



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E DE CONTAMINAÇÃO POR  
CIANOTOXINAS DE ÁGUA BRUTA E TRATADA COM A FINALIDADE DE  
AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE PÚBLICA**

Macapá-AP  
2019

**DÉBORA OLIVEIRA DE SOUZA**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E DE CONTAMINAÇÃO POR  
CIANOTOXINAS DE ÁGUA BRUTA E TRATADA COM A FINALIDADE DE  
AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Msc. Aldo Aparecido Proietti Junior.

Macapá-AP  
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

Souza, Débora Oliveira.

Análise de parâmetros microbiológicos e de contaminação por cianotoxinas de água bruta e tratada com a finalidade de avaliação de risco à saúde pública no município de Mazagão-AP / Débora Oliveira de Souza; orientador, Aldo Aparecido Proietti Junior. -- Macapá, 2019.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Biológicas.

1. Água – Coliformes 2. Água – Contaminação. 3. Água potável – Qualidade. 4. Água - Cianofíceas I. Proietti Junior, Aldo Aparecido, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

## DÉBORA OLIVEIRA DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

**Orientador: Prof. MSc. Aldo Aparecido Proietti Junior - UNIFAP**

---

**Avaliador: Profa. Dra. Silvia Maria Mathes Faustino - UNIFAP**

---

**Avaliador: Prof. MSc. Rafael Espindola do Nascimento - UNIFAP**

***A Deus pelo dom da vida, a quem dou  
toda honra, glória e louvor, por me  
conceder a vitória de vencer uma  
significante etapa de minha vida.***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo seu infinito amor e proteção em minha vida, e por ajudar-me a superar os desafios ao decorrer do curso, e por permitir realizar este trabalho, concedendo-me saúde e graça para prosseguir.

Aos meus pais, Paulo Nogueira e Socorro Souza, à minha irmã Danielle, pelo amor, apoio e compreensão nos momentos difíceis nesta longa trajetória, por não permitir que eu desistisse, sempre me encorajando a persistir e acreditar no meu potencial para realização do meu sonho.

Ao meu orientador Prof. MSc. Aldo Aparecido Proietti Junior, por sua atitude generosa e compreensiva em aceitar-me como sua orientanda do projeto de pesquisa no segundo tempo para a construção deste trabalho; pelo seu encorajamento, dedicação, sabedoria, alegria, exemplo de educador a ser seguido.

À Profa. Dra. Silvia Maria Mathes Faustino que me faltam palavras ao descrever a excelente pesquisadora e professora. Obrigada pela disponibilidade e pelas orientações. E saibam Profa. Silva e Prof. Aldo que além do conhecimento científico, fui inspirada com as atitudes de doação, empatia e carinho que possuem para com seus alunos. Saibam o quão influente foram em minha vida e espero futuramente perpetuar tais aprendizados.

Sou imensamente grata à Luciana Sampaio e Franci Nogueira por todas as instruções e auxílio ao decorrer da pesquisa e pelo aprendizado e experiências compartilhadas em laboratório.

À Fundação Nacional da Saúde (Funasa), pela parceria e financiamento especialmente a Superintendente Gislene e Monterroso que não mediram esforços na contribuição da pesquisa. À toda a equipe TEDPLAN-UNIFAP por ter abraçado o projeto no qual eu faço parte e ter-me concedido a honra de trabalhar como bolsista e perceber a importância da água tratada e saneamento básico para a população.

À Embrapa, principalmente Jô de Farias Lima, Ana Luíza Sampaio Lima e Leandro Damasceno pela contribuição nas análises físico-químicas. Ao Eduardo de Lima e Kercio Silva Jesus pela elaboração dos mapas.

E aos professores participantes da banca examinadora Silvia Mathes e Rafael Espindola que dividem comigo este momento tão importante e esperado.

*“O coração do que tem discernimento  
adquire conhecimento; os ouvidos dos  
sábios buscam a sabedoria.” (Provérbios  
18:15)*

## RESUMO

O Brasil é o país que possui a maior reserva de água doce do mundo, sendo a Amazônia, a região que detém a maior bacia fluvial do planeta. Apesar da riqueza hídrica, a disponibilidade de água potável é escassa, apresentando indicadores de contaminação de água devido à falta de saneamento e água tratada para as populações, principalmente aquelas que ocupam as áreas ribeirinhas. O estudo foi realizado em vinte e um pontos de coleta, selecionados como: instituição de ensino, instituição de saúde, abastecimento, domicílio e água de rio em quatro localidades do estado do Amapá. Para avaliação da qualidade de água foram analisados indicadores através de método qualitativo e quantitativo para a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, quantificação e qualificação de cianofíceas, assim como a presença de cianotoxinas na água. Os parâmetros físico e químicos também foram realizados como turbidez, pH, ferro, amônia e dureza total. Todos os resultados das análises foram comparados aos valores máximos permitidos conforme prevê a legislação vigente com base na Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX de 28 de setembro de 2017 e CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 do Ministério da Saúde. Os resultados indicaram que o índice de turbidez e a quantidade de ferro na água bruta estavam acima dos padrões permitidos. O pH para água tratada foi ácido e acima dos limites preconizados pela legislação em 8/17 (47,06%) amostras. Coliformes totais e *E. coli* estiveram presentes em 74,07% das amostras, apresentando resultados de contaminação, sendo observada relação entre as amostras, pois as que apresentaram maiores índices não obtinham nenhum tratamento de água, de poço escavado ou que possuíam um tratamento de água bruta deficiente. Não foram detectados indicadores de presença de cianotoxinas, sendo identificada apenas uma espécie de cianobactéria em uma única amostra entre as amostras analisadas. Entretanto, foram quantificados e qualificados outras classes e gêneros de fitoplanctons, demonstrando a biodiversidade aquática amazônica. Dado o exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar a qualidade higiênico-sanitária da água bruta e de consumo através de indicadores microbiológicos e de cianobactérias e cianotoxinas como parâmetros de potabilidade nos municípios de Macapá, Mazagão, Porto Grande e Santana.

**Palavras-chave:** Água potável, Contaminação, Coliformes, Controle de Qualidade, Cianofíceas.



## ABSTRACT

Brazil is the country that has the largest reserve of fresh water in the world, being the Amazon, the region that holds the largest river basin on the planet. Despite the water richness, the availability of drinking water is scarce, presenting indicators of water contamination due to the lack of sanitation and treated water for the populations, especially those that occupy the riverside areas. The study was conducted in twenty-one collection points, selected as: educational institution, health institution, supply, domicile and river water in four locations in the state of Amapá. To evaluate water quality, indicators were analyzed using a qualitative and quantitative method for the presence of total coliforms, *Escherichia coli*, cyanophyte quantification and qualification, as well as the presence of cyanotoxins in water. The physicochemical parameters were also performed as turbidity, pH, iron, ammonia and total hardness. All results of the analyzes were compared to the maximum permitted values as provided for by the legislation in force based on Consolidation Ordinance No. 5, Annex XX of September 28, 2017 and CONAMA No. 357 of March 17, 2005 of the Ministry of Health. The results indicated that the turbidity index and the amount of iron in the raw water were above the allowed standards. The pH for treated water was acidic and in disagreement with the legislation in 8/17 (47.06 %) samples. Total coliforms and *E. coli* were present in 74.07% of the samples, presenting contamination results, and a relationship between the samples were observed, since the ones with higher indices did not obtain any water treatment, from a dug well or had a deficient treatment of raw water. No indicators of cyanotoxins were detected, and we detected only one cyanobacterium species in a single sample. However, other phytoplankton classes and genera were quantified and qualified, demonstrating the Amazonian aquatic biodiversity. Given the above, this research aimed to evaluate the hygienic-sanitary quality of raw water and consumption through microbiological indicators and cyanobacteria and cyanotoxins as potability parameters in the municipalities of Mazagão, Porto Grande, and Santana.

**Keywords:** Drinking water, Contamination, Coliforms, Quality Control, Cyanophytes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Quadro 1</b> - Principais micro-organismos que têm sido relatados como indicadores da qualidade da água.....	21
<b>Quadro 2</b> - Ensaio físico e químico analisados e seu valor máximo permitido (VMP).....	26
<b>Quadro 3</b> - Tabela de resultados e interpretação de presença de coliformes totais <i>E. coli</i> .....	37
<b>Figura 1</b> - Mapa dos pontos de coleta de água .....	27
<b>Figura 2</b> - Mapa dos pontos de coleta de água em Mazagão/AP.....	28
<b>Figura 3</b> - Mapa dos pontos de coleta de água na Comunidade Vila Nova - Porto Grande/AP.....	29
<b>Figura 4</b> - Mapa dos pontos de coleta de água na Comunidade Cupixi - Porto Grande/AP.....	30
<b>Figura 5</b> - Mapa dos pontos de coleta de água no Igarapé da Fortaleza - Santana/AP.....	31
<b>Figura 6</b> - Mapa dos pontos de coleta de água no Distrito de Anauerapucu - Santana/AP.....	32
<b>Figura 7</b> - Principais pontos de coleta de água em Mazagão-AP.....	34
<b>Figura 8</b> - Funcionamento do Substrato enzimático ONPG-MUG do tipo Colilert (IDEXX®) para coliformes totais e fecais nas amostras.....	35
<b>Figura 9</b> - Execução de amostra microbiológica pelo método Quanti-Tray (IDEXX®).....	36
<b>Figura 10</b> - Cartelas Quanti-Tray® avaliadas sob a luz ultravioleta.....	37
<b>Figura 11</b> - Câmara de Utermöhl.....	38
<b>Figura 12</b> - Análise pelos reagentes e instrumento HANNA®.....	39
<b>Figura 13</b> - Tabela de NMP IDEXX Quanti-Tray/2000 com as amostras.....	42
<b>Figura 14</b> - Identificação de gêneros de fitoplânctons: Algas e cianofíceas.....	46

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	Pontos de amostragem.....	33
<b>Tabela 2 -</b>	Análise de coliformes totais e termotolerantes provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.....	41
<b>Tabela 3 -</b>	Análises físico e químicas da água provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.....	43
<b>Tabela 4 -</b>	Levantamento amostral da origem e tratamento de águas provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.....	44
<b>Tabela 6 -</b>	Matriz Binária de Presença/Ausência de Táxons de algas e cianobactérias provenientes de amostras de água bruta e tratada coletadas em quatro localidades amapaneses, entre abril e setembro de 2019.....	45
<b>Tabela 7 -</b>	Parâmetro de cianotoxinas conforme a Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO XX de 28/09/2017- MS.....	45

## LISTA DE SIGLAS

<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Íon Cálcio
<b>AB</b>	água bruta
<b>ANTB</b>	água não tratada de bebedouro
<b>ANTT</b>	água não tratada de torneira
<b>ATB</b>	água tratada de bebedouro
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de Cálcio
<b>CAESA</b>	Companhia de Água e Esgoto do Amapá
<b>DST</b>	<i>Defined Substrate Technology</i> – Tecnologia de substrato definido
<b>DTHA</b>	Doença de transmissão hídrica e alimentar
<b>DVH</b>	Doenças de veiculação hídrica
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional da Saúde
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Íon Magnésio
<b>MS</b>	Ministério da Saúde
<b>MUG</b>	4-metil-umbeliferil
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amônia
<b>NMP</b>	Número mais provável
<b>NTU</b>	Unidade de turbidez
<b>ONPG</b>	o-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo
<b>pH</b>	potencial Hidrogeniônico
<b>pHmetro</b>	Aparelho usado para medição de pH
<b>PMSB</b>	Planos Municipais de Saneamento Básico
<b>SIS</b>	Sistema de Informação de Saúde
<b>SISAGUA</b>	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade para Consumo Humano
<b>VMP</b>	Valor máximo permitido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
3.1	A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO OU A ÁGUA POTÁVEL.....	17
3.2	A ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL.....	18
3.3	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA POTÁVEL.....	19
3.4	A PRESENÇA NA ÁGUA DE CIANOBACTÉRIAS E A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POTÁVEL POR CIANOTOXINAS.....	22
3.5	PADRÕES FÍSICO E QUÍMICOS DA ÁGUA.....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.1.1	Mazagão.....	28
4.1.2	Comunidade Vila Nova e Cupixi.....	29
4.1.3	Fortaleza.....	31
4.1.4	Anauerapucu.....	32
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
4.2.1	Local de amostragem e coleta.....	33
4.2.2	Análises de coliformes totais e termotolerantes ( <i>E. coli</i> ).....	35
4.2.3	Análises de Cianobactérias.....	37
4.2.3.1	Análises qualitativas.....	37
4.2.3.2	Análises quantitativas.....	38
4.2.4	Procedimentos e análises de parâmetros físico-químicos da água....	38
4.3	ANÁLISES DE DADOS.....	39
4.4	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	39
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
5.1	FITOPLÂNCTON.....	44
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
6.1	COLIFORMES TOTAIS E <i>E. COLI</i> .....	47
6.2	INDICADORES DE CIANOTOXINAS.....	49
6.3	ANÁLISE FÍSICO E QUÍMICA.....	49
6.4	ÁGUA COMO QUESTÃO SOCIAL.....	51
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
9.1	ANEXO 1.....	59
9.2	ANEXO 2.....	60

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida no planeta Terra. Os ecossistemas, a sociedade e a economia precisam de água limpa e fresca em quantidades suficientes para prosperar. Os recursos de água doce do mundo são renovados através de um ciclo contínuo de evaporação, precipitação e escoamento, chamado de ciclo da água, que dita a sua distribuição e disponibilidade ao longo do tempo e espaço (KORENAGA; PLANAVSKY; EVANS, 2017).

No entanto, os recursos hídricos estão sob atenção crescente em todo o mundo pois, reconhece-se que a quantidade e a qualidade do abastecimento público de água, devido à limitação da disponibilidade de recursos hídricos e à deterioração da qualidade das fontes de água (BRASIL, 2006). Segundo a Organização Internacional de Conservação (2019) existem três fatos importantes a serem considerados nesta situação: a) há 40% mais demanda por água doce do que oferta desta no mundo, assim muitos sistemas de água em todo o planeta estão atualmente sobrecarregados e alguns já secaram; b) 80% das águas residuais globais retorna aos ecossistemas aquáticos sem tratamento, o que tem causado a poluição em quase todos os sistemas de água doce do mundo; e c) um bilhão de pessoas já enfrentam a escassez de água, sendo que as comunidades que dependem dos serviços fornecidos por ecossistemas de água doce estão cada vez mais vulneráveis.

Segundo o relatório das Nações Unidas publicado em 2016, em 2025 cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em áreas com escassez de água ao redor do mundo como resultado do mau uso, do crescimento populacional, das atividades econômicas e das mudanças climáticas (ONU, 2016). A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do planeta. Apesar disso, mesmo que haja grande oferta de água nesta região geográfica, Giatti (2007) reconhece que o acesso a ela e ao saneamento básico configura os piores índices do país, em que “55,7% dos domicílios não são abastecidos de água por rede geral; do volume total de água distribuída em sistemas públicos 32,4% não recebe tratamento e 92,9% dos municípios não possuem redes de esgotamento sanitário” (GIATTI, 2007). Em estados populosos da região sudeste, à exemplo de São Paulo, o temor da escassez da água já alarma os moradores e alerta a necessidade de tomar medidas efetivas imediatas (MACHADO, 2003; MORAES; JORDÃO, 2002).

Uma vez que o ciclo da água é principalmente impulsionado pelo clima e alterações nos padrões climáticos, pode-se reconhecer que variações espaciais e temporais da disponibilidade de água na natureza têm sido causadas pela ação do homem (UHLENBROOK, 2016). A qualidade da água é afetada pelas mais diversas atividades antrópicas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais, e entre elas a geração de esgoto doméstico, depósito de lixo, mineração, agricultura, indústria, navegação e queima de combustíveis fósseis, representam os mais importantes tipos de contaminação causados pelo homem (BELTRAME et al., 2016; HESPANHOL, 2008). Cada uma dessas atividades pode gerar diversos poluentes que têm específicas implicações na qualidade do corpo de água receptor.

