



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FLAVIANO HENRIQUE DE SOUSA MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ALDEIA MONTE  
MOR E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA A  
REGIÃO**

João Pessoa – PB

2025

FLAVIANO HENRIQUE DE SOUSA MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ALDEIA MONTE  
MOR E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA A  
REGIÃO**

Trabalho Final de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento aos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Vivian Stumpf  
Madeira

João Pessoa – PB

2025

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

M488a Medeiros, Flaviano Henrique de Sousa.

Avaliação do sistema de abastecimento de água da aldeia monte mor e proposição de solução de segurança hídrica para a região / Flaviano Henrique de Sousa Medeiros. - João Pessoa, 2025.

70 f. : il.

Orientação: Vivian Stumpf Madeira.  
TCC (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. Qualidade da água. 2. Água Potável. 3. Comunidades Indígenas. 4. Saneamento básico. I. Madeira, Vivian Stumpf. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 66.01(043.2)

FLAVIANO HENRIQUE DE SOUSA MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ALDEIA MONTE  
MOR E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA A  
REGIÃO**

Trabalho Final de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal da  
Paraíba, em cumprimento aos requisitos  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Aprovado em 18 de setembro de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **VIVIAN STUMPF MADEIRA**  
Data: 23/09/2025 07:24:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vivian Stumpf Madeira

Orientadora(a)

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA EDUARDA DE LIMA OLIVEIRA**  
Data: 22/09/2025 10:57:47-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Msc. Maria Eduarda de Lima Oliveira

Examinador(a)

Documento assinado digitalmente  
 **INGRID LELIS RICARTE CAVALCANTI**  
Data: 23/09/2025 09:27:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Msc. Ingrid Lelis Ricarte Cavalcanti

Examinador(a)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora pelo dom da vida e pela graça de chegar até aqui, sustentado pela fé e pela esperança em todos os momentos dessa caminhada.

À minha família, expresso minha mais profunda gratidão. Em especial, à minha mãe e à minha avó, que me apoiaram de coração aberto, tanto emocional quanto financeiramente, sendo pilares fundamentais nessa trajetória. Aos meus tios e tias, pelo amparo constante nos momentos de necessidade, e aos meus primos e irmãos, que sempre me ofereceram carinho e atenção nos dias em que mais precisei.

Deixo também meu sincero agradecimento a Felipe Junio e Úrsula Felizardo, que me acolheram com generosidade no LACQUA e, com paciência e dedicação, compartilharam comigo tantos conhecimentos e processos do laboratório. A Paulo Germano e Ana Alice, que se tornaram verdadeiros irmãos ao longo desses cinco anos: parceiros de disciplinas, apresentações, artigos e, sobretudo, de apoio incondicional, construindo comigo uma história que levarei para a vida inteira.

À minha orientadora, professora Vivian Stumpf, devo especial reconhecimento e gratidão pela confiança, pelo incentivo e pela oportunidade de desenvolver um trabalho tão atual e significativo. Mais do que aprendizado técnico, esse trabalho contribuiu de forma profunda para minha formação pessoal e acadêmica. Estendo meus agradecimentos também a Thiago, pelo auxílio constante nas dúvidas do laboratório e pelas conversas que tornaram o ambiente de pesquisa mais leve e acolhedor.

Por fim, mas com igual importância, agradeço aos amigos que estiveram ao meu lado e tornaram essa caminhada menos árdua: Lais, Angélica, Alice, Anna Dhara, Bel, Jéssica, Amy, Madu, João Pedro, Giulia, Roana, Henry, Ana Rita, Rogério, Igor, Sandro, Armando, Beatriz, Esther, Iasmin, Ana Carolina, Ana Paula, Victória entre tantos outros. Obrigado por cada conselho, cada palavra de apoio, cada momento de descontração e pelas amizades que foram refúgio e força ao longo dessa jornada.

