B. *et al.* Effects of cyanobacterial toxins on the human gastrointestinal tract and the mucosal innate immune system. **Environmental Sciences Europe**, v. 31, n. 1, p. 1–27, 2019.

NASCIMENTO, Elisabete Lourdes do. Fatores ambientais reguladores da dinâmica de cianobactérias no reservatório da usina hidrelétrica de Samuel - Rondônia (Amazônia Ocidental, Brasil). 2012. - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012

OLIVEIRA, E. D. C. *et al.* First detection of microcystin-lr in the amazon river at the drinking water treatment plant of the municipality of Macapá, Brazil. **Toxins**, v. 11, n. 11, p. 1–21, 2019.

PEREIRA, Edilaine da silva. **Uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia do rio Urupá, Rondônia.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Rolim de Moura, 2019.

PORTAL DO PEIXE. **Como licenciar sua piscicultura? Cadastro Único do Piscicultor.** 2020. disponível em: <http://portaldopeixe.ro.gov.br/como-funciona/como-licenciar-sua-piscicultura/?fbclid=IwAR0xRbfbDCbvZTThkWm58xK1WtVVfIPObB-MijS-Fyv2-cGtgAVeInPR5-Y>. Acesso em 06 de dezembro de 2020

SÁ, L. L. C. *et al.* Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do rio Tapajós, no município de Santarém (Pará, Brasil). **Revista Pan-Amazônica Saúde**, 2010

SAMPAIO, Joseane.; CARNEIRO, Ronaldo, Leal.; PINTO, Ernani. Potencial tóxico e **Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública**



farmacológico de Cianobactérias. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 59-75, jun. 2011

SANCHES, S. M. et al. Presença da toxina microcistina em água, impactos na saúde pública e medidas de controle. **Revista de Ciencias Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 33, n. 2, p. 181–187, 2012

SECRETÁRIA DO ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). Relatório final (RF) para a elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado de Rondônia. 2018. Disponível em: <https://data.portal.sistemas.ro.gov.br/RELATORIO-FINAL>. acesso em 12 de novembro de 2020

SILVA, S. C. F. DA. Ecotoxicologia de Cianobactérias no canal principal do baixo Rio Tapajós, Santarém, Pará, Brasil. **Dissertação**, p. 93, 2012

SILVA. et al. Avaliação da qualidade ambiental do Riacho Lamego pela razão EPT/Chironomidae e teste microbiológico. v. 1, n. 3 (2016) p. 15–23, . Disponível em: <https://cadernoscajuina.pro.br/revistas/index.php/cadcajuina/article/view/24>. acesso em 26 de junho de 2020

SILVA, D. C. DA C. E et al. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas / Methodology for potential degradation analysis of water resources in watershed. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 50, p. 455, 2017

SILVEIRA JÚNIOR, A. M. Composição e biomassa microfitoplanctônica associadas a variáveis físico e químicas em dois transectos da zona estuarina do rio Amazonas (Amapá, Amazônia, Brasil). Macapá: Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Amapá, Macapá , AM. 2012

SVIRČEV, Z. et al. Toxicology of microcystins with reference to cases of human intoxications and epidemiological investigations of exposures to cyanobacteria and cyanotoxins. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 2, p. 621–650, 2017

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



TEIXEIRA ADLOFF, C. *et al.* Revista Brasileira de Recursos Hídricos Brazilian Journal of Water Resources Analysis of the phytoplankton community emphasizing cyanobacteria in four cascade reservoirs system of the Iguazu River, Paraná, Brazil Análise da comunidade fitoplanctônica com . v. 6, n. 23, 2018.

VIEIRA, S. *et al.* Microcystin production by *Radiocystis fernandoi* (Chroococcales , Cyanobacteria) isolated from a drinking ´ m , PA , water reservoir in the city of Bele Brazilian Amazonia region. v. 42, p. 709–713, 2003.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