Além disso, serviços de água e saneamento ausentes, inadequados, ou ineficientemente gerenciados podem expor pessoas a riscos de saúde graves pela presença de micro-organismos patogênicos. Assim, para investigar a qualidade microbiológica da água, são utilizados os micro-organismos indicadores de contaminação (APHA, 2012). Doenças de veiculação hídrica (DVH), são assim denominadas quando causadas por organismos ou outros contaminantes disseminados diretamente por meio da água (BRASIL, 2013). Em um panorama geral, entre os micro-organismos patogênicos presentes na água encontram-se protozoários, helmintos, vírus e bactérias. Entre as principais doenças causadas pela ingestão de água contaminada com estes tipos de micro-organismos encontram-se a diarreia, a febre tifoide e a paratifoide, a disenteria bacilar e a amebiana, a cólera, a gastroenterite aguda e a crônica, a hepatite A e a E, e a poliomielite (BRASIL, 2013; COPASA, 2019; MELO; COSTA; SANTOS, 2013).

Diversas organizações ao redor do mundo estimam a morte de milhões de pessoas a cada ano causadas pelas doenças mencionadas (UHLENBROOK, 2016). As crianças são a população mais afetada, pois 90% das mortes ocorrem em pessoas menores de cinco anos que quase sempre vivem em países em desenvolvimento (FEWTRELL; BARTRAM; SNOZZI, 2001).

Diante do exposto, o presente projeto traz o levantamento de análise de água em alguns pontos de coleta dos municípios amapaenses: Mazagão, Porto Grande e Santana, avaliando a qualidade higiênico-sanitária da água bruta e de consumo através de indicadores físicos e químicos, microbiológicos e de cianobactérias e cianotoxinas como parâmetros de potabilidade.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade higiênico-sanitária da água bruta e de consumo através de indicadores físicos e químicos, microbiológicos e de cianotoxinas, como parâmetros de potabilidade.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar qualitativamente e quantitativamente a presença de coliformes totais;
- Caracterizar qualitativamente e quantitativamente a presença de coliformes termotolerantes (*E. coli*);
- Quantificar *E. coli*;
- Identificar e quantificar as cianobactérias de água bruta;
- Detectar a presença de cianotoxinas;
- Analisar as propriedades físicas e químicas da água.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO OU A ÁGUA POTÁVEL

Pode se dizer que a água considerada como própria para o consumo é chamada de água potável (BRASIL, 2017) e, sabe-se que ela é um recurso vital que influencia diretamente a saúde (MAAL-BARED; BARTLETT; BOWIE, 2008).

A falta de qualidade da água para consumo humano e a ausência de saneamento básico têm sido razões associadas ao desenvolvimento de várias doenças (GUZMÁN; NAVA; DÍAZ, 2015). Um grande número de doenças infecciosas e parasitárias presentes no mundo inteiro, tais como a diarreia, a febre tifoide e a paratifoide, a disenteria bacilar e a amebiana, a cólera, a gastroenterite aguda e a crônica, a hepatite A e a E, o vírus poliomielite, são desenvolvidas por falta de acesso adequado a fontes de água e condições de saneamento.

Estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS) relatam que, no mundo, pelo menos 842.000 pessoas morrem anualmente, das quais 361.000 são de crianças com idade inferior a 5 anos, em virtude ingestão de água contaminada e falta de saneamento (PAIVA; SOUZA, 2018; OMS, 2015). No Brasil, anualmente, pelo menos 28 mil pessoas morrem como resultado do consumo de água contaminada (BRASIL, 2013). Dessa forma, as condições de saneamento ambiental têm provado ser ineficientes e diversos registros de saúde têm identificado o desenvolvimento de tais doenças em todo o país (PAIVA; SOUZA, 2018). Diante desse contexto, pode se dizer que políticas públicas relacionadas a melhorias no abastecimento de água e sua potabilidade, adequado saneamento básico e ótimas condições de higiene da população, poderiam diminuir os riscos à saúde, especificamente em grupos etários vulneráveis, como crianças e idosos, e grupos sociais menos favorecidos (APHA, 2012).

Neste cenário, diversos estudos também têm demonstrado a associação entre condições de saneamento, incluindo o acesso a água potável, com o desenvolvimento de doenças diarreicas. Estes estudos têm destacado a importância das estratégias de saneamento na redução deste tipo de doenças, demonstrando o impacto positivo de tais intervenções na saúde da população (BARRETO et al., 2007; CAIRNCROSS et al., 2010; ESREY et al., 1991; FEWTRELL et al., 2005).

Desta forma, considera-se essencial garantir o acesso à água potável para melhorar as condições de saúde das populações e assim prevenir a transmissão de DVHs (COPASA, 2019).

O acesso à água potável faz parte dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio estabelecidos pelas Nações Unidas, para os quais o objetivo é reduzir pela metade a porcentagem de pessoas sem acesso a este tipo de água e ao saneamento básico para o ano de 2025 (ONU, 2016).

A conquista dessa meta está refletida nos números: em 2010, mais de dois milhões de pessoas tiveram acesso a fontes de água melhoradas. No entanto, ainda existem 780.000 milhões de pessoas sem acesso à água potável e grandes diferenças persistem entre as regiões geográficas existentes no mundo inteiro. Na América Latina e no Caribe, por exemplo, cerca de 38 milhões de pessoas não têm acesso a fontes de água potável e as DVHs estão entre as três principais causas de morte, com o consequente impacto na saúde pública da região (FEWTRELL et al., 2005).

### 3.2 A ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL

O Brasil enquadra os padrões de potabilidade nos regulamentos da Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde, que também dispõe sobre os procedimentos de vigilância da água para o consumo humano (BRASIL, 2017). Neste documento se exige que: a) unicamente a água totalmente ausente de coliformes, seja usada para consumo, e b) se consideram outros padrões de potabilidade de especial relevância, destacando-se entre eles que a presença de cianobactérias seja monitorada com o propósito de evitar o desenvolvimento de doenças pela ingestão de cianotoxinas (BRASIL, 2017).

O Brasil também conta com um Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade para Consumo Humano (SISAGUA) que é um Sistema de Informação de Saúde (SIS) disponibilizado na internet pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2019). O SISAGUA tem como finalidade auxiliar o gerenciamento dos riscos à saúde associados ao suprimento de água potável (BRASIL, 2019).

A informação gerada pelo Sistema é utilizada em análises de situação sanitária relacionadas ao suprimento de água. Desta forma, os sistemas de informação em

saúde ou epidemiológicos desenvolvidos pelo Ministério da Saúde nas últimas décadas têm se destacado como ferramentas fundamentais para o diagnóstico e vigilância em saúde, visando gerar intervenções mais condizentes com as características da população (OLIVEIRA et al., 2019).

O sistema contém dados relativos aos tipos de água fornecida e utilizada pela população (dados do registro), informações relacionadas à infraestrutura de fornecimento e condições operacionais, dados sobre monitoramento da qualidade da água realizada por empresas de abastecimento de água potável, ou seja, empresas estaduais, autoridades governamentais municipais e estaduais, empresas privadas ou governos municipais e dados sobre o monitoramento da qualidade da água realizados pelas Secretarias Municipais e Estaduais de Saúde (dados de vigilância) (BRASIL, 2019).

### 3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA POTÁVEL

A água própria para o consumo, água potável, apresenta particulares qualidades para este uso, sendo relacionadas as seguintes características: pureza, ausência de micro-organismos, parasitas, ovos ou larvas de animais, e ausência de substâncias tóxicas, como detergentes, mercúrio ou agrotóxicos (LEÃO; OLIVEIRA; PINO, 2014). Assim, a água com turbidez, com sabor ou cheiro, indica a presença de compostos que podem chegar a representar algum tipo de risco para a saúde de quem possa ingeri-la (BARROS, 2006). Problemáticas relacionadas com esta qualidade, podem ser avaliadas usando, entre outros, os parâmetros microbiológicos e físico e químicos.

A Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 exige que unicamente a água totalmente ausente de bactérias do grupo coliformes, seja usada para consumo (BRASIL, 2017). Assim mesmo, esta regulamentação também considera outros padrões de potabilidade de especial relevância para a caracterização deste tipo de água. Um caso especial, é a presença de cianobactérias na água que também deve ser monitorado segundo a Portaria (BRASIL, 2017).

Dentre as análises relevantes para a caracterização deste tipo de água, estão inclusas as bactérias coliformes. Estas, são divididas em coliformes totais e coliformes termotolerantes. Os coliformes totais são um grupo de bactérias que não causam

doenças, visto que habitam o intestino de animais mamíferos inclusive o homem (LECLERC et al. 2001). As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. Os coliformes termotolerantes incluem os gêneros de bactérias *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca*, *Enterobacter cloacae*, *E. aerogenes*, *Citrobacter amalonaticus*, *C. koseri*, e algumas espécies do complexo *C. freundii* (LECLERC et al. 2001). Segundo a American Public Health Association (2012), este grupo é constituído por bacilos Gram-negativas, aeróbios ou anaeróbios facultativas, não formadoras de esporos, oxidase-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares e que possuem a enzima beta-galactosidase. São fermentadores de lactose com produção de ácido e gás dentro de 24 horas de incubação a temperatura de 44 a 45°C (SIQUEIRA, 1995; TORTORA; FUNKE; CASE, 2005). A *E. coli* é predominante neste grupo (APHA, 2012).

Este tipo de bactérias pode fazer parte da microbiota intestinal de diversos animais, que incluem ao homem. Desta forma, a presença de coliformes totais na água, embora não seja uma indicação exata de contaminação fecal, é um indicativo da qualidade higiênico-sanitária de um produto (JAWETZ; MELNICK; ADELBERG, 2000; SILVA; JUNQUEIRA, 2001).

A razão da escolha desse grupo como bioindicadores da contaminação da água deve-se aos seguintes fatores: a) são bactérias encontradas em fezes de animais, que incluem os seres humanos; b) são bactérias que podem ser detectáveis e quantificáveis por técnicas que simples e viáveis economicamente; c) a concentração destas bactérias possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal e da qualidade higiênico-sanitária da água examinada; d) estas bactérias possuem um maior tempo de sobrevivência que outros organismos patogênicos intestinais; e e) estas bactérias são muito mais resistentes aos agentes tensoativos e aos agentes desinfetantes do que outras bactérias e agentes patogênicos (BRASIL, 2013).

Entre o grupo de coliformes totais, encontram-se dois tipos de baterias: as que fazem parte do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, também denominadas como termotolerantes, e as bactérias não-entéricas, que não fazem parte deste trato (SILVA; JUNQUEIRA, 2001).

No caso, os coliformes termotolerantes diferenciam-se das bactérias não entéricas por fermentarem lactose com produção de gás em 24 horas a uma temperatura de 44 °C (JAWETZ; MELNICK; ADELBERG, 2000; SILVA; JUNQUEIRA,

2001). Dentre elas, a *Escherichia coli* é o principal indicador de contaminação fecal (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005).

**Quadro 1. Principais micro-organismos que têm sido relatados como indicadores da qualidade da água**

<b>Micro-organismos indicadores</b>	<b>Características</b>
<b>Coliformes totais</b>	Bactérias Gram-negativas, não formadoras de esporos. Bactérias anaeróbias facultativas em forma de bastonetes que fermentam lactose (com $\beta$ -galactosidase) em ácido e gás dentro de 24 a 48 h a $36 \pm 2^\circ\text{C}$ em um meio contendo sais biliares e detergentes. Não são indicadoras específicas de poluição fecal.
<b>Coliformes termotolerantes</b>	Coliformes termotolerantes que produzem ácido e gás a partir da fermentação da lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em $24 \pm 2$ h. Conhecidas como coliformes fecais devido ao seu papel como indicadoras deste tipo de contaminação.
<b><i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)</b>	Coliformes termofílicos. Também definidos como coliformes capazes de produzir $\beta$ -glucuronidase (mesmo que taxonomicamente até 10% da <i>E. coli</i> ambiental não produza). É o grupo mais adequado de coliformes para indicar a poluição fecal de animais de sangue quente.
<b>Estreptococos fecais</b>	Bactérias Gram-positivas, não formadoras de esporos. Este grupo é usado em conjunto com coliformes fecais para determinar a fonte de contaminação fecal (homem ou animais). Várias linhagens parecem ser onipresentes e não podem ser distinguidas dos estreptococos fecais verdadeiros sob o procedimento analítico usual, o que diminui seu uso como um organismo indicador.
<b>Enterococos</b>	Subgrupo de estreptococos fecais que crescem em pH 9,6 a 10 e $45^\circ\text{C}$ , em 6,5% NaCl. Quase todos são membros do gênero <i>Enterococcus</i> , e também cumprem os seguintes critérios: resistência a $60^\circ\text{C}$ por 30 min e capacidade de reduzir 0,1% de azul de metileno. Os enterococos são geralmente encontrados em menor número do que outros organismos indicadores; no entanto, eles exibem melhor sobrevivência na água do mar.
<b>Bacteroides</b>	Bacilos pleomórficos anaeróbicos, Gram-negativos, não formadores de esporos. São propostos como indicadores específicos de contaminação fecal de humanos.
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	Bactérias Gram-positivas, formadoras de esporos, não-móveis, anaeróbicas estrictas. Fermentam lactose, sacarose e inositol e produzem gás, reduzem nitrato, hidrolisam gelatina e produzem lecitinase e ácido fosfatase. A presença de esporos indica origem fecal e estão sempre presentes no esgoto. Estes indicam a presença de protozoários e enterovírus. Nem

	todas as clostrídios sulfito-redutoras em águas receptoras são indicadores de poluição fecal, portanto <i>C. perfringens</i> é o indicador apropriado de contaminação fecal.
<b>Bifidobactérias</b>	Bactérias Gram-positivas, obrigatoriamente anaeróbias, não formadoras de esporos. Bacilos não móveis que são altamente pleomórficas e podem exibir bulbos ramificados (bífidos). Todas são catalase-negativas e fermentam lactose. É um dos grupos mais numerosos de bactérias nas fezes de animais de sangue quente.
<b>Bacteriófagos</b>	Vírus bacterianos que são onipresentes no ambiente e resistentes à desinfecção.

Adaptado de FEWTRELL; BARTRAM; SNOZZI (2001)

Diante desta informação, é necessário destacar que o método mais comum de contaminação analisado em amostras de água é a detecção de *Escherichia coli* (SAXENA et al., 2015). Assim, para as análises microbiológicas em águas e usa comumente a Técnica do Substrato Cromogênico Enzimático Colilert, que se baseia na identificação deste micro-organismo pela análise de suas enzimas constitutíveis (COVERT et al., 1989; SILVA et al., 2005).

### 3.4 A PRESENÇA NA ÁGUA DE CIANOBACTÉRIAS E A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POTÁVEL POR CIANOTOXINAS

Outro padrão de potabilidade da água de consumo nomeado na Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 indica que na presença cianobactérias, recomenda-se a análise de cianotoxinas (BRASIL, 2017). No caso, processos de eutrofização, ou seja, acúmulo de matéria orgânica em ambientes aquáticos por causa de ações antrópicas, se relacionam comumente a deterioração da qualidade hídrica de corpos d'água. Esta eutrofização acontece maioritariamente por florações de cianobactérias, produtoras primárias da cadeia trófica, que no aumento da concentração de compostos como fósforo e nitrogênio crescem rapidamente e de forma desordenada nos ecossistemas aquáticos (CAMPOS; VASCONCELOS, 2010).

Quando estes organismos crescem sem controle, as cianotoxinas produzidas pelas cianobactérias podem ser acumuladas pelos organismos que compõe a comunidade aquática e ser transferida para outros níveis tróficos, o que representa riscos à saúde de seres vivos que ingerem ou entram em contato com essa água contaminada (BORTOLI; PINTO, 2015; CAMPOS; VASCONCELOS, 2010).

As florações proveem cor, cheiro e sabor à água, o que muda sua natureza e composição e que traz uma série de problemas quando se pensa no abastecimento público (BORTOLI; PINTO, 2015). Assim, tendo como referência as informações proporcionadas por COPASA (2019), sabe-se que a presença de cianobactérias e o acúmulo de cianotoxinas na água pode levar à irritação da pele, dos olhos e dos ouvidos, erupções, inchaço dos lábios, dor de garganta, inflamações nos seios da face e asma quando há contato direto com a pele, e a sua ingestão pode causar náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreias, complicações no fígado e fraqueza muscular. Dessa forma, a Portaria de Consolidação indica que na presença cianobactérias, recomenda-se a análise de cianotoxinas, sendo que o valor máximo aceitável é de 1,0 µg/L (BRASIL, 2017).