## RESUMO

O acesso à água potável ainda constitui um dos principais desafios enfrentados por comunidades indígenas no Brasil, refletindo desigualdades históricas e fragilidades no saneamento básico. Na Aldeia Monte Mor, localizada no litoral norte da Paraíba, a dependência direta do Riacho Catolé como fonte de abastecimento hídrico evidencia uma realidade marcada por riscos ambientais e sanitários. Nesse cenário, este estudo buscou analisar a qualidade da água consumida pela comunidade, considerando tanto os parâmetros físico-químicos quanto os microbiológicos, em confronto com os padrões legais de potabilidade e de enquadramento do corpo hídrico. As análises realizadas em diferentes pontos do sistema de abastecimento de água revelaram situações de conformidade parcial, mas também a presença de parâmetros em desacordo com a legislação vigente, como a detecção de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli*, além de valores de pH, cor aparente e ferro que ultrapassaram os valores máximos permitidos. A aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e da matriz de avaliação e priorização de riscos evidenciou fragilidades estruturais e operacionais, indicando vulnerabilidades que comprometem a segurança hídrica e expõem a população a potenciais agravos à saúde. Os resultados obtidos reafirmam a urgência na implementação das medidas de controle inseridas na Matriz de risco. Dentre essas medidas, destacam-se: a implementação de um sistema de desinfecção, a manutenção de um teor mínimo de 0,20 mg/L de cloro residual livre na água (em toda rede de distribuição, reservatórios e pontos de consumo), um sistema de filtração para a água captada a partir de manancial superficial, que garanta uma turbidez máxima de 0,5 uT na saída do tratamento, e o monitoramento contínuo da qualidade da água distribuída. Mais do que diagnosticar inconformidades, este trabalho oferece subsídios técnicos e científicos que podem orientar ações públicas e comunitárias, contribuindo para a efetivação do direito humano à água potável e para a redução das desigualdades socioambientais que incidem sobre povos indígenas.

Palavras-chave: Qualidade da água; Água potável; Comunidades indígenas; Saneamento básico.

## ABSTRACT

Access to safe drinking water remains one of the main challenges faced by Indigenous communities in Brazil, reflecting historical inequalities and weaknesses in basic sanitation. In Aldeia Monte Mor, located on the northern coast of Paraíba, the direct dependence on the Catolé Stream as a water supply source highlights a reality marked by environmental and sanitary risks. In this context, this study aimed to analyze the quality of the water consumed by the community, considering both physicochemical and microbiological parameters, in comparison with legal standards of potability and waterbody classification. Analyses carried out at different points of the water supply system revealed partial compliance, but also the presence of parameters in disagreement with current legislation, such as the detection of total coliforms and *Escherichia coli*, in addition to pH, apparent color, and iron values that exceeded the maximum limits allowed. The application of the Water Quality Index (WQI) and the risk assessment and prioritization matrix evidenced structural and operational weaknesses, indicating vulnerabilities that compromise water security and expose the population to potential health risks. The results reinforce the urgency of implementing control measures included in the risk matrix. Among these, the following stand out: the implementation of a disinfection system, maintaining a minimum concentration of 0.20 mg/L of free residual chlorine in the water (throughout the distribution network, reservoirs, and consumption points), a filtration system for surface water sources ensuring a maximum turbidity of 0.5 NTU at the treatment outlet, and continuous monitoring of distributed water quality. More than diagnosing nonconformities, this study provides technical and scientific evidence to support public and community actions, contributing to the realization of the human right to safe drinking water and to the reduction of socio-environmental inequalities affecting Indigenous peoples.

Keywords: Water quality; Drinking water; Indigenous communities; Basic sanitation.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>2.1 Objetivos Gerais</b> .....	11
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	11
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>3.1 Recursos Hídricos Superficiais e Riscos à Qualidade da Água</b> .....	12
3.1.1. Índice de Qualidade da água .....	13
<b>3.2 Potabilidade da Água e ODS 6</b> .....	15
<b>3.3 Legislação e Padrões de Potabilidade no Brasil</b> .....	16
<b>3.4 Parâmetros de Qualidade da Água Para Consumo Humano</b> .....	17
<b>3.5 Doenças de Veiculação Hídrica</b> .....	20
<b>3.6 Sistemas de Abastecimento de Água</b> .....	22
<b>3.7 Tratamento de Água</b> .....	23
3.7.1. Pré-tratamento .....	24
3.7.2. Coagulação e floculação .....	24
3.7.3. Decantação .....	24
3.7.4. Filtração .....	24
3.7.5. Desinfecção .....	24
3.7.6. Pós-tratamento e ajustes finais .....	25
3.7.7. Reservação e distribuição .....	25
<b>3.8 Contaminação na Rede de Distribuição</b> .....	25
<b>3.9 Segurança Hídrica</b> .....	26
<b>3.10 Contexto Local: Riacho Catolé e Aldeia Monte Mór</b> .....	26
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	30
<b>4.1 Caracterização da Área de Estudo</b> .....	30
<b>4.2 Descrição do Sistema de Abastecimento da Aldeia Monte Mór</b> .....	31
<b>4.3 Avaliação da Qualidade da Água Fornecida pelo Rio Vermelho</b> .....	32
4.3.1. Pontos de Coleta e Conservação das Amostras .....	32
4.3.2. Análises Físico-químicas e Microbiológicas .....	33
<b>4.4 Matriz de Avaliação e Priorização dos Riscos</b> .....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	38
<b>5.1 Descrição do Sistema de Abastecimento de Água da Aldeia Monte Mór</b> .....	38
<b>5.2 Caracterização da Qualidade da água</b> .....	42
5.2.1. Análise da Água Bruta do Riacho Catolé .....	42
5.3.2. Índice de Qualidade da Água .....	45