13 APENDICE A

LOCALIDADES QUE NÃO APRESENTARAM EVENTOS QUE PODEM ESTAR RELACIONADO A FLORAÇÃO DE ALGAS						
	São Miguel	Seringueiras	Costa Marques	Nova Brasilândia	Colorado d' Oeste	Porto Velho
Os operadores observaram alguma alteração no odor da água bruta que chega na ETA , nos últimos anos?	Sim	não	Não	Sim	Não	Não
Se sim, em quais meses/anos?	Após as primeiras chuvas fortes, nos últimos anos	-	-	Novembro e dezembro	-	-
Com relação aos parâmetros, a cor da água bruta sobrepõe muito o valor da turbidez?	Sim		Não	<u>Sim</u>	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	Após as primeiras chuvas fortes, nos últimos anos	não		De outubro a Janeiro nos últimos anos	Nos meses Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro	Novembro, dezembro, janeiro, fevereiro- todos os anos
Ocorrem alterações significativas nos valores de pH na água bruta?	Sem informação,	não	Não realizam o controle	Não	não	sim
Se sim, quais os valores máximos e mínimos, em quais meses/anos essas variações foram mais significativas?	Por que não faem leitura de pH	-	-	-	-	Novembro, dezembro, janeiro, fevereiro- todos os anos
Quais foram os meses onde ocorreram um maior tempo de carreira dos filtros, com o consequente aumento do volume da água de lavagem dos mesmos, em quais anos?	No início do período chuvoso, todos os anos	Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro- todos os anos	De janeiro a maio de 2019	Outubro e novembro em todos os anos, início das chuvas	Não tem diferença	Nos meses de chuva forte
Tem observado aumento de lodo verde nos decantadores?	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?				Outubro e novembro	Novembro, dezembro, janeiro e fevereiro	Nos meses de chuva forte
Nos últimos anos aconteceram algum evento anormal que chamou a atenção dos operadores e responsáveis pelo tratamento da água?	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
Se sim, quais foram esses eventos	Cor da água está ficando amarelada mesmo após o tratamento, acontece no início das chuvas	-	-	-	A turbidez da água bruta fica abaixo de 10 a água do decantador fica com um tom entre verde e azul apesar da turbidez ficar menor que 1,0. No mês de setembro	nas ultimas cheia do rio madeira a água apresentou dificuldade para tratar

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



14 PENDICE B

LOCALIDADES QUE APRESENTARAM EVENTOS RELACIONADOS À FLORAÇÃO DE ALGAS				
	5. Presidente Médici	6. Jaru	7. Urupá	8. Santa Luzia
Os operadores observaram alguma alteração no odor da água bruta que chega na ETA , nos últimos anos?	Sim	Não	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	junho, julho, setembro e outubro/2019		no mês de junho do ano 2016	Novembro e dezembro
Com relação aos parâmetros, a cor da água bruta sobrepõe muito o valor da turbidez?	Sim	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?	Nos períodos chuvosos	Todos os meses e todos os anos	No período chuvoso	De outubro a Janeiro nos últimos anos
Ocorrem alterações significativas nos valores de pH na água bruta?	Sim	Sim	Sim	Não
Se sim, quais os valores máximos e mínimos, em quais meses/anos essas variações foram mais significativas?	Nos períodos chuvosos em todos os anos	Valores mínimos 5,5, nos meses de dezembro e janeiro chuvas fortes. Todos os anos	no período chuvoso todos os anos	
Quais foram os meses onde ocorreram um maior tempo de carreira dos filtros, com o consequente aumento do volume da água de lavagem dos mesmos, em quais anos?	Não houve	De outubro a janeiro de todos os anos	no período chuvoso todos os anos	Outubro e novembro em todos os anos, início das chuvas
Tem observado aumento de lodo verde nos decantadores?	Não	Sim	Sim	Sim
Se sim, em quais meses/anos?		De outubro a janeiro	de novembro à março	Outubro e novembro
Nos últimos anos aconteceram algum evento anormal que chamou a atenção dos operadores e responsáveis pelo tratamento da água?	Sim	Sim	Sim	Sim
Se sim, quais foram esses eventos	A água apresentou gosto de barro nos meses de setembro, outubro e novembro – 2019	O primeiro evento começou em novembro 2015, tivemos dificuldade em tratar a água, o cheiro da água mudou se assemelhando ao peixe estragado, e com uma lama de aspecto cinza, leve não decanta e difícil floculação e após o tratamento mesmo sem turbidez a cor da água ainda persiste. com isso aumenta o uso de sulfato e de descarga nos floculadores e filtros	No ano de 2016 houve uns três dias em que água ficou com gosto de barro e cheiro de mofo, mesmo após o tratamento a população reclamou bastante	Em outubro de 2019, a turbidez estava baixa, porém a cor alta o que dificultou a floculação, sobrecarregando os filtros, mesmo usando polímeros a água não floculava bem, a água bruta estava com uma coloração verde musgo e com isso acumulou muito lodo nos decantadores e filtros.

Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública



ProfÁgua

Mestrado Profissional em Rede
Nacional em Gestão e Regulação
de Recursos Hídricos



Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupa (Rondonia): uma abordagem ambiental e de saúde pública





ProfÁgua



**ProfÁgua - Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos**

www.profagua.unir.br

***Campus Ji-Paraná da Universidade Federal de Rondônia
Rua Rio Amazonas, 351 - Jardim dos Migrantes, Ji-Paraná -
RO, 76900-726***