As cianobactérias, também conhecidas como algas verde-azuladas, têm estado presentes na Terra desde há 3,5 bilhões de anos e fazem parte do fitoplâncton das águas doces superficiais do mundo (PANTELIC et al., 2013). Sabe-se que pela sua natureza são produzidas diversas moléculas bioativas, como hormônios, antibióticos, aleloquímicos, toxinas e compostos de sabor e odor (CHIU et al., 2017).

Devido ao manejo inadequado de nutrientes nas bacias hidrográficas por causa das atividades antrópicas, muitos reservatórios de água doce têm enfrentando o aumento de compostos como nitrogênio e fósforo, o que tem aumentado a eutrofização e as florações de cianobactérias nestes corpos d'água (CHIU et al., 2017; PANTELIC et al., 2013). Adubos químicos e esterco, descargas urbanas tratadas ou não tratadas, efluentes agrícolas e industriais, têm aumentado significativamente as quantidades destes nutrientes e, por tanto, destes organismos (GARCIA et al., 2015).

Desta forma, o crescimento desproporcional de cianobactérias tem aumentado em extensão e frequência nas últimas décadas, dando origem a preocupações pela saúde humana e animal, pois numerosos casos de envenenamento letal têm sido associados à ingestão de cianotoxinas em animais silvestres e animais domésticos (BURATTI et al., 2017).

Em humanos, poucos episódios de envenenamento letal ou grave tem sido registrados após exposição aguda ou de curto prazo, mas a exposição repetida e/ou crônica a baixos níveis de cianotoxinas continua sendo um problema crítico (BURATTI et al., 2017). Entre os casos letais descritos em humanos pode-se descrever o ocorrido em 1996 em Caruaru, estado de Pernambuco. Neste episódio, sinais e sintomas de

neurotoxicidade aguda e hepatotoxicidade subaguda foram detectados em pacientes de uma clínica de hemodiálise que ingeriram água contaminada com cianotoxinas. Todos os 126 pacientes desenvolveram esses sintomas e 60 pacientes morreram aparentemente por esta intoxicação (GARCIA et al., 2015).

Entre as toxinas produzidas pelas cianobactérias podem se nomear microcistinas, anatoxina-A, saxitoxina, cilindrospermopsina,  $\beta$ -metilamino-L-alanina e aplysiatoxinas (ALMUHTARAM et al., 2018). *Microcystis* e *Cylindrospermopsis* são dois gêneros de cianobactérias prejudiciais comuns detectados em lagos e reservatórios de água doce, com microcistinas e cilindrospermopsina como seus metabólitos importantes, respectivamente. Outras cianobactérias também podem ser consideradas como produtoras de cianotoxinas, como a *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanocapsa*, *Aphanizomenon fina*, *Aspergillus niger cordigera*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Raphidiopsis curvatura* e *Umezakia nadador* (CHIU et al., 2017).

As propriedades das cianotoxinas mais frequentemente detectadas em animais silvestres, animais domésticos e seres humanos, encontram-se genotoxicidade, hepatotoxicidade, neurotoxicidade, citotoxicidade, dermatotoxicidade, carcinogenicidade, toxicidade reprodutiva, que em conjunto terminam sendo perigosas para a saúde pública em geral (BURATTI et al., 2017; PANTELIĆ et al., 2013).

Além disso, é válido destacar que as cianobactérias produzem além de cianotoxinas, compostos de sabor, uma espuma densa de cor verde-azulada na superfície da água, e odores que afetam diretamente a qualidade de água para consumo (GARCIA et al., 2015). Portanto, a remoção de cianobactérias, sem lise celular e liberação de metabólitos intracelulares, é necessária para reduzir significativamente a concentração desses metabólitos na água potável, e isto só pode ser feito através de processos de tratamento da água (PANTELIĆ et al., 2013).

Desta forma, quando se espera encontrar altas concentrações de cianobactérias na água fonte de consumo, uma estimativa dos riscos associados às cianotoxinas é recomendado para as empresas de água. Convencionalmente, os procedimentos para identificar tais riscos incluem uma coleta de amostras, entrega dessas amostras a um laboratório central e enumeração de células de cianobactérias potencialmente toxigênicas (CHIU et al., 2017).



As cianobactérias podem ser quantificadas usando vários métodos, incluindo enumeração microscópica tradicional, reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real (qPCR) e, com avanços tecnológicos mais recentes, com sensoriamento remoto. No entanto, esses métodos são caros, demorados e exigem pessoal altamente treinado para gerenciá-los (ALMUHTARAM et al., 2018).

### 3.5 PADRÕES FÍSICO E QUÍMICOS DA ÁGUA

Análise de parâmetros físicos e químicos são vitais, visto que através desta são avaliados as principais propriedades e grau de pureza afim de considerar a água ideal para o seu consumo (BRANDT et al., 2015).

Para água potável, a água deve ser límpida, incolor, inodora e sem sabor. No Brasil, o responsável pelos parâmetros de potabilidade físico-químicos segundo as normativas e estabelecimento do Ministério da Saúde é a Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO X de 28 de Setembro de 2017- MS (BRASIL, 2017). Dessa forma, na portaria é apresentada uma tabela padrão organoléptico de potabilidade com parâmetro, tais como dureza total, ferro, turbidez, cloreto, dentre outros e seu valor máximo permitido (VMP) (**Quadro 2**).

Já para a água bruta, os parâmetros obedecem a vigência da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357, DE 17 de Março de 2005. Para os corpos de água doce, a CONAMA determina o valor de referência máximo para Ferro dissolvido 0,3 mg/L; pH de 6 a 9; Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), nível de cor natural do corpo de água e ausente de resíduos sólidos, graxas, óleos, espumas sintéticas (BRASIL, 2005).

Dentre os padrões a serem analisados estão: Ferro, Dureza Total, amônia, pH e Turbidez. O ferro é um metal que em altas concentrações promove o tingimento da água, possuindo cor amarelada, sabor amargo e adstringente. Diante disso os padrões de potabilidade conferem um valor máximo de 0,3 mg/L (**Quadro 2**), afim de evitar problemas nos aspectos estéticos e sabor da água (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

**Quadro 2: Ensaio Físico e químico analisados e seu Valor Máximo Permitido (VMP)**

ENSAIOS	Unidade	VALOR DE REFERÊNCIA
<b>Ferro</b>	mg/L	V.M.P.: 0,3
<b>Dureza Total</b>	mg/L	V.M.P.: 500
<b>Amônia</b>	mg/L	V.M.P.: 1,5
<b>pH</b>	-	6,0 a 9,5
<b>Turbidez (NTU)</b>	uT	V.M.P.: 5

Fonte: Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO X de 28 de setembro de 2017- MS 2017. V.M.P.: Valor máximo padrão (adaptado pelo autor).

A dureza total está relacionada a concentração íons alcalinos terrosos de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) em corpos d'água total no qual é expressa em número de equivalente de miligramas por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Conforme a Portaria, seu limite máximo é de 500 mg/L (**Quadro 2**). Quando a dureza é elevada, classificada como dura, realiza-se um tratamento para retirada de cálcio e magnésio.

O pH (potencial hidrogeniônico), demonstra o equilíbrio iônico, possuindo valor padrão conforme uma escala de 0 a 14, sendo considerado 7 como pH neutro, acima de 7 com pH de caráter básico e abaixo de 7 com pH de caráter ácido. Conforme a portaria, o pH ideal varia entre 6 e 9,5 (TCHOBANOGLOUS et al., 2003). A temperatura também apresenta um papel fundamental no ambiente aquático, visto que apresenta variação conforme o clima, sazonalidade e ações antrópicas (termoelétricas, desejos químicos) (SILVA et al., 2008).

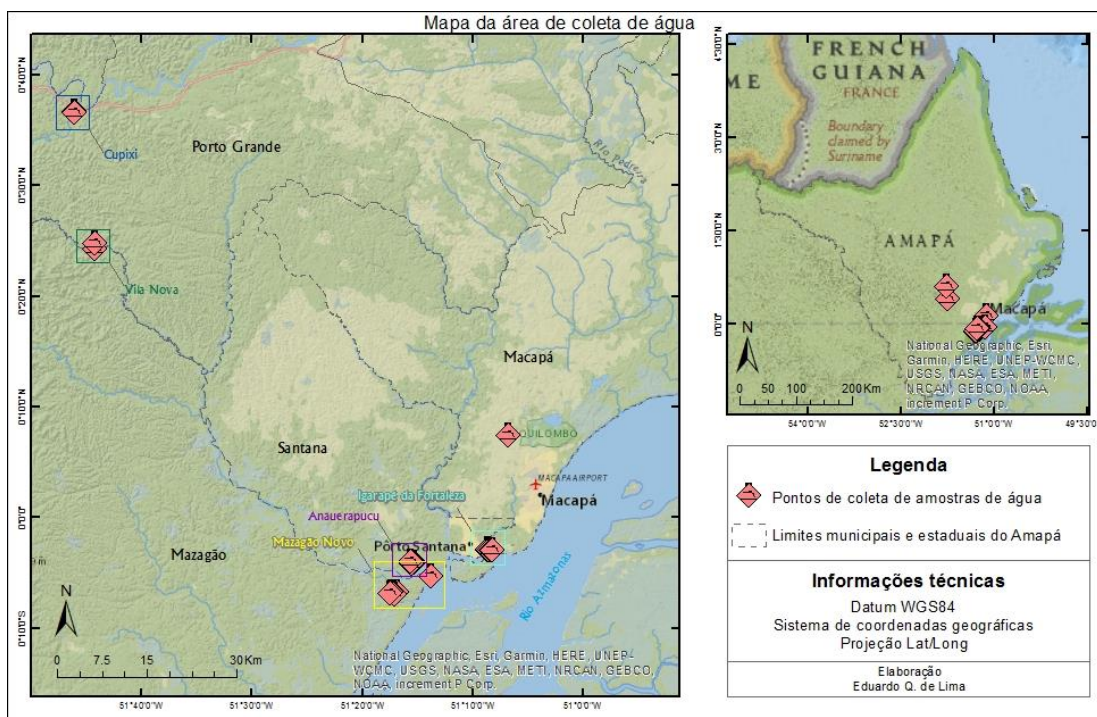
A amônia é gerada de processos químicos por decomposições de animais e vegetais e de transformações sofridas pelos compostos orgânicos vindos de esgotos. É um tóxico bastante restrito a vida aquática sendo que muitas espécies não toleram concentrações acima de 5 mg/L. Em seres humanos, sua ingestão pode causar náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. Dessa forma, a legislação federal estabelece 5 mg/L para águas naturais e 1,5 mg/L para potabilidade (PEREIRA, 2005).

Já a turbidez, é quando a água apresenta partículas em suspensão, as quais impedem a penetração de luz através do fluido, podendo gerar a redução fotossintética de fitoplâncton. O tamanho e a quantidade dessas partículas influenciam no grau de turbulência (BRANDT et al., 2015; SILVA et al., 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

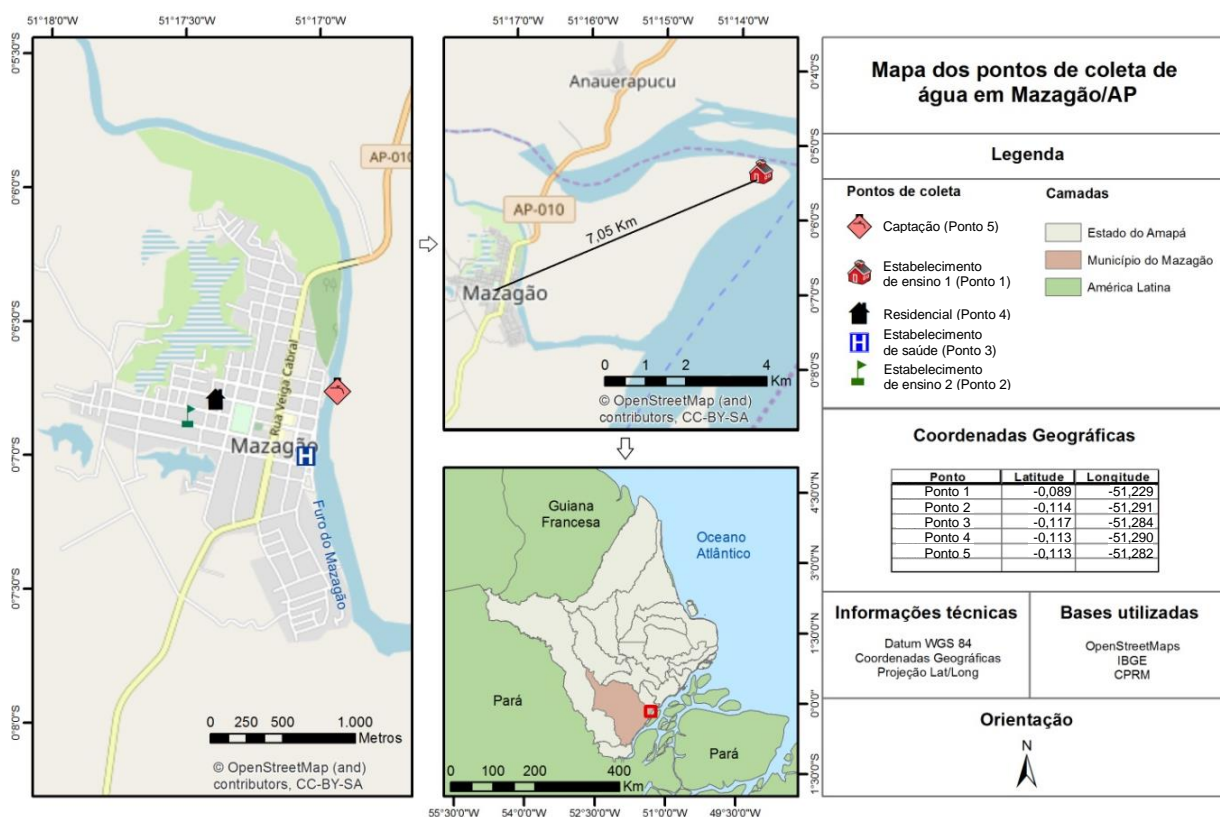
### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada nas seguintes localidades: Mazagão, Comunidade Vila Nova e Cupixi (Porto Grande), Anauerapucu e Igarapé da Fortaleza (Santana) (**Figura 1**).