5.2.3. Análise de Qualidade da Água na Rede de Distribuição, Reservação e Pontos de Consumo .....	47
<b>5.4 Matriz de Avaliação e Priorização de Riscos.....</b>	<b>52</b>
<b>5.5 Medidas de Controle .....</b>	<b>57</b>
<b>5.6 Proposta de Melhoria para o Sistema .....</b>	<b>63</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de intervenção antrópica sobre os ambientes naturais tem crescido significativamente nas últimas décadas, deixando marcas profundas nos ecossistemas afetados (GUERRA; MARÇAL, 2006). A industrialização, o avanço da urbanização e o desenvolvimento socioeconômico intensificam a pressão sobre os recursos naturais, ocasionando alterações nos meios biótico e abiótico de diferentes ecossistemas.

As bacias hidrográficas, fundamentais para o ciclo hidrológico e para o abastecimento humano estão entre os sistemas mais suscetíveis a essas transformações (SILVA et al., 2011). Práticas como desmatamento, ocupação indevida de leitos fluviais, pesca predatória, represamento e descarte de resíduos contaminam os corpos hídricos, provocando perda de biodiversidade, erosão, assoreamento, alterações climáticas locais e comprometimento da dinâmica fluvial (OLIVEIRA et al., 2006).

Vulnerabilidade ambiental refere-se à susceptibilidade de um ambiente frente às intervenções humanas, revelando fragilidades que podem comprometer a estabilidade ecológica (TAGLIANI, 2003). No Brasil, esse cenário tem raízes históricas: o processo de industrialização iniciado na década de 1930 impulsionou a urbanização desordenada, criando um legado de degradação dos recursos naturais devido à falta de planejamento (FERREIRA, 2003). Adicionalmente, a distribuição desigual dos recursos hídricos especialmente nas regiões semiáridas agrava os desafios de abastecimento seguro (OLIVEIRA, 2011).

No Nordeste brasileiro, a combinação de clima semiárido, irregularidade pluviométrica e altas temperaturas eleva os riscos relacionados à escassez e qualidade da água (CAVALCANTE; ARRUDA, 2008). Esses fatores são intensificados por pressões antrópicas como urbanização descontrolada, despejos sem tratamento, mineração, agricultura e manejo inadequado de resíduos, que afetam negativamente o ciclo da água e aumentam a incidência das chamadas doenças de veiculação hídrica (TUNDISI; MATSUNARA, 2011).

Especificamente, no município de Rio Tinto/PB, o abastecimento de comunidades indígenas, como a Aldeia Indígena Monte Mór, depende exclusivamente do manancial superficial formado pelo Riacho Catolé conhecido localmente como Rio Vermelho que sofre contínuas degradações devido à poluição e à ocupação inadequada dos seus entornos. Essas ações comprometem a qualidade da água, afetando o abastecimento e a preservação cultural desses povos (FUNASA, 2013).

A garantia da potabilidade da água no Brasil está regulada pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que estabelece critérios técnicos para o controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, incluindo parâmetros físico-químicos, microbiológicos e frequência mínima de monitoramento (BRASIL, 2021; SILVA, 2025). Esta legislação representa avanço significativo na governança da água e está alinhada a padrões internacionais de segurança hídrica.

No âmbito das comunidades indígenas, cabe observar que a Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI/MS) e a FUNAI têm atribuições específicas para planejar e implementar ações de vigilância e controle da qualidade da água, considerando as condições epidemiológicas, socioambientais e culturais (BRASIL, 2021).

Face a esse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da Aldeia Monte Mór, construir os diagramas de fluxo do sistema, analisar a qualidade da água distribuída na Aldeia, elaborar a matriz de avaliação e priorização de riscos e propor medidas de controle para a adequação de todo sistema as exigências da Portaria GM/MS Nº 888/2021.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Avaliar o sistema de abastecimento de água da Aldeia Monte Mor e propor medidas de controle para adequar a qualidade da água as exigências da Portaria GM/MS Nº 888/2021.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar os diagramas de fluxo do sistema de abastecimento de água (SAA).
- Definir os pontos de coleta de amostras de água para as análises, contemplando: captação, reservação, distribuição e ponto de consumo.
- Executar a coleta das amostras de água in loco e realizar as análises físico-químicas e microbiológicas, conforme Portaria GM/MS Nº 888/2021.
- Elaborar a Matriz Avaliação e Priorização de Riscos utilizando metodologia adaptada do Plano de Segurança da Água (PSA).
- Propor medidas de controle visando reduzir os riscos associados à qualidade da água.
- Priorizar soluções viáveis e sustentáveis para a realidade socioeconômica e cultural da comunidade.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Recursos Hídricos Superficiais e Riscos à Qualidade da Água**

Os mananciais superficiais, como rios, lagos e açudes, constituem fontes estratégicas de abastecimento para diversas comunidades, mas apresentam elevada suscetibilidade à degradação em função de atividades antrópicas. Entre os principais fatores de impacto, destacam-se o desmatamento das matas ciliares, o uso agrícola intensivo, o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, a disposição inadequada de resíduos sólidos e a modificação da cobertura vegetal natural (SILVA et al., 2011; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Essas ações comprometem a qualidade da água, favorecem processos de eutrofização e aumentam a probabilidade de proliferação de patógenos, representando riscos significativos à saúde pública.

A poluição hídrica pode ser classificada como pontual, quando ocorre a introdução concentrada de poluentes em um ponto específico do corpo d'água, ou difusa, quando os contaminantes se dispersam ao longo de toda a bacia hidrográfica, dificultando sua identificação e controle (VON SPERLING, 2005). Em áreas urbanas, a descarga de esgoto sanitário é uma das principais fontes de poluição pontual, enquanto o carreamento de sedimentos, nutrientes e resíduos sólidos pelas chuvas representa importante contribuição difusa.

No Nordeste brasileiro, a situação é agravada pela baixa cobertura de tratamento de esgoto. Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2017), mais de 50% da carga orgânica gerada na região não recebe qualquer tipo de tratamento antes de ser lançada nos corpos hídricos. Essa deficiência no saneamento básico compromete a qualidade da água e amplia a vulnerabilidade ambiental, especialmente em comunidades ribeirinhas e assentamentos informais situados nas margens dos rios.

A classificação dos corpos d'água superficiais no Brasil é dada pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que estabelece diretrizes para o enquadramento desses mananciais e define padrões de qualidade conforme os usos preponderantes. Essa resolução classifica as águas em doces, salobras e salinas, de acordo com sua salinidade, e subdivide-as em diferentes classes. Para as águas doces, as classes especial, I, II e III incluem o abastecimento para consumo humano,

variando apenas quanto à complexidade do tratamento requerido. As águas doces enquadradas na Classe 1, são destinadas, ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento simplificado (filtração, desinfecção e correção de pH, se necessário), e, entre outros usos, para a Proteção das Comunidades Aquáticas em Terras Indígenas.

No caso do Riacho Catolé, popularmente chamado de Rio Vermelho, este, é o manancial superficial que abastece a Aldeia Monte Mór. A aplicação da CONAMA 357/2005, estabelece, para seu enquadramento, a Classe 1, tendo que atender, entre outros parâmetros, o oxigênio dissolvido (OD) > 6mg/L, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) < 3 mg/L, nitrato < 10mg/L, fósforo < 0,025 mg/L, turbidez < 40 uT e coliformes fecais < 200 UFC/100 mL (BRASIL, 2005). Os estudos realizados por FRANÇA, 2016, indicam, porém, que o Rio Vermelho sofre pressões ambientais associadas a ocupações irregulares, supressão de vegetação ripária e lançamento de efluentes não tratados, fatores que comprometem a sua aptidão para o consumo humano (FRANÇA, 2016). Essas vulnerabilidades demandam ações integradas de tratamento e monitoramento da qualidade da água, visando o abastecimento humano, bem como de recuperação ambiental de forma a assegurar a sustentabilidade do abastecimento e a segurança hídrica da comunidade.

### 3.1.1. Índice de Qualidade da água

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido pela CETESB a partir de uma adaptação da metodologia originalmente proposta pela National Sanitation Foundation (NSF), nos Estados Unidos, em 1970. O objetivo principal do indicador é avaliar a qualidade da água destinada ao abastecimento público, por meio da integração de variáveis consideradas essenciais nesse contexto. A definição do IQA resultou de uma pesquisa de opinião conduzida junto a especialistas em qualidade da água, os quais selecionaram os parâmetros a serem incluídos no índice, atribuindo pesos relativos e estabelecendo escalas de variação conforme diferentes condições de cada variável. Inicialmente, foram propostas 35 variáveis indicadoras; entretanto, após análise e consolidação, apenas nove foram incorporadas ao cálculo final do índice, presente na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros incorporados ao cálculo do IQA

Parâmetro	Peso
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
pH	0,12
Coliformes Termotolerantes	0,15
Oxigênio Dissolvido	0,17

Fonte: Adaptado de CETESB, 2017.