**Figura 1: Mapa dos pontos de coleta de água**  
Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

### 4.1.1 MAZAGÃO



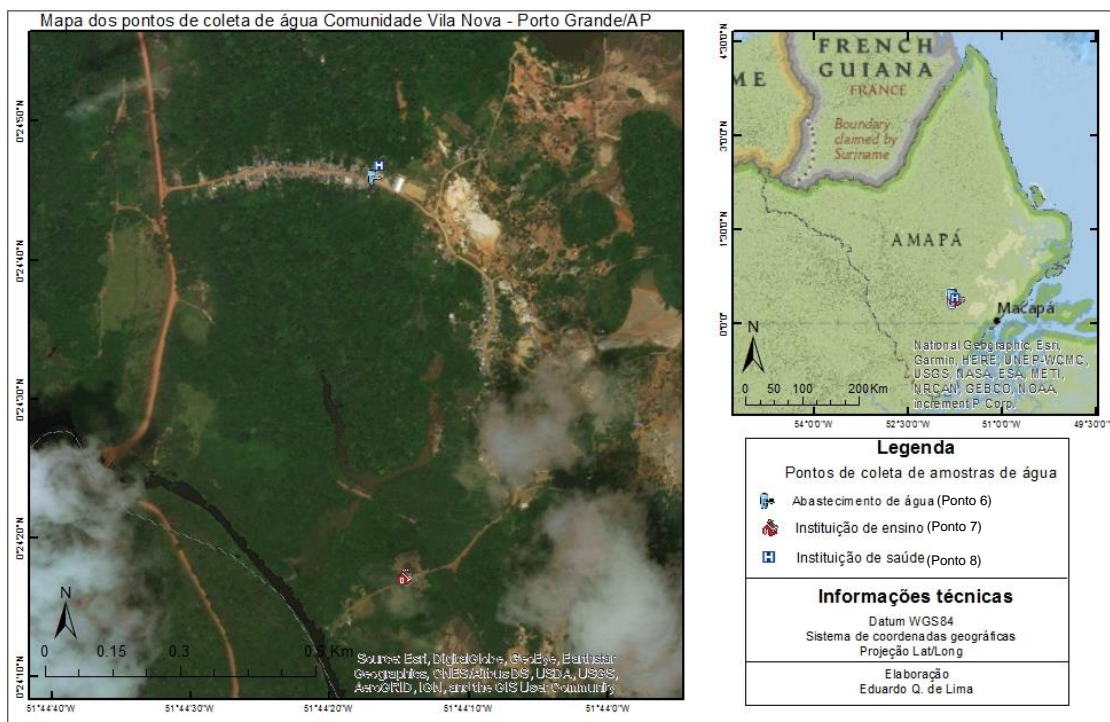
**Figura 2: Mapa dos pontos de coleta de água em Mazagão/AP**

Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

Localizado ao Sul do Estado do Amapá, banhado pelo rio Mazagão, sob as coordenadas geográficas  $00^{\circ} 06' 54''$  S e  $51^{\circ} 17' 20''$  W. Sua população estimada em 2018 é de 21.206 pessoas com uma extensão territorial de 13.294,778 km<sup>2</sup>. Este município conta com 5,6% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 79,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0,6% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) de acordo com o IBGE (2010).

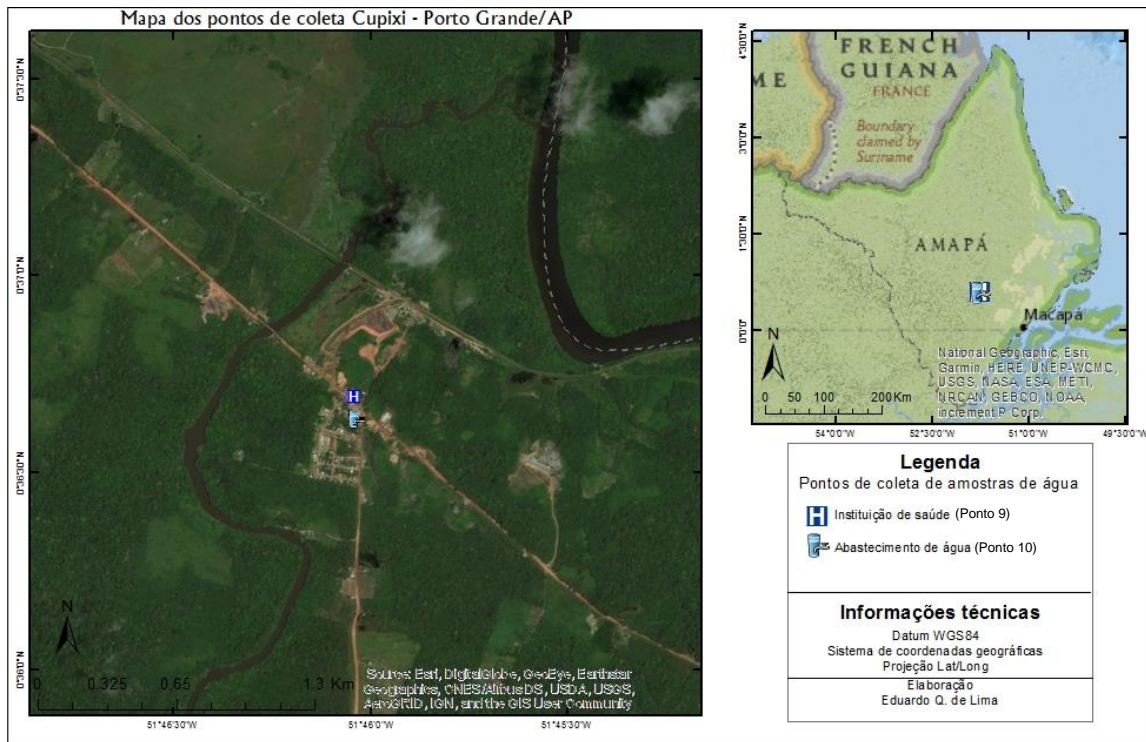
O município é constituído de 3 distritos: Mazagão, Carvão e Mazagão Velho, divisão esta que rege desde 1995. Está localizado a 35 km de Macapá, capital do Estado do Amapá, e o principal acesso rodoviário é pela rodovia AP-010, com acesso pela BR-210. Ainda, é possível ter acesso à Mazagão por transporte aquaviários (hidrovias), que fazem ligação com a cidade de Macapá e outros municípios e zonas rurais do Estado (TEDPLAN, 2019).

#### 4.1.2 COMUNIDADE VILA NOVA E CUPIXI



**Figura 3:** Mapa dos pontos de coleta de água na Comunidade Vila Nova - Porto Grande/AP  
Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

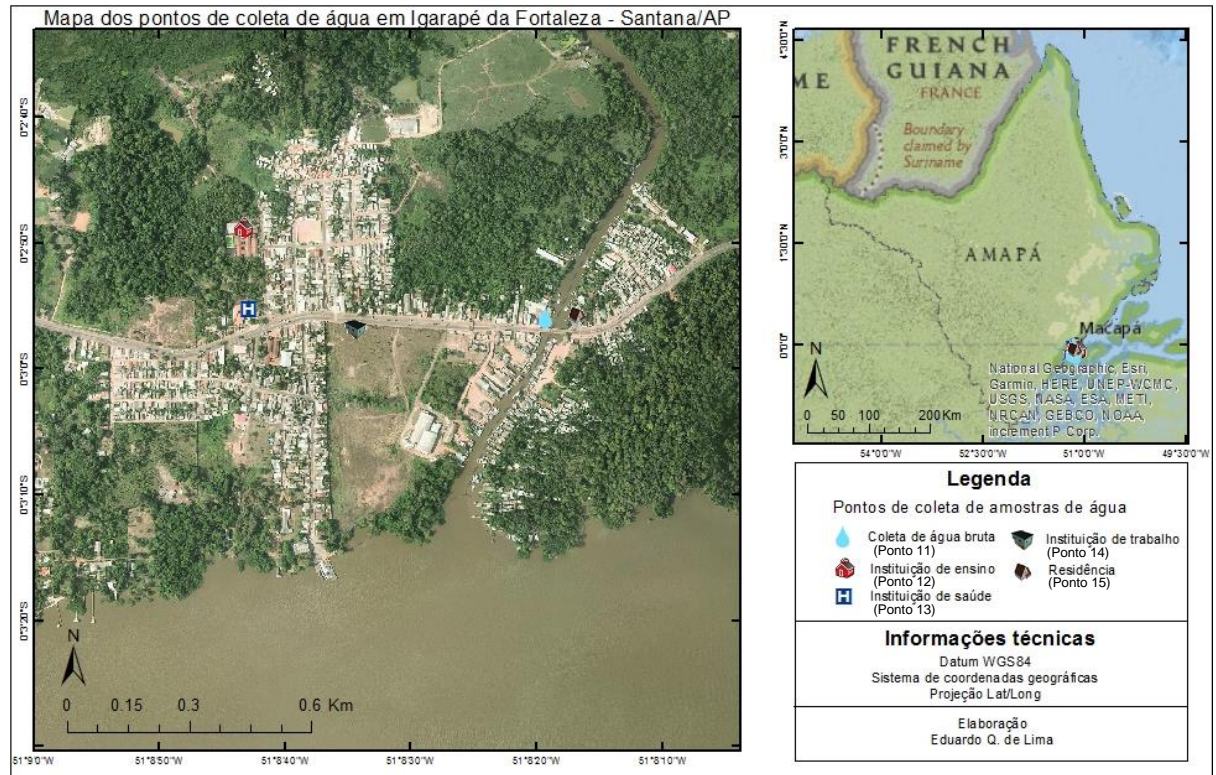
Porto Grande é um município localizado na região central do estado do Amapá com aproximadamente 115 Km da capital de Macapá. Sua população estimada é de 21.971 pessoas em uma área de 4.421 Km<sup>2</sup>. Este contém apenas 24,4% de esgotamento sanitário e 0,7% de Urbanização (IBGE, 2010). A economia é subsidiada pela produção de frutas, tais como o abacaxi, laranja, milho, criação bovina, exploração de eucalipto por multinacionais e exploração mineral.



**Figura 4: Mapa dos pontos de coleta de água na Comunidade Cupixi - Porto Grande/AP**  
Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

As comunidades de Vila Nova e Cupixi são pertencentes do município. Essas comunidades possuem cooperativas de garimpo, como a COOPGAVIN de Vila Nova e COOMING de Cupixi que realizam a exploração de ouro, ferro, cromita, tantalita sendo encontrados até diamante (SPIER; FERREIRA FILHO, 1999). A distância entre as comunidades é de 21,5 Km e fica aproximadamente a 71,1 Km do centro da cidade. O acesso é por via rodoviária pela BR-210 não pavimentada que em tempo chuvoso dificulta a acessibilidade.

### 4.1.3 FORTALEZA

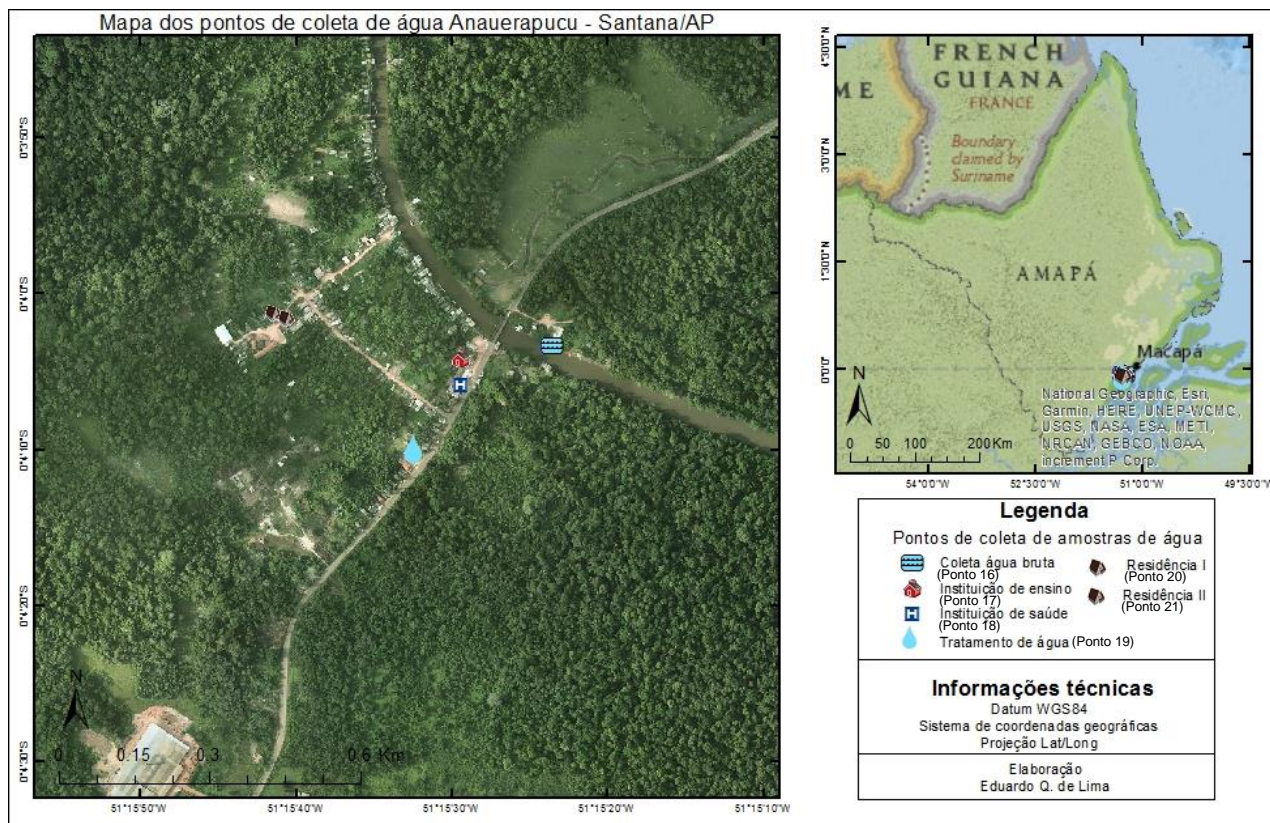


**Figura 5: Mapa dos pontos de coleta de água no Igarapé da Fortaleza - Santana/AP**  
Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

A cidade de Santana é considerada a mais populosa do Amapá, com uma estimativa de 121.364 pessoas, localizado ao na região sul do estado, faz ligação com Macapá, Mazagão e Porto Grande. É banhado pelo rio Amazonas e contém 15,3 % de rede de esgoto tratada (IBGE, 2010).

O bairro de Fortaleza é conhecido popularmente como Igarapé da Fortaleza, nome este que é denominado ao braço do rio Amazonas próximo ao local. Já foi considerado um distrito da cidade devido a sua extensão e é a ponte de saída do município fazendo conexão direta com a capital.

#### 4.1.4 ANAUERAPUCU



**Figura 6: Mapa dos pontos de coleta de água no Distrito de Anauerapucu - Santana/AP**

Mapa produzido utilizando ArQgis versão 5.1.

O termo Anauerapucu deriva da língua indígena tupi, Anauerá que se refere a uma espécie arbórea endêmica da Amazônia, utilizada na indústria de móveis, medicamento fitoterápicos e no conhecimento tradicional (GOMES; SILVA; MEDEIROS, 2015; QUEIROZ; MOCHIUTTI; MACHADO, 2005).

O distrito de Anauerapucu é um dos distritos pertencentes ao município de Santana, localizado na rodovia AP 010 com uma distância de 16 km da sede do município de Santana e aproximadamente 27 km de Macapá, a capital do estado. Sua via de acesso se dá tanto em via terrestre quanto fluvial. É banhado a direita pelo rio Matapi e a esquerda pelo rio Vila Nova (KELLY; GOMES; BENEDITO, 2013). O lugar é marcado por tempo de chuva (inverno) e de sol (verão); Terra Firme e várzea, enchente e vazante (GEMAQUE, 2015).

A comunidade passou a ser distrito com o início de um plano de assentamento agroextrativista, em 2001, organizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Conforme o último censo do IBGE, a população é



considerada de baixa renda obtendo seu sustento de projetos do governo federal e estadual (bolsa família, renda para viver melhor, bolsa verde) e do agroextrativismo (pesca, produção de farinha e cultivo de açaí). O lugar conta com 235 domicílios e 998 habitantes (IBGE, 2010).