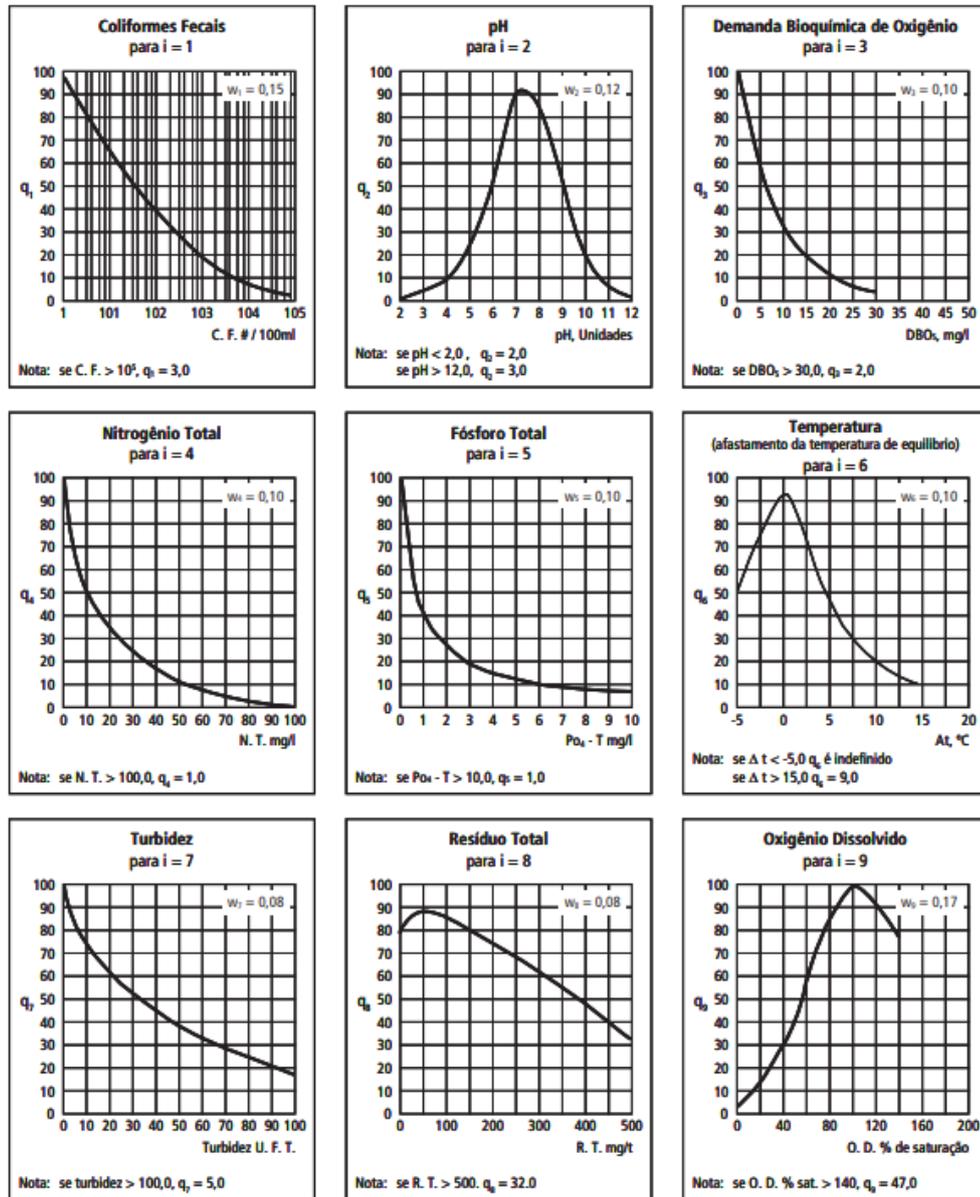
Essas variáveis passaram a ser representadas por curvas médias de qualidade, ilustrado na figura 2, que relacionam o estado do parâmetro à sua contribuição no índice, ponderadas pelos respectivos pesos, demonstrados na figura 1. Dessa forma, o IQA é determinado pelo produto ponderado das qualidades parciais associadas a cada uma dessas nove variáveis, sintetizando em um único valor o nível de qualidade da água para fins de abastecimento público.

Figura 1 – Faixa para avaliar o IQA

Categoria	Ponderação
<b>ÓTIMA</b>	$79 < \text{IQA} \leq 100$
<b>BOA</b>	$51 < \text{IQA} \leq 79$
<b>REGULAR</b>	$36 < \text{IQA} \leq 51$
<b>RUIM</b>	$19 < \text{IQA} \leq 36$
<b>PÉSSIMA</b>	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: CETESB, 2017

Figura 2 – Curvas médias de variação de qualidade da água



Fonte: CETESB, 2017.

### 3.2 Potabilidade da Água e ODS 6

A água potável é um recurso essencial para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento socioeconômico sustentável, desempenhando papel central na promoção da saúde pública, segurança alimentar e preservação ambiental. No contexto global, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), estabelecido

pela Organização das Nações Unidas (ONU), propõe “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” até 2030 (ONU, 2015).

No Brasil, a garantia de acesso à água de qualidade é um direito fundamental assegurado pela Constituição Federal, sendo responsabilidade do poder público adotar políticas e ações para sua manutenção (BRASIL, 1988). A potabilidade da água é definida como a condição em que ela se encontra livre de microrganismos patogênicos, substâncias químicas em concentrações nocivas e qualquer elemento que possa representar risco à saúde (FUNASA, 2013).

O acesso à água potável de qualidade é determinante para a prevenção de doenças de veiculação hídrica, tais como diarreia, hepatite, cólera e giardíase, que continuam a representar um desafio para populações vulneráveis, sobretudo em áreas rurais e comunidades indígenas (FRANÇA, 2016; UCHOA, 2020). A ausência de abastecimento seguro impacta diretamente indicadores de saúde e bem-estar, além de afetar a produtividade e a qualidade de vida (SILVA et al., 2020).

No caso das comunidades indígenas brasileiras, a relação com a água transcende a dimensão utilitária, estando vinculada a aspectos culturais, espirituais e identitários (FUNAI, 2013). A degradação de mananciais utilizados para abastecimento compromete não apenas a saúde, mas também o modo de vida tradicional. Este é o caso da Aldeia Monte Mór, localizada no município de Rio Tinto/PB, que depende exclusivamente do Riacho Catolé para seu abastecimento, o qual vem sofrendo pressões antrópicas que afetam a sua qualidade (FRANÇA, 2016).

### **3.3 Legislação e Padrões de Potabilidade no Brasil**

A qualidade da água para consumo humano no Brasil é regulamentada principalmente pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que define os procedimentos de controle e vigilância, bem como o Padrão de Potabilidade a ser atendido, incluindo parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de radioatividade (BRASIL, 2021). Essa norma substituiu a Portaria de Consolidação nº 5/2017, incorporando avanços técnicos alinhados às diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS).

De acordo com a Portaria, a água potável deve estar livre de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 mL de amostra, apresentar turbidez inferior a 5,0 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) em qualquer ponto da rede e manter

concentração de cloro residual livre entre 0,2 e 5,0 mg/L. Também são estabelecidos valores máximos permitidos para substâncias como alumínio, nitrato, amônia, ferro, manganês, cobre e subprodutos da desinfecção, com foco na proteção da saúde humana (UCHOA, 2020).

Fora a regulamentação geral, a Portaria GM/MS nº 888/2021 dedica atenção especial ao abastecimento de água em territórios indígenas. O Artigo 9º estabelece competências da Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI/MS), incluindo a definição de diretrizes para a qualidade da água destinada ao consumo humano em aldeias, a implementação e o monitoramento das ações por meio dos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEI), bem como a adoção de boas práticas de operação, manutenção e vigilância sanitária. Entre suas atribuições, destacam-se: a formulação de ações de prevenção e mitigação de riscos à saúde relacionados ao abastecimento, a inserção de informações no Sistema de Informação da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) e a garantia de que tais medidas sejam adequadas às especificidades epidemiológicas, socioambientais e culturais das comunidades indígenas (BRASIL, 2021).

### **3.4 Parâmetros de Qualidade da Água Para Consumo Humano**

A qualidade da água destinada ao consumo humano é regulamentada pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. A água potável é aquela que atende ao padrão de potabilidade, um conjunto de valores permitidos para os parâmetros de qualidade da água. Dentre os parâmetros de qualidade tem-se o padrão microbiológico (como a ausência de coliformes totais e a manutenção dos residuais mínimos de agente desinfetante), o padrão organoléptico (valores máximos para metais, cloretos e sulfatos, por exemplo), o padrão de substâncias químicas que representam risco a saúde (metais pesados, compostos organoclorados, agrotóxicos, cianotoxinas e outros) e o padrão radiológico (BRASIL, 2021). Esses parâmetros visam garantir que a água não ofereça riscos à saúde humana, mantendo características aceitáveis para o consumo. Alguns parâmetros e seus valores máximos permitidos estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros com valores permitidos na Portaria 888/2021.