## 4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

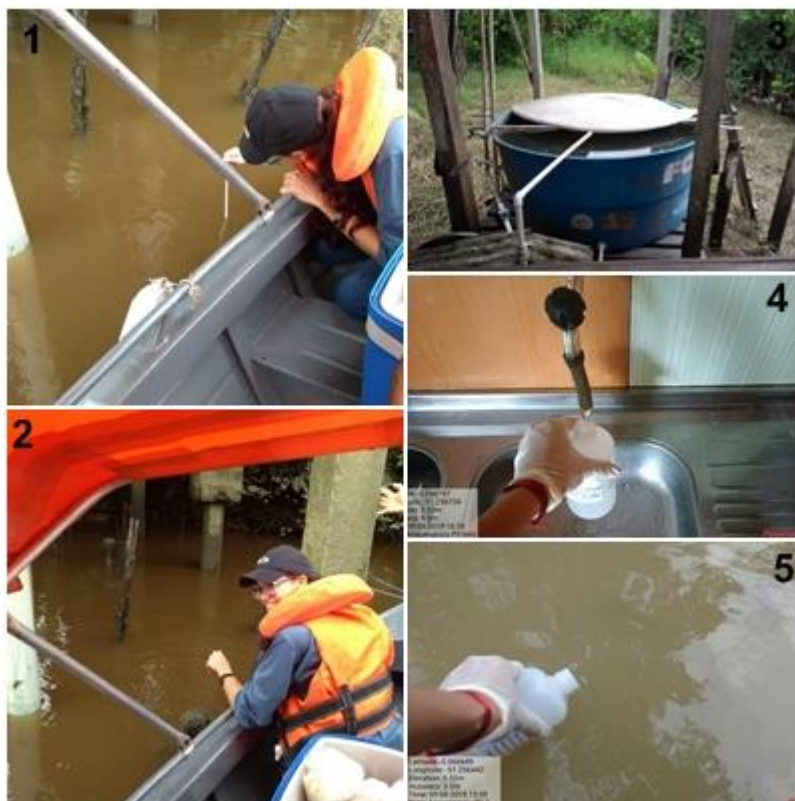
### 4.2.1 Local de amostragem e coleta

Com o propósito de avaliar a qualidade higiênico-sanitária da água bruta e de consumo foram realizados no total 27 pontos de coleta, sendo 7 em Mazagão, 7 em Porto Grande (4 na Comunidade de Vila Nova e 3 em Cupixi) 6 no Igarapé da Fortaleza e 7 em Anauerapucu (**Figura 1**).

Os pontos selecionados nas seguintes localidades foram: Instituição de ensino; Instituição de saúde; captação e abastecimento público de água; Instituição de trabalho (Igarapé da Fortaleza); domicílio e água do rio (**Figura 7**). Foram registradas as coordenadas geográficas em grau decimal pelo aplicativo NoteCam e a produção dos mapas no software ArcGis 10.2. As Coordenadas dos pontos de coleta seguem conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Pontos de amostragem

<b>Pontos</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Ponto 1	-51,284	-0,117
Ponto 2	-51,229	-0,089
Ponto 3	-51,282	-0,113
Ponto 4	-51,290	-0,113
Ponto 5	-51,291	-0,114
Ponto 6	-51,145	-0.048
Ponto 7	-51,145	-0.046
Ponto 8	-51,142	-0.049
Ponto 9	-51,138	-0.048
Ponto 10	-51,138	-0.048
Ponto 11	-51,256	-0.067
Ponto 12	-51,258	-0.068
Ponto 13	-51,258	-0.067
Ponto 14	-51,259	-0.069
Ponto 15	-51,261	-0.066
Ponto 16	-51,261	-0.067
Ponto 17	-51,738	0.412
Ponto 18	-51,737	0.404
Ponto 19	-51,737	0.412
Ponto 20	-51,767	0.611
Ponto 21	-51,767	0.610



**Figura 7: Principais pontos de coleta de água em Mazagão/AP.**

(1) Verificação de temperatura na área de captação; (2) e (5) Coleta de água bruta; (3) e (4) Coleta de água tratada.

As coletas das amostras foram realizadas em 10 de abril em Mazagão; 15 de julho em Porto Grande; 23 a 26 de setembro em Santana (Fortaleza e Anauerapucu) por demanda de serviço da FUNASA-AP. As amostras foram coletadas em água bruta e pontos onde existe consumo direto de água (bebedouros). Como base para as coletas de água, foi feito um formulário para constar as informações primordiais do local de coleta, preenchidos pelo responsável da coleta (**Anexo 1**).

As amostras de água bruta foram coletadas em frascos de poliestireno de 150 mL, estéreis, para análises bacteriológicas, e frascos de 1L para análises quantitativa (coleta direta de água na superfície) e 500 mL para análises qualitativa (coleta de água em profundidade) para determinação de cianofíceas.

Já para as amostras de água tratada (bebedouro), foi realizada antes da coleta a desinfecção dos bebedouros com algodão embebido em álcool 70% friccionado na torneira durante 1 minuto em torneiras de plástico e flambagem com auxílio de uma chama manuseada em volta (parte interna e externa) da torneira durante 40 segundos em torneira de metal.

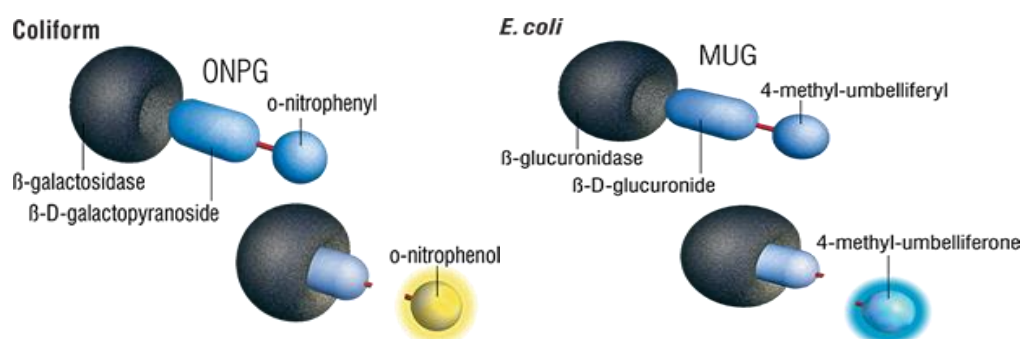
Posteriormente, os frascos foram armazenados sob refrigeração em caixas térmicas e após a coleta foram transportadas para os Laboratórios na UNIFAP- Laboratório Especial de Microbiologia Aplicada (LEMA) e para o Laboratório de Cultivo de Algas (LACAL) para análises.

#### 4.2.2 Análises de coliformes totais e termotolerantes (*E. coli*)

Para a avaliação de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de água, utilizou-se o substrato enzimático ONPG-MUG do tipo Colilert (IDEXX®). O método tem como base do ensaio a Tecnologia de Substrato Definido (DST) que é utilizado na contagem de Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e fecais nas amostras de água.

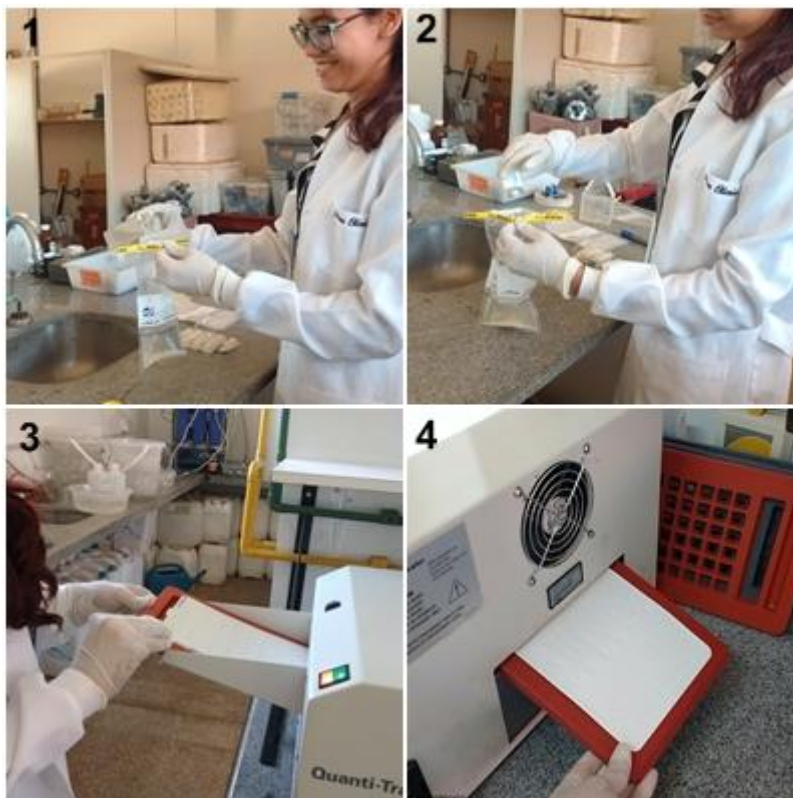
O Teste de Colilert possui o-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-metil-umbeliferil (MUG) fontes de carboidratos que são metabolizados por enzimas específicas de coliformes e da *E. coli*. Os Coliformes consomem a  $\beta$ -galactosidase para metabolizar o ONPG, um nutriente e indicador, cuja coloração passa de incolor a amarela. A *E. coli* utiliza a  $\beta$ -glucuronidase para metabolizar o indicador MUG e produz fluorescência.

É interessante destacar que as bactérias não coliformes que não possuem estas enzimas, não crescem e não causam interferência na reação. Porém, as poucas bactérias não coliformes que possuem estas enzimas são suprimidas seletivamente pela matriz do Teste de Colilert (IDEXX, 2019). Esse método reduz a incidência de resultados falsos positivos e negativos (**Figura 8**).



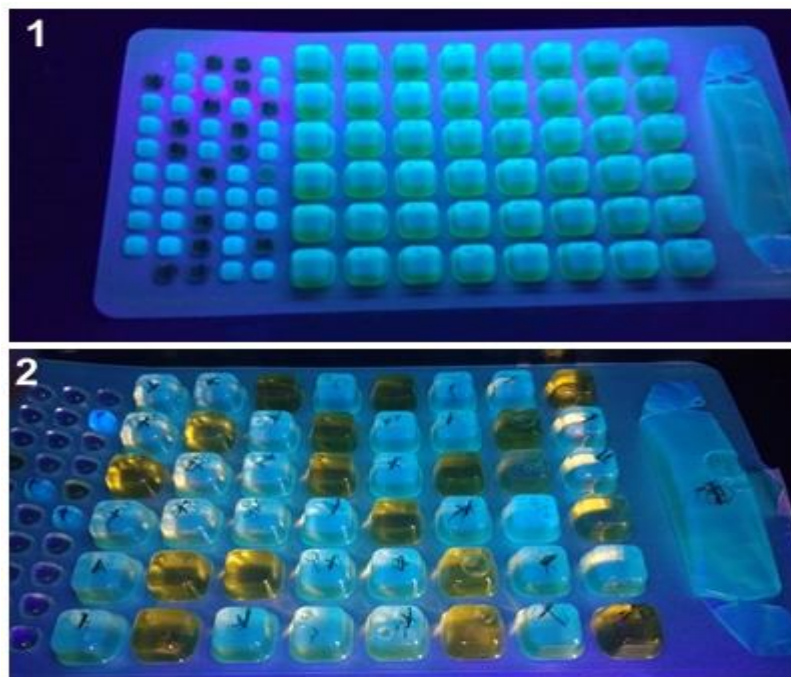
**Figura 8: Funcionamento do Substrato enzimático ONPG-MUG do tipo Colilert (IDEXX®) para coliformes totais e fecais nas amostras.** À esquerda, coliformes consomem enzima  $\beta$ -galactosidase para metabolizar ONPG, mudando de incolor para amarelo; À direita, *E. coli* usa  $\beta$ -glucuronidase para metabolizar MUG e criar fluorescência. (Laboratórios IDEXX, 2013).

Para o procedimento foi adicionado, em Saco Nasco, uma unidade do substrato Colilert para cada 100 mL de água. Foi homogeneizado manualmente e se aguardou a sua dissolução. A solução foi depositada em Cartelas Quanti-Tray® vedada na seladora Quanti-Tray Sealer (IDEXX®) e posteriormente incubada em estufa (Olidef31cz®) a 37°C (**Figura 9**).



**Figura 9: Execução de amostra microbiológica pelo método Quanti-Tray (IDEXX®).**

Após a incubação, avaliaram-se as cartelas. Aquelas que apresentaram poços de cor amarela foram consideradas positivas para a presença de coliformes totais, e os poços com fluorescência foram considerados positivos para a presença de *E. coli*. Para isto, as cartelas foram avaliadas sob a luz ultravioleta (Lâmpada UV Phillips de 365nm) na câmara escura (**Figura 10**).



**Figura 10: Cartelas Quanti-Tray® avaliadas sob a luz ultravioleta.**  
 (1) e (2) Cartelas quantificadas sob luz ultravioleta (Lâmpada UV Phillips de 365nm) na câmara escura no laboratório Lema-Unifap-AP.

Os resultados negativos foram representados pelos poços incolor, entendendo-se a ausência de coliformes totais e *E. coli* (**Quadro 3**).

**Quadro 3: Tabela de resultados e interpretação de presença de coliformes totais e *E. coli***

RESULTADO	INTERPRETAÇÃO
Incolor	Negativo para coliformes totais e <i>E. coli</i>
Amarelo	Positivo para coliformes totais
Amarelo com fluorescência	Positivo para <i>E. coli</i>

A quantificação dos resultados foi realizada utilizando a Tabela de NMP IDEXX Quanti-Tray/2000 que relaciona a quantidade de poços grandes que apresentam resultado positivo com a quantidade de poços pequenos positivos. O resultado em NMP foi designado para as amostras de 100 mL de água.

#### 4.2.3 Análise de Cianobactérias

##### 4.2.3.1 Análise quantitativa

As amostras foram fixadas e transportadas ao Laboratório de Cultivo de Algas (LACAL) para a realização de contagem e cultivo de cianofíceas. Para a análise quantitativa, a amostra foi preservada em lugol a  $100 \text{ mL.L}^{-1}$  (BICUDO; MENEZES, 2006), seguido o método de sedimentação de Utermöhl (UTERMÖHL, 1958), no qual homogeneizou-se manualmente a amostra por aproximadamente 10 vezes. Seguidamente, foi retirada uma sub-amostra para preencher uma câmara de Utermöhl de 10 mL recoberta com uma lâmina de vidro (**Figura 11**). A duração do tempo de sedimentação do fitoplâncton é de 2-4 horas por centímetro de coluna da câmara. A contagem dos organismos foi realizada em microscópio óptico invertido (ESREY et al., 1991).



**Figura 11: Câmara de Utermöhl.**

Câmara de Utermöhl de 10 mL vedada com lâmina de vidro. À direita, câmara de Utermöhl com água bruta de captação do sistema de abastecimento – ponto 5 - e à esquerda Câmara de Utermöhl com água bruta do ponto 1, Mazagão-AP.

#### 4.2.3.2 Análise qualitativa

Para a análise qualitativa foi aplicado NPK-Nitrogênio, Fósforo e Potássio para eutrofização artificial promovendo o crescimento dos fitoplânctons (SIPAUBA-TAVARES; CORAL IBARRA; FIORESI, 2009). Após 2 dias de eutrofização, foi realizada a leitura das lâminas em microscópio óptico invertido. As amostras foram coradas com nanquim para visualização de possível bainha de mucilagem e posteriormente identificadas. A identificação taxonômica teve como referência Bicudo & Menezes (2006).

#### 4.2.4 Procedimentos e análises de parâmetros físico-químicos da água

A análises físico e química foi realizada na EMBRAPA – Amapá, sendo determinadas a turbidez, a temperatura, o ferro, o pH e a dureza de Cálcio, Magnésio e Total (**Figura 12**).As análises foram realizadas conforme as normas e métodos estabelecidos do manual de instruções do equipamento Fotômetro de Multiparâmetro, Modelo HI 83200 HANNA® Instruments (HANNA INSTRUMENTS, 2017) e conforme a adaptação de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, EDTA colorimetric method*.



**Figura 12: Análise pelos reagentes e instrumento HANNA®.**

#### 4.3 ANÁLISES DE DADOS

Foram realizadas tabelas em planilhas eletrônicas de cálculo da Microsoft Excel (2016) para os parâmetros microbiológicos, físicos e químicos e fitoplânctons, seguido de uma análise descritiva. Não foi possível a realização dos testes estatísticos, sejam estes paramétricos ou não paramétricos, devido a diversificação dos tipos de amostras, não apresentando um parâmetro a ser padronizado e as distintas formas de tratamentos nas localidades que elevaram os valores das amostras de água e promoveu aumento acima da média para o desvio padrão.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O projeto foi submetido a análise do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos, Plataforma Brasil (**Anexo 2**).

## 5 RESULTADOS

Neste estudo, foram analisadas 27 amostras de água provenientes de 21 pontos de coleta, os quais se localizam em Santana (distritos de Fortaleza e Anauerapucu), Mazagão e Porto Grande.