Parâmetro	Valor máximo	Unidade
Alumínio	0,2	mg/L
Amônia	1,2	mg/L
Cloro livre	5	mg/L
Cobre	2	mg/L
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	UFC/100mL
Condutividade	-	µS/cm
Cor aparente	15	uH
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	UFC/100mL
Ferro	0,3	mg/L
Fosfato	-	mg/L
Manganês	0,1	mg/L
Nitrato	10	mg/L
Nitrito	1	mg/L
Nitrogênio total	-	mg/L
pH	6,0-9,0	-
Salinidade	0,5	‰
Sólidos dissolvidos totais	500	ppm
Turbidez	5	uT

Fonte: Adaptado de Brasil, 2021.

Entre os indicadores microbiológicos, destacam-se os coliformes totais e a *Escherichia coli*. A ausência de coliformes totais em 100 mL de amostra indica condições adequadas de higiene no sistema de abastecimento, enquanto a detecção de *E. coli* é um indicador específico de contaminação fecal recente, exigindo medidas corretivas imediatas (FUNASA, 2013; ALVES, 2008).

No grupo de parâmetros físico-químicos, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0, garantindo eficiência nos processos de tratamento e desinfecção. A cor verdadeira não deve ultrapassar 15 unidades Hazen (uH) e a turbidez deve permanecer inferior a 5 unidades nefelométricas (UNT), evitando interferências no processo de cloração (BRASIL, 2021; HELLER; PÁDUA, 2010).

Metais como ferro, manganês e alumínio, frequentemente presentes em mananciais superficiais, são controlados devido a efeitos indesejáveis na qualidade estética e riscos à saúde em concentrações elevadas (FEITOSA et al., 2008; SILVA et

al., 2020). Já compostos como nitrato e nitrito são monitorados por seu potencial de causar efeitos tóxicos, especialmente em crianças, além de indicarem poluição por esgoto ou efluentes agrícolas (BEZERRA et al., 2017).

O cloro residual livre, parâmetro essencial para garantir a desinfecção ao longo da rede, deve ser mantido no mínimo de 0,2 mg/L e preferencialmente abaixo de 2,0 mg/L para evitar alterações de sabor e odor (BRASIL, 2021).

Assim, o monitoramento contínuo desses parâmetros é imprescindível para assegurar a manutenção da qualidade da água fornecida para a população. Neste quesito, a Portaria N<sup>o</sup>888/2021, traz os artigos 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 14<sup>o</sup>, e os parágrafos específicos inseridos abaixo:

**Art. 3<sup>o</sup>** Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema, solução alternativa coletiva de abastecimento de água ou carro-pipa, **deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.**

**Art. 5<sup>o</sup>** Para os fins deste Anexo são adotadas as seguintes definições:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano, conforme definido neste Anexo;

...

XII - controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades **exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema** ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;

...

XIV - plano de amostragem: documento que inclui definição dos pontos de coleta, número e frequência de coletas de amostras para análise da qualidade da água e de parâmetros a serem monitorados;

**Art. 14<sup>o</sup>** Compete ao responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água:

I - exercer o controle da qualidade da água para consumo humano;

...

X - manter avaliação sistemática do SAA ou SAC, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:

1 - ocupação da bacia contribuinte ao manancial;

2 - histórico das características das águas;

3 - características físicas do sistema;

5 - condições de operação e manutenção; e

6 - qualidade da água distribuída.

### 3.5 Doenças de Veiculação Hídrica

As doenças de veiculação hídrica representam um grave problema de saúde pública, decorrente, principalmente, do consumo de água contaminada por microrganismos patogênicos ou substâncias químicas nocivas. A transmissão ocorre, geralmente, pela ingestão de água proveniente de fontes não tratadas ou maltratadas, podendo incluir rios, poços e reservatórios expostos a contaminação por esgoto doméstico, dejetos animais ou resíduos industriais (WHO, 2017; FRANÇA, 2016).

A Tabela 3 apresenta um resumo das principais doenças transmitidas pela água, seus agentes etiológicos, sintomas e fontes de contaminação.