Em relação as análises de coliformes totais, os valores variaram entre  $<1$  e  $>2419,6$ . Foi possível perceber que em todos os municípios/distritos houveram pontos com valores de coliformes totais menores que 1 (satisfatórios), exceto em Anauerapucu. No entanto, a maioria das amostras (20/27), provenientes de todos os locais de coleta possuem valores que superam um, chamando atenção para o ponto 14-AB, em Fortaleza, no qual se obteve valores superiores a 2419,6 para ambas contagens (**Tabela 2**).

Quando analisados os valores de *E. coli*, os valores obtidos seguiram o padrão descrito anteriormente, variando entre  $<1$  e  $>2419,6$ . As amostras responsáveis pelos valores inferiores a um foram mais frequentes que as encontradas na contagem de coliformes totais (16/27). Logo, as amostras que possuem valores que superam um foram minoria, 11/27 (**Tabela 2**).

Desta forma, os ambientes analisados demonstram padrões variando entre 713,1 (Porto Grande) a 881,2 (Fortaleza) de média para coliformes totais e 3,98 (Anauerapucu) a 403,3 (Porto Grande) para *E. coli*. Seus desvios padrões variaram entre 166,2 (Porto Grande) a 1134,7 (Anauerapucu) para coliformes totais e 8,86 (Porto Grande) a 987,8 (Fortaleza) para *E. coli*, demonstrado por seus diferentes valores.

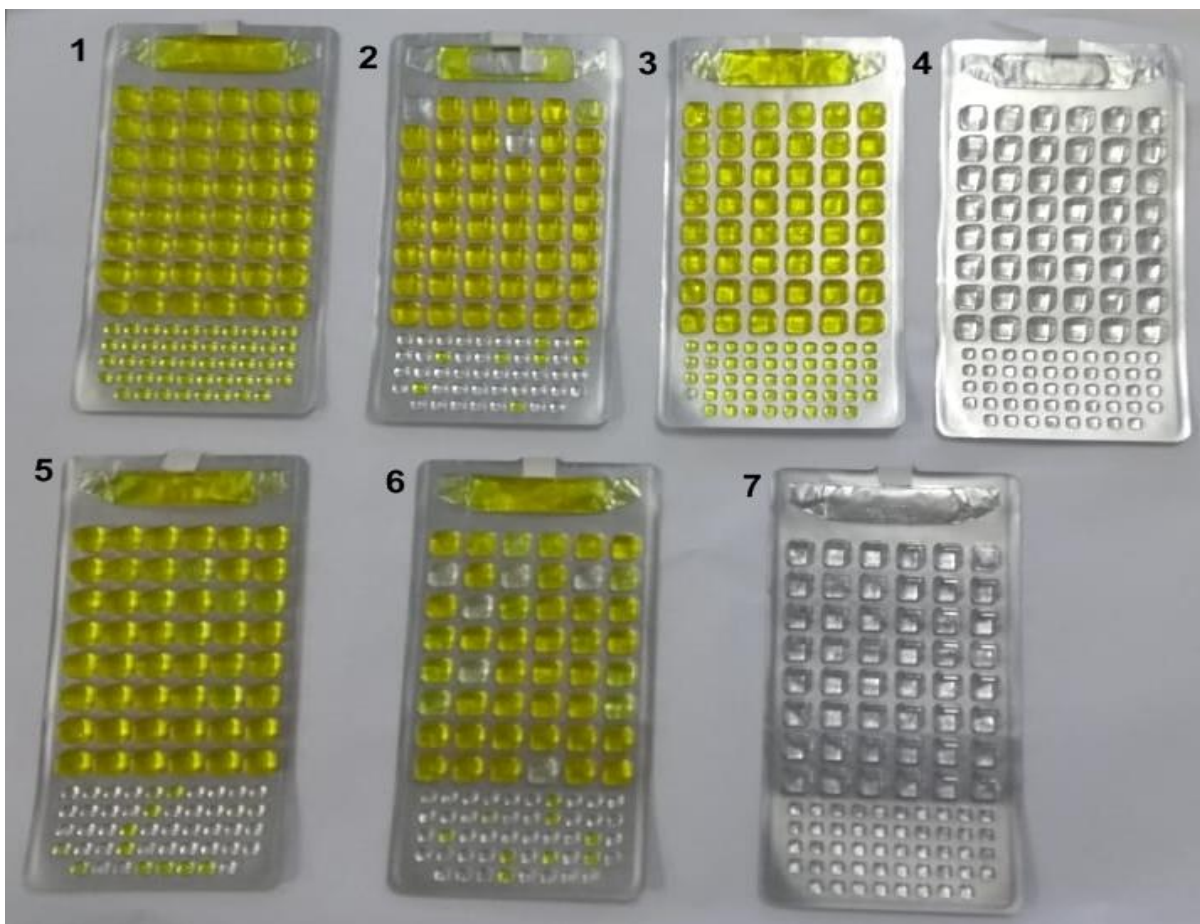


**Tabela 2: Análise de coliformes totais e termotolerantes provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.**

Locais	Amostras	Contagem de coliformes totais (NMP/100 mL)	Contagem de <i>E. coli</i> (NMP)	Resultado
1	AB	>2419,6	686,7	Insatisfatório
1	ATBR	187,2	7,3	Insatisfatório
2	ANTB	214,3	6,3	Insatisfatório
2	ANTT	235,9	44,1	Insatisfatório
3	ATB	<1	<1	Satisfatório
4	ATB	<1	<1	Satisfatório
5	AB	>2419,6	727	Insatisfatório
<b>1-5</b>	<b>Média/DP</b>	<b>782,3±1122,5</b>	<b>210,2±339,81</b>	-
6	ATP	62	<1	Insatisfatório
6	ATAB	90,5	4,1	Insatisfatório
7	ATT	>2419,6	<1	Insatisfatório
8	ANTT	>2419,6	23,8	Insatisfatório
9	ATAB	<1	<1	Satisfatório
10	ATB	<1	<1	Satisfatório
10	ANTT	<1	<1	Satisfatório
<b>6-10</b>	<b>Média/DP</b>	<b>713,1±166,2</b>	<b>3,98±8,86</b>	-
11	ANTT	51,2	<1	Insatisfatório
12	ATT	>2419,6	<1	Insatisfatório
12	ATB	<1	<1	Satisfatório
13	ATB	<1	<1	Satisfatório
14	AB	>2419,6	>2419,6	Insatisfatório
15	ATB	396,8	<1	Insatisfatório
<b>11-15</b>	<b>Média/DP</b>	<b>881,2±1200,8</b>	<b>403,3±987,8</b>	-
16	AB	>2419,6	328,3	Insatisfatório
17	ATT	60,2	<1	Insatisfatório
17	ATB	517,2	<1	Insatisfatório
18	ATT	29,2	<1	Insatisfatório
19	ATBR	>2419,6	36,8	Insatisfatório
20	ATB	10,9	<1	Insatisfatório
21	ANTT	1	1	Insatisfatório
<b>16-21</b>	<b>Média/DP</b>	<b>779,6±1134,7</b>	<b>52,3±122,5</b>	-

**Legenda:** Amostras – os números são referentes aos pontos de coleta: 1-5 Mazagão, 6-10 Porto Grande, 11-15 Fortaleza e 16-21 Anauerapucu, conforme apresentados nas **Figura de 1-5** na seção de materiais e métodos. AB: água bruta; ANTB: água não tratada do bebedouro; ANTT: água não tratada da torneira; ATAB: água tratada de abastecimento; ATB: água tratada do bebedouro; ATBR: água tratada bruta; ATP: água tratada do poço; ATT: água tratada da torneira. DP: Desvio padrão. A numeração que se repete na coluna locais indicam as amostras que foram coletadas no mesmo ponto.

É, também, possível observar na **figura 13** as cartelas das amostras apresentando a quantificação de coliformes totais obtidos no resultado em NMP, conforme o manual (IDEXX, 2019).



**Figura 13: Tabela de NMP IDEXX Quanti-Tray/2000 com as amostras**

1- 1-AB; 2- 1-ATBR; 3- 5-AB; 4- 3-ATB; 5- 2-ANTB; 6- 2-ANTT; 7- 4-ATB.

**Legenda:** Amostras – os números são referentes aos pontos de coleta em Mazagão conforme apresentado na Figura 2 na seção de materiais e métodos. AB: água bruta; ANTB: água não tratada do bebedouro; ANTT: água não tratada da torneira; ATB: água tratada do bebedouro; ATBR: água tratada bruta.

Nas análises físicas e químicas foram realizadas turbidez, pH, temperatura, ferro, dureza cálcio, dureza magnésio, dureza total e amônia. Em relação a turbidez, as amostras apresentaram valores entre 0,10 a 78,90 NTU. Para análise de ferro os valores variaram entre 0,001 mg/L a 0,409 mg/L. Para pH, as amostras apresentaram desde acidez a alcalinidade. Das 27 amostras, 17 são tratadas, sendo que oito dessas amostras tratadas apresentaram pH ácido abaixo do preconizado pela legislação (Quadro 2). Em relação as durezas, os maiores valores de dureza de cálcio foram obtidos nas amostras 15 (ATB), com valor de 1,22 mg/L, e 14 (AB), com valor de 1,10 mg/L. A amostra 3 (ATB) exibiu, conforme as análises, um valor nulo de dureza de cálcio, possuindo o menor valor amostral, porém apresentou um dos maiores valores amostrais para dureza de magnésio (1,09 mg/L) e dureza total (4,54 mg/L). Este resultado foi seguido pelas amostras 12 (ATT) e 19 (ATBR) com dureza de magnésio de 1,02 mg/L e 1,38 mg/L e dureza total de 5,30 mg/L e 6,17 mg/L, respectivamente.

Além disso, vale mencionar que a amostra 6 (ATAB) apresentou a maior dureza de magnésio, igual a 2,00 mg/L. Em relação a temperatura da água, houve variação entre 10°C a 33°C (Tabela 3).

**Tabela 3: Análises físico e químicas da água provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.**

Locais	Amostras	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Ferro (mg/L)	Dureza Cálcio (mg/L)	Dureza Magnésio (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Amônia
1	AB	4,16	7,40	29	0,001	0,36	0,15	1,52	0,05
1	ATBR	0,10	6,16	11	0,0002	0,22	0,08	0,88	0,09
2	ANTB	0,10	5,44	15	0,0002	0,11	0,02	0,35	0,02
2	ANNT	0,10	5,44	28	0,0001	0,21	0,10	0,94	0,08
3	ATB	0,10	7,12	32	0,0001	0	1,09	4,54	0
4	ATB	0,10	-	26	-	-	-	-	0
5	AB	4,16	7,40	29	0,001	0,36	0,15	1,52	0
6	ATP	5,33	7,65	28	0,042	0,21	1,70	1,91	0,05
6	ATAB	5,35	7,85	27	0,013	0,39	2,00	2,39	0,09
7	ATT	0,27	6,83	33	0,001	0,25	0,66	0,91	0,02
8	ANNT	1,38	7,92	31	0,049	0,22	1,30	1,52	0,08
9	ATAB	0,10	5,26	27	0,042	0,25	0,77	1,02	0
10	ATB	0,10	5,90	19	0,086	0,28	0,75	1,03	0
10	ANNT	0,35	5,78	33	0,150	0,44	0,90	1,34	0
11	ANNT	0,10	4,80	33	0,016	0,30	0,51	2,87	0,03
12	ATT	0,10	4,50	30	0,005	0,42	1,02	5,30	0,26
12	ATB	0,10	4,55	17	0,021	0,63	0,52	3,74	0,15
13	ATB	3,90	5,50	10	0,041	0,93	0,08	2,65	0
14	AB	23,4	7,45	31	0,072	1,10	0,12	3,25	0,12
15	ATB	0,10	10,19	17	0,003	1,22	1,91	1,10	0
16	AB	13,50	8,07	29	0,400	0,62	0,10	1,96	0,13
17	ATT	0,20	5,25	28	0,004	0,59	0,39	3,10	0,03
17	ATB	0,30	5,20	17	0,036	0,96	0,35	3,85	0
18	ATT	0,10	5,56	28	0,002	0,77	0,27	3,05	0,04
19	ATBR	78,90	6,82	28	0,400	0,17	1,38	6,17	1,41
20	ATB	0,10	8,35	27	0,008	0,11	0,78	3,52	0
21	ANNT	0,10	8,33	27	0,002	0,08	0,62	2,78	0,17

**Legenda:** Amostras – os números são referentes aos pontos de coleta: 1-5 Mazagão, 6-10 Porto Grande, 11-15 Fortaleza e 16-21 Anauerapucu, conforme apresentados nas **Figura de 1-5** na seção de materiais e métodos. AB: água bruta; ANTB: água não tratada do bebedouro; ANNT: água não tratada da torneira; ATAB: água tratada de abastecimento; ATB: água tratada do bebedouro; ATBR: água tratada bruta; ATP: água tratada do poço; ATT: água tratada da torneira. DP: Desvio padrão.

Por fim, a **Tabela 4** apresenta dados referentes a água tratada, relatando suas origens: poço amazonas ou sistema de abastecimento da Companhia de água e esgoto no Amapá (CAESA) e o tipo de tratamento utilizado. Das 23 amostras (exceto

água de rio), duas possuem tratamento com a CAESA, uma possui poço amazonas sem tratamento químico (ponto 2) e uma possui água bruta diretamente tratada com produto químico (ponto 1).

**Tabela 4: Levantamento amostral da origem e tratamento de águas provenientes de amostras coletadas entre abril e setembro de 2019, em quatro municípios/distritos amapaenses.**

Amostras	Poço amazonas	CAESA	FUNASA	Outros	Tratamento de água
1-ATBR	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro e Sulfato
2-ANTB	X	-	-	-	-
2-ANTT	X	-	-	-	-
3-ATB	-	X	-	-	Não Identificado
4-ATB	-	X	-	-	Não Identificado
6-ATP	X	-	-	-	-
6-ATAB	-	-	X	-	Não Identificado
7-ATT	X	-	-	-	-
8-ANTT	X	-	-	-	Cloro
9-ATAB	-	-	-	-	Não Identificado
10-ATB	X	-	X	-	Cloro
10-ANTT	X	-	-	-	-
11-ANTT	X	-	-	-	-
12-ATT	X	-	-	-	Cloro
12-ATB	X	-	-	-	Cloro
13-ATB	-	X	-	-	Não Identificado
15-ATB	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro
17-ATT	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro
17-ATB	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro
18-ATT	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro
19-ATBR	-	-	-	Água bruta tratada com químicos	Cloro
20-ATB	-	-	X	-	Cloro
21-ANTT	-	-	X	-	-

**Legenda:** Amostras – os números são referentes aos pontos de coleta, conforme apresentados na figura 1 na seção de materiais e métodos. AB: água bruta; ANTB: água não tratada de bebedouro; ANTT: água não tratada de torneira; ATB: água tratada de bebedouro; CAESA: Companhia de água e esgoto no Amapá.

## 5.1 FITOPLÂNCTON

Em relação as análises de fitoplânctons, foram analisadas ao todo sete amostras, sendo dois em cada ponto (água bruta de rio e tratada), com exceção em

Porto Grande em que somente foram coletadas água tratada. Foram identificados ao todo a presença de oito gêneros, sendo dois da classe *Cyanophyceae*, três *Bacillariophyta*, um *Zygnemaphyceae* e dois gêneros pertencentes à classe *Chlorophyceae*.

Quanto a presença de cianobactérias, foi detectado a presença de apenas dois gêneros: *Oscillatoria* e *Leptolyngbya* no município de Mazagão e bairro Fortaleza. (**Tabela 5**). Em relação as cianotoxinas, não foi necessário realizar as análises visto que não houve uma presença expressiva das cianofíceas nas amostras para que venham a liberar cianotoxinas com valores acima do preconizado pela portaria (**Tabela 6**). É possível observar na **figura 14** os fitoplânctons identificados no laboratório LACAL, UNIFAP.

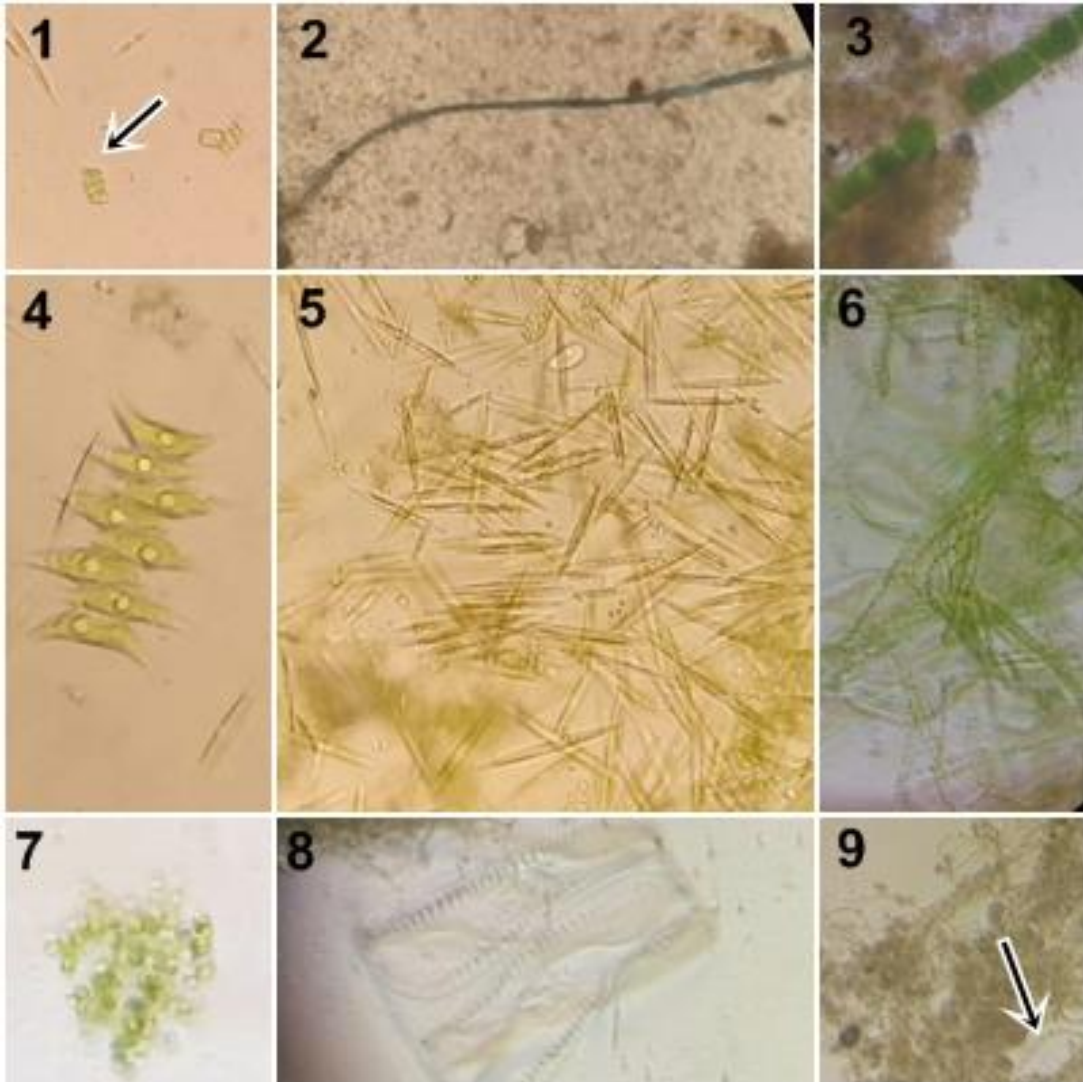
**Tabela 5:** Matriz Binária de Presença/Ausência de Táxons de algas e cianobactérias provenientes de amostras de água bruta e tratada coletadas em quatro localidades amapaneses, entre abril e setembro de 2019.

Divisão	Classe	Gêneros	MZ	FTZ	PG	AN
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Leptolyngbya</i>	0	1	0	0
		<i>Oscillatoria</i>	1	0	0	0
		<i>Nitzschia</i>	1	0	0	1
Bacillariophyceae	Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i>	1	0	0	1
		<i>Surirella</i>	0	1	0	1
Charophyta	Zygnemaphyceae	<i>Mougeotiopsis</i>	0	0	0	1
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Chlorococcum</i>	0	1	0	1
		<i>Scenedesmus</i>	1	1	0	0

**Tabela 6:** Parâmetro de cianotoxinas conforme a Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO XX de 28/09/2017- MS.

Cianotoxinas	Valor de Referência	Resultado
Microcistinas	V.M.P.: 1,0 µg/L	Não detectado
Saxitoxinas	V.M.P.: 3,0 equivalente STX/L	Não detectado

V.M.P.: Valor Máximo Permitido. Não foi detectado a presença de cianotoxinas no ambiente.



**Figura 14: Identificação de gêneros de fitoplânctons: Algas e cianofíceas.**  
 1) *Scenedesmus*; 2) *Oscillatoria*; 3) *Mougeotiopsis*; 4) *Scenedesmus*; 5) *Nitzschia*; 6) *Aulacoseira*; 7) *Chlorococcum*; 8) *Surirella*; 9) *Leptolyngbya*.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 COLIFORMES TOTAIS E *E. coli*

No presente trabalho foi apresentado o padrão de água de pontos amostrais do município de Mazagão, Porto Grande (Vila Nova e Cupixi), Santana (Anauerapucu e Fortaleza) no estado do Amapá. Nele, foi possível averiguar que a cada seis amostras de água dos estabelecimentos, apenas duas apresentavam água própria para o consumo. Em relação aos rios, todos eles apresentaram o índice de coliformes  $> 2419,6$ . Dessa forma foi possível constatar que na maioria dos ambientes a água foi imprópria para o consumo, conforme descrito pelo CONAMA (BRASIL, 2005). Para o padrão microbiológico, o CONAMA define, para água doce, que não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (BRASIL, 2005). Diante disso, das vinte e sete amostras, apenas sete delas apresentaram resultados satisfatórios conforme o CONAMA (BRASIL, 2005; OLIVEIRA et al., 2019), enquanto 74,07% das amostras, apresentaram indicadores de contaminação total e fecal (*E. coli*) (**Tabela 2**).

Dos sete pontos que estavam dentro dos parâmetros microbiológicos preconizados pelos documentos de referência, três deles possuem tratamento de água e esgoto fornecidos pela CAESA, enquanto os outros quatro possuem poço amazonas com tratamento adequado com cloro. Porém, nem todos os pontos que possuem poços artesianos possuíam um tratamento ou realizavam um tratamento adequado. Das doze amostras que contém poços artesianos, oito delas estavam com coliformes variando entre  $>1$  e  $>2419,6$  e *E. coli*  $>1$  e 44,1.

De acordo com Progênio et al. (2016), poços escavados são mais suscetíveis a contaminação por serem cavados no solo e não apresentarem nenhuma proteção contra contaminações externas. Além disso, conforme preconizado pela legislação a distância mínima da fossa em relação ao poço é de 15 metros, a qual não foi obedecida em algumas localidades (RAMOS, 2014).

Nas localidades ribeirinhas estudadas, como nas instituições de ensino de Mazagão e Anauerapucu, a água para o consumo é captada do rio e tratada em duas etapas: decantação por adição de sulfato de alumínio seguida de cloração e

bombeamento para a caixa de distribuição. Estas amostras também apresentaram contaminação de coliformes e *E. coli*, demonstrando que a população não está realizando um tratamento adequado. É possível que a quantidade de cloro aplicada seja insuficiente, já que na maior parte das localidades que obtiveram o valor de *E. coli* inferiores a um, não alcançaram o mesmo para os demais grupos de coliformes totais, tais como *Citrobacter* spp., *Krebstella* spp. e *Enterobacter* spp., assim como outros micro-organismos indicadores de contaminação fecal que promovem DVHs (**quadro 1**).

Na pesquisa de Brito (2013) sobre a qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais de várzea do município de Mazagão, dentre os quatro pontos coletados e analisados, três deles continham coliformes totais e *E. coli*, sendo o último ponto ausente de contaminação (justamente o menos chuvoso). Cunha et al. (2005), em sua pesquisa sobre análise de água microbiológica no município Mazagão, constatou que durante os períodos chuvosos, a concentração de coliformes fecais foi considerada mais alta se comparado ao período de estiagem. Esta é uma suposta hipótese a ser considerada, pois as coletas de Mazagão em área ribeirinha foram realizadas durante o período de chuva e a maioria das amostras apresentaram índice de coliformes fecais altos. Porém, o principal fator do elevado índice de coliformes totais e fecais vem a ser atribuído pela contaminação por esgoto doméstico e falta de tratamento de água, já que as amostras de Fortaleza e Anauerapucu coletadas em período menos chuvoso e próximas a rios também constaram a presença de contaminação.

Essas altas concentrações de coliformes fecais e *E. coli* podem ser utilizados como indicadores hidrossanitários. As análises de água bruta mostram riscos sanitários no rio furo do Mazagão, rio Vila Nova de Anauerapucu e rio Igarapé da Fortaleza, supostamente causados por resíduos de esgotos sanitários sem tratamento ou dejetos domésticos, podendo gerar riscos à saúde, como doenças gastrointestinais (gastroenterite e enteroparasitoses) principalmente de povos ribeirinhos (KEMERICH, 2008).



## 6.2 INDICADORES DE CIANOTOXINAS

Em relação aos indicadores de cianotoxinas, o parâmetro adotado pela portaria são para Microcistinas e Saxitoxinas sendo estabelecido o valor máximo permitido respectivamente de  $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $3,0 \mu\text{g}$  equivalente STX.L<sup>-1</sup> (**Tabela 6**). Além disso, a portaria também relata a importância da frequência de monitoramento de cianobactérias quando a frequência de células/mL for  $\leq 10.000$ , monitoramento mensal e  $>10.000$  monitoramento semanal. Entretanto, conforme as análises quantitativas e qualitativas de algas e cianofíceas, não foi detectado a presença de Microcistinas e Saxitoxinas, mas apenas dois gêneros de cianofíceas, *Aulacoseira* spp. e *Leptolyngbya* spp. (**Tabela 5 e figura 14**). Logo, as amostras de água bruta, apresentam resultados satisfatórios para cianotoxinas.

Um estudo de Oliveira et al. (2019) sobre morfologia e caracterização molecular de cianobactérias e cianotoxinas no Rio Amazonas realizadas no estado do Amapá, também mostrou como resultado ausência de cianotoxinas. O estudo detectou a presença de 14 cianobactérias em três distintas ordens: Synechococcales, Oscillatoriales e Nostocales, através do sequenciamento do gene 16S rRNA, análise filogenética e potencial para produção de toxinas. Porém, a nível molecular, foi verificado que as cianofíceas não detinham o gene para cianotoxinas.

## 6.3 ANÁLISE FÍSICO E QUÍMICA

Quanto as análises físicas e químicas: ferro, dureza total, pH, amônia e turbidez. Todas as amostras para dureza total e amônia apresentaram-se dentro dos valores preconizados pela Portaria (**Quadro 2**), embora em relação a dureza total os resultados se diferiram entre as amostras (**Tabela 3**). Já para Turbidez, duas amostras de abastecimento de Porto Grande (23,4 NTU e 13,5 NTU) e uma de Anauerapucu (78,9 NTU) obtiveram valores acima do preconizado pela Portaria (5 mg/L) (BRASIL, 2017).

A turbidez é um parâmetro de qualidade de água de referência em todos os ambientes, desde a instalação municipal de água potável até o monitoramento ambiental. Assim, um alto índice de turbidez pode comprometer a potabilidade e o tratamento de água, pois a matéria suspensa (solos, algas, etc) na água reduz a

efetividade de desinfetantes químicos e podem agir como portadores de bactérias e parasitas. Já em rios funciona como um indicador de poluição, podendo atrapalhar a vida aquática que reside no fundo da água, o que exigiria a dragagem para remediar (HANNA INSTRUMENTS, 2017).

Em relação ao pH, das 27 amostras estudadas, 12 apresentaram pH ácido, bem como, das 17 amostras com água tratada, oito apresentaram pH ácido, em ambos os casos os valores de pH foram menores que seis, resultados estes insatisfatórios em relação ao valor preconizado pela portaria (VMP: 6 a 9,5) (**Quadro 2**) (BRASIL, 2017). O pH é de importância na determinação da corrosividade da água, mas a relação com vários outros parâmetros é complexa. De maneira geral, quanto menor o pH, maior o nível potencial de corrosão (ONU, 2017). Um pH ideal para consumo é importante, assim como um pH ácido poderá ser prejudicial à saúde. Produtos ácidos podem causar alterações locais (afetando, por exemplo, dentes e estômago), se consumidos em excesso. Quando o pH do corpo não está alcalino, não é possível absorver as vitaminas, minerais e suplementos alimentares de maneira eficiente (NETO, 2016). Além disso, estudos recentes demonstraram que a variação no pH da água para consumo pode afetar a composição da microbiota, bem como a regulação da glicose no estômago, fatos estes que em conjunto podem facilitar a ocorrência de uma infecção (HANSEN et al., 2018).

Quanto ao índice de ferro, seus valores foram altos principalmente nos pontos de água não tratada de torneira (ponto 8) e de abastecimento (ponto 9) em Porto Grande, e de água bruta (ponto 16) e tratada bruta (ponto 19) em Anauerapucu. Em Porto Grande, especificamente em Vila Nova, a tubulação do sistema alternativo de abastecimento era de metal e apresentava vários pontos de oxidação, e extrema corrosão com pontos de vazamentos. Não foi possível correlacionar a composição da tubulação com a presença de níveis de ferro acima dos tolerados. Já em Anauerapucu, a quantidade de ferro é derivada da água bruta de rio e da água de rio tratada pelos moradores, sendo seu valor 0,4 g/L. Segundo a CONAMA o valor máximo preconizado de ferro é de 0,3 mg/L (BRASIL, 2005).

O ferro não é considerado tóxico, porém, seus componentes podem alterar a cor, o sabor da água e gerar manchas em roupas e utensílios sanitários, trazendo problemas na qualidade da água e abastecimento público (LUZ-NETTO; DANELON; RODRIGUES, 2011). Além disso, segundo Oliveira e Cunha (2014), o teor de ferro

pode aumentar em períodos de chuva, graças ao arrastamento de solos rico em óxido de ferro ou pelo processo de erosão nas superfícies das margens do solo.

#### **6.4 ÁGUA COMO QUESTÃO SOCIAL**

Com base na pesquisa realizada, é possível observar as condições precárias hidrossanitárias detectadas nos municípios de Mazagão, Porto Grande e Santana, principalmente nos pontos distantes da zona urbana.

Dentre as observações feitas, atenta-se principalmente para as questões sociais presenciadas em instituições de ensino em área rural de garimpo, como em Porto Grande, Vila Nova e comunidades ribeirinhas, como em Mazagão e Anauerapucu, nos quais houveram maiores índices de contaminação de água. A água de escolas de Anauerapucu e Mazagão, por exemplo, é captada pela água do rio Amazonas, sendo realizado um tratamento químico com cloro e sulfato é ineficaz por ser realizado por pessoas não capacitadas. Sabe-se que há manuais vigentes, disponibilizados gratuitamente pela Funasa, que regularizam tal tratamento, como Brasil (2014) e (2015), os quais não foram utilizados pela população.

No município de Mazagão, as coletas foram realizadas em período chuvoso, logo, a escola localizada em área ribeirinha, dias anteriores a coleta, teve elevação do o nível de água no rio o que levou ao enchimento da fossa com posterior transbordamento e escoamento desse para o manancial de abastecimento. Além disso, não há coleta de resíduos sólidos na comunidade e esses são destruídos pela queima ao ar livre sobre a laje superior da fossa. Esse é um cenário preocupante, pois permite a proliferação de DVHs à população local e ao meio. Não obstante, os riscos de saúde apresentados as crianças que estudam na localidade são ainda mais altos, podendo dificultar no processo de aprendizado. Também não há a existência de um posto de saúde próximo, o hospital mais próximo localiza-se no centro da cidade. Já outra instituição de ensino da mesma cidade (ponto 2) apresentou água de poço amazonas, mas sem nenhum tratamento químico. A fossa séptica estava a menos de cinco metros de distância do poço. Além disso, o bebedouro encontrava-se em frente ao banheiro. Todos estes fatos culminam numa maior exposição as DVHs, o que leva a debilidade da população local (BRASIL, 2013).

No distrito de Anauerapucu, a comunidade já estava inconformada com a situação da água. A própria população fazia a distribuição e tratamento químico de água bruta. Foi observada, próximo à área de captação, a presença de óleo na superfície da água do rio no entorno das embarcações com forte odor de combustível. A própria população tinha consciência que a água estava imprópria para consumo, por isso, era apenas utilizada para limpeza e balneabilidade.

O decreto Nº 7.217, de 21 de junho de 2010 que regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. No 23º artigo do decreto em questão, determina-se que é de responsabilidade do município atividades como: elaborar os planos de saneamento básico; prestar diretamente os serviços ou autorizar a sua delegação; definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, bem como os procedimentos de sua atuação; adotar parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública; fixar os direitos e os deveres dos usuários; estabelecer mecanismos de participação e controle social; estabelecer sistema de informações sobre os serviços; articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SINISA (BRASIL, 2010). Verificou-se que, tais ações são precárias nos municípios estudados, demonstrando a necessidade de maior investimentos por parte das autoridades públicas em relação ao saneamento básico ofertado.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta as características das águas bruta e tratada de quatro localidades do estado do Amapá. Os padrões apresentados são semelhantes a outros estudos realizados na região e reforçam a necessidade de um monitoramento mais eficiente em relação a qualidade da água para consumo. Os resultados comprovam a existência de coliformes totais e termotolerantes acima do preconizado pelas autoridades, indicando a possível influência negativa na saúde de seus consumidores. Presenciou-se a deficiência de assistência dos órgãos competentes nas questões sociais presentes em torno do saneamento básico e água tratada, principalmente em instituições de ensino. Cabe ao poder público tomar medidas remediativas de grande urgência, pois a saúde de crianças e jovens dessas instituições de ensino encontra-se em risco.

Além disso, os dados obtidos neste estudo demonstram a importância da pesquisa em águas consumidas por populações expostas ao risco de contaminação, fornecendo informações essenciais para o desenvolvimento, planejamento e implantação de medidas de prevenção, para evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica na população, reforçam ainda a necessidade de estudos adicionais da qualidade das águas amapaenses.

## 8 REFERÊNCIAS

ALMUHTARAM, H. et al. Cyanotoxins and Cyanobacteria Cell Accumulations in Drinking Water Treatment Plants with a Low Risk of Bloom Formation at the Source. **Toxins**, v. 10, n. 11, p. 430, out. 2018.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed.: American Public Health Association, 2012.

BARRETO, M. L. et al. Effect of city-wide sanitation programme on reduction in rate of childhood diarrhoea in northeast Brazil: assessment by two cohort studies. **The Lancet**, v. 370, n. 9599, p. 1622–1628, nov. 2007.

BARROS, C. **Ciências e meio ambiente**. São Paulo: Ática, 2006.

BELTRAME, T. et al. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 351–362, mar. 2016.

BICUDO, C. E. DE M.; MENEZES, M. **Generos de Algas de Aguas Continentais do Brasil**. São Carlos-SP: Rima, 2006.

BORTOLI, S.; PINTO, E. Capítulo 21: Cianotoxinas: Características gerais, histórico, legislação e métodos de análises. In: POMPÊO, M. et al. (Org.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências, 2015.

BRANDT, C. R. et al. Caracterização físico-química da água potável de diferentes prédios do centro universitário UNIVATES. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, dez. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: MMA, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: MS, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, jun. 2010.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado**. Brasília: FUNASA, 36 f. 2014.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. Brasília: FUNASA, 648 f. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 05 de 2017**. Brasília: MS, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sisagua**, 2019. Disponível em: <<http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRITO, P. N. DE F. **Qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais de várzea do baixo rio Amazonas**. 2013. Universidade Federal do Amapá, 50 f. 2013.

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, mar. 2017.

CAIRNCROSS, S. et al. Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. **International Journal of Epidemiology**, v. 39, n. suppl\_1, p. i193–i205, abr. 2010.

CAMPOS, A.; VASCONCELOS, V. Molecular mechanisms of microcystin toxicity in animal cells. **International journal of molecular sciences**, v. 11, n. 1, p. 268–87, jan. 2010.

CHIU, Y.-T. et al. A qPCR-Based Tool to Diagnose the Presence of Harmful Cyanobacteria and Cyanotoxins in Drinking Water Sources. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 5, p. 547, maio 2017.

COPASA. **Água não tratada é porta aberta para várias doenças**. Disponível em: <[http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA\\_Doenças.pdf](http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doenças.pdf)>. Acesso em: 1 jun. 2019.

COVERT, T. C. et al. Evaluation of the Autoanalysis Colilert test for detection and enumeration of total coliforms. **Applied and environmental microbiology**, v. 55, n. 10, p. 2443–7, out. 1989.

CUNHA, A. C. DA et al. Monitoramento de águas superficiais em rios estuarinos do Estado do Amapá sob poluição microbiológica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 1, n. 1, p. 191–199, 2005.

ESREY, S. A. et al. Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 69, n. 5, p. 609–21, 1991.

FEWTRELL, L. et al. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: A systematic review and meta-analysis. **Lancet Infectious Diseases**, v. 5, n. 1, p. 42–52, jan. 2005

FEWTRELL, L.; BARTRAM, J.; SNOZZI, M. **Water quality: guidelines, standards, and health: assessment of risk and risk management for water-related infectious disease**. World Health Organization, 424f., 2001.

GARCIA, A. et al. Degradation of cyanotoxins (microcystin) in drinking water using photoelectrooxidation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2 suppl, p. 45–49, maio 2015.

GEMAQUE, J. C. **Conhecimentos tradicionais, sociabilidade e identidade em uma comunidade ribeirinha no Amapá**. 2015. Alagoas: UFAL-Universidade Federal de Alagoas, p. 1–11, 2015.

GIATTI, L. L. Reflexões sobre água de abastecimento e saúde pública: um estudo de caso na Amazônia brasileira. **Saúde e Sociedade**, v. 16, n. 1, p. 134–144, abr. 2007.

GOMES, R. K. S.; SILVA, M. C. L.; MEDEIROS, M. M. A sustentabilidade da educação socioambiental no Assentamento do Anauerapucu, Amazônia

Amapaense. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 32, n. 1, p. 320–343, 2015.

GUZMÁN, B. L.; NAVA, G.; DÍAZ, P. Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. **Biomédica**, v. 35, n. 0, p. 177–190, maio 2015.

HANNA INSTRUMENTS. **HANNA® instruments produtos**. 2019. Disponível em: <<https://hannainst.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

HANSEN, T.H. et al. The effect of drinking water pH on the human gut microbiota and glucose regulation: results of a randomized controlled cross-over intervention. **Science Reports**, v. 8, p. 16626, 2018.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131–158, 2008.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 out. 2019.

IDEXX. **IDEXX Brasil**. Disponível em: <<https://www.idexx.com.br/pt-br/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

JAWETZ, E.; MELNICK, J.; ADELBERG, E. **Microbiologia Médica**. 21<sup>a</sup> ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

KELLY, R.; GOMES, S.; BENEDITO, F. Análise socioambiental na comunidade Anauerapucu no litoral. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–3, 2013.

KEMERICH, P. D. C. **Água subterrânea e a saúde da comunidade em bairro de Santa Maria - RS**. 2008. Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

KORENAGA, J.; PLANAVSKY, N. J.; EVANS, D. A. D. Global water cycle and the coevolution of the Earth's interior and surface environment. **Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences**, v. 375, n. 2094, maio 2017.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C.; PINO, J. C. Análises de água: um estudo sobre os métodos e parâmetros que garantem a potabilidade dessa substância fundamental para a vida. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 6, n. 4, 29 dez. 2014.

LECLERC, H. et al. Advances in the Bacteriology of the Coliform Group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. **Annual Review of Microbiology**, 55(1), 201–234, 2001.

LUZ-NETTO, F. M.; DANELON, J. R. B.; RODRIGUES, S. C. Revista geográfica acadêmica. **Revista geográfica acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 66, 2011.

MAAL-BARED, R.; BARTLETT, K. H.; BOWIE, W. R. Dealing with waterborne disease in Canada: challenges in the delivery of safe drinking water. **Reviews on environmental health**, v. 23, n. 2, p. 119–33, 2008.

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

MELO, G. Z. S.; COSTA C. A.; SANTOS, I. G. C. Diversidade molecular de rotavírus do grupo A na cidade de Manaus, Estado do Amazonas, Brasil, 2004 a 2006. **Epidemiologia e Serviços Saúde**, v. 22, n. 2, 265–272, jun. 2013.



MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370–374, jun. 2002.

OLIVEIRA, A. et al. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1, abr. 2019.

OIC. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO. **Freshwater Ecosystems**. Disponível em: <<https://www.conservation.org/what/Pages/fresh-water.aspx>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **25 years: Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment**. New York: UNICEF and World Health Organisation, 2015. Disponível em: <[https://www.unicef.org/publications/index\\_82419.html](https://www.unicef.org/publications/index_82419.html)>. Acesso em: 1 jun. 2019.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **The United Nations world water development report 2016: water and jobs, 2016**. Disponível em: <<http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2016/>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Drinking Water Parameter Cooperation Project: Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive), 2017**. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/WHO\\_parameter\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/WHO_parameter_report.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2019.

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, fev. 2018.

PANTELIĆ, D. et al. Cyanotoxins: Characteristics, production and degradation routes in drinking water treatment with reference to the situation in Serbia. **Chemosphere**, v. 91, n. 4, p. 421–441, abr. 2013.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. [S.l.]: Embrapa Florestas- Documentos (INFOTECA-E), 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/921050/manual-de-procedimentos-de-amostragem-e-analise-fisico-quimica-de-agua>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. Ammonia in Fish Breeding Systems and Its Effects on the Water Quality – a Review. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 81–88, 2005.

PROGÊNIO, M. F. et al. Análise da disposição de fossas em relação aos poços domiciliares. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, 2016.

QUEIROZ, J. A. L.; MOCHIUTTI, S.; MACHADO, S. A. **Características silviculturais e potencial de uso da espécie arbórea *Licania macrophylla* Benth (anoerá/anauerá)**. Embrapa Amapá. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 74, nº 07631. Macapá: [s.n.], 2005.

RAMOS, L. L. C. **Diagnóstico e avaliação de coleta e disposição de lodo de fossa e de tanque séptico em Cuiabá - MT**. 2014. 98 f. Universidade Federal de Mato Grosso, 2014. Acesso em: 10 jun. 2019.

SANGEL DE OLIVEIRA, B. S.; CUNHA, A. C. DA. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 9, n. 2, p. 261–275, 26 jun. 2014.

SAXENA, G. et al. Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. **Journal of Water and Health**, v. 13, n. 2, p. 319–339, jun. 2015.

SILVA, A. E. P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733–742, dez. 2008.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Varela, 2005.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2ª ed. ed. São Paulo: Varela, 2001.

SIPAUBA-TAVARES, L. H.; CORAL IBARRA, L. C.; FIORESI, T. B. Boletim do Instituto de Pesca. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 1, p. 111–118, 1 jan. 2009.

SIQUEIRA, R. **Manual de Microbiologia de Alimentos**. Brasília: EMBRAPA, 1995.

SPIER, C. A.; FERREIRA FILHO, C. F. Geologia, Estratigrafia E Depósitos Minerais Do Projeto Vila Nova, Escudo Das Guianas, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 173–178, 1999.

TCHOBANOGLOUS, G. et al. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. Boston: McGraw-Hill, 2003.

TEDPLAN. **Termo de Execução Descentralizada UNIFAP / FUNASA**. Disponível em: <<http://saneamento.unifap.br/>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

TORTORA, G.; FUNKE, B.; CASE, C. **Microbiologia**. 8ª ed. ed. Porto alegre: ARTMED, 2005.

UHLENBROOK, S. **WWAP Presentation: Launch of the UN World Water Development Report 2016**. n. March, p. 139, 2016.

## 9 ANEXOS

### 9.1 ANEXO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
LABORATÓRIO ESPECIAL DE MICROBIOLOGIA APLICADA-LEMA



#### FORMULÁRIO DE COLETA DE ÁGUA

##### A- INFORMAÇÕES GERAIS

01- Local da coleta (Especificar o local exato da coleta)	
02- Data da coleta: ____/____/____	03- Hora da Coleta:
04- Endereço	
05- Nome do estabelecimento onde foi realizada a coleta	
06- Proprietário	
07- Município	
08- Requerente	
09- Data da entrada no Lema: ____/____/____	10- Hora da entrada no Lema:

##### B- OBSERVAÇÕES PARA COLETA DE ÁGUA

11- Temperatura Ambiente (°C)
12- Temperatura da água (°C)
13- Distância entre poço e fossa (m)
14- Origem da água: ( ) Poço tubular ( ) Poço Amazonas ( ) CAESA ( ) Outros _____
15- Existe tratamento ( ) Sim ( ) Não Qual?
16- Se químico, qual produto utilizado?
17- Chuva no dia da coleta: ( ) Sim ( ) Não
18- Chuva no dia anterior à coleta: ( ) Sim ( ) Não
19- Tipo de torneira: ( ) Plástico ( ) Metal
20- Poço Amazonas: ( ) Com tampa ( ) Sem tampa

Observações: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

21- _____ <b>LOCAL E DATA</b>	_____ <b>HORA</b>
ASSINATURA E CARIMBO AUTORIDADE SANITÁRIA	ASSINATURA DO DEPOSITANTE
22- 1.NOME: _____	RG.: _____
2.NOME: _____	RG.: _____

## 9.2 ANEXO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAPÁ - UNIFAP



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Capacitação técnica e elaboração da minuta dos Planos Municipais de Saneamento Básico de 06 municípios no estado do Amapá, conforme Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico da Funasa/2012 e Plano de Trabalho Anexo

**Pesquisador:** ALAN CAVALCANTI DA CUNHA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 10773019.2.0000.0003

**Instituição Proponente:** Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

**Patrocinador Principal:** FUNDACAO NACIONAL DE SAUDE - FUNASA

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 3.409.310

**Apresentação do Projeto:**

Conforme o parecer anterior

**Objetivo da Pesquisa:**

Conforme o parecer anterior

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Conforme o parecer anterior

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante e exequível

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Termos de acordo com a resolução 466/2012 e 510/2016

**Recomendações:**

Sem recomendações

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Endereço:** Rodovia Juscelino Kubistcheck de Oliveira - Km.02

**Bairro:** Bairro Universidade **CEP:** 68.902-280

**UF:** AP **Município:** MACAPA

**Telefone:** (96)4009-2805 **Fax:** (96)4009-2804 **E-mail:** cep@unifap.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAPÁ - UNIFAP**



Continuação do Parecer: 3.409.310

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1287492.pdf	18/06/2019 23:25:35		Aceito
Outros	ESCLARECIMENTO_PARECER.pdf	18/06/2019 23:24:40	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TEDPLAN.pdf	06/03/2019 14:09:27	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_PlataformaBrasil.PDF	06/03/2019 12:44:28	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Outros	QUESTIONARIOS_PLANO_TRABALHO_PMSB_UNIFAP.pdf	06/03/2019 12:39:48	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_ATUALIZADO.pdf	27/02/2019 11:26:15	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	RECURSO.pdf	27/02/2019 11:11:02	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Declaração do Patrocinador	DECLARACAO_FUNASA.pdf	27/02/2019 11:07:42	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_PESQ.pdf	27/02/2019 11:00:59	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	UNIFAP.pdf	27/02/2019 10:58:33	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TED_06_2018_FUNASA_UNIFAP.pdf	27/02/2019 10:44:55	ALAN CAVALCANTI DA CUNHA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MACAPA, 24 de Junho de 2019

Assinado por:  
**RAPHAELLE SOUSA BORGES**  
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia Juscelino Kubistcheck de Oliveira - Km.02  
Bairro: Bairro Universidade CEP: 68.902-280  
UF: AP Município: MACAPA  
Telefone: (96)4009-2805 Fax: (96)4009-2804 E-mail: cep@unifap.br