Tabela 3 – Principais doenças transmitidas pela água

Doença	Agente Causador	Sintomas	Fontes de Contaminação
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarreia intensa, desidratação grave, alta taxa de mortalidade	Fezes humanas e águas costeiras
Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarreia aguda	Fezes humanas
Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium</i>	Diarreia, náusea, dor abdominal, perda de apetite	Fezes humanas e animais
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarreia prolongada com presença de sangue e muco	Fezes humanas
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Diarreia, cólicas, flatulência	Fezes humanas e animais
Hepatite A e B	Vírus da hepatite A e B	Icterícia, febre, mal-estar geral	Fezes humanas
Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , Rotavírus e outros	Diarreia, náuseas, vômitos	Fezes humanas

Fonte: Adaptado de Madeira, 2025.

Entre as enfermidades mais recorrentes destacam-se a cólera, a disenteria bacilar e amebiana, a giardíase, a criptosporidiose, a hepatite A, bem como diversas gastroenterites virais e bacterianas. Essas doenças apresentam sintomas como diarreia aguda, náuseas, vômitos, febre, dor abdominal e, em casos graves, desidratação intensa e óbito, especialmente em crianças e idosos, que compõem o grupo mais vulnerável (FRANÇA, 2016; MADEIRA, 2024).

Visando eliminar a incidência de doenças de veiculação hídrica, transmitidas pela presença na água dos microrganismos patogênicos, a Portaria GM/MS Nº 888/2021, traz, cumulativamente, os artigos 24, 27, 28, 29, 30 e 32, inseridos abaixo:

**Art. 24º** Toda água para consumo humano fornecida coletivamente **deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante** para manutenção dos residuais mínimos, conforme as disposições contidas no Art. 32.

Parágrafo único. As águas provenientes de **manancial superficial** devem ser submetidas a processo de filtração.

**Art. 27º** A água potável deve estar em **conformidade com padrão microbiológico**, conforme disposto nos Anexos 1 a 8 e demais disposições deste Anexo. *(Os anexos 1 a 8, dizem respeito ao padrão bacteriológico, padrão de turbidez e tempo de contato mínimo para a desinfecção).*

**Art. 28º** Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, **deve ser atendido o padrão de turbidez** expresso no Anexo 2 (*VMP = 0,5 uT em 95% das amostras, analisado na saída do tratamento*).

**Art. 29** Os sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam **mananciais superficiais** devem realizar **monitoramento mensal de Escherichia coli** no(s) ponto(s) de captação de água.

§ 1º Quando for identificada **média geométrica móvel dos últimos 12 meses de monitoramento maior ou igual a 1.000 Escherichia coli/100mL**, deve-se avaliar a **eficiência de remoção da Estação de Tratamento de Água (ETA)** por meio do monitoramento semanal de **esporos de bactérias aeróbias**.

§ 2º A amostragem para o monitoramento semanal de esporos de bactérias aeróbias deve ser realizada **na água bruta na entrada da ETA e na água filtrada**, no efluente individual de cada unidade de filtração.

...

§ 4º Quando a **média aritmética da avaliação da eficiência de remoção da ETA, com base no mínimo em 4 amostragens no mês, for inferior a 2,5 log (99,7%)**, deve ser realizado **monitoramento de cistos de Giardia spp. e oocistos de Cryptosporidium spp. em cada ponto de captação de água com frequência mensal ao longo dos 12 meses seguintes**.

§ 7º Quando a **média aritmética da concentração de oocistos de Cryptosporidium spp. for maior ou igual a 1,0 oocisto/L no(s) pontos(s) de captação de água**, deve-se obter efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprovadamente alcance a mesma eficiência de remoção de oocistos.

**Art. 30** Para sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em **mananciais superficiais**, no controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação, da aplicação de dióxido de cloro ou de isocianuratos clorados **devem ser observados os tempos de contato e as**

**concentrações residuais de desinfetante** na saída do tanque de contato, em função, quando cabível, dos valores de pH e temperatura, expressos nos Anexos 3, 4 e 5.

**Art. 32º** É obrigatória a manutenção de, no mínimo, **0,2 mg/L de cloro residual livre** ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo. *Limite máximo para o cloro residual: 5,0 mg/L (Anexo 9)*

Pelos artigos inseridos acima, fica evidente a importância da desinfecção, na garantia da qualidade da água para o consumo humano, bem como o controle da turbidez, que garante, entre outras coisas, a ausência de organismos patogênicos (como *cistos de Giardia spp.* e *oocistos de Cryptosporidium spp.*), os quais são *resistentes a cloração*.

### **3.6 Sistemas de Abastecimento de Água**

Um sistema de abastecimento de água (SAA) é constituído por um conjunto de estruturas e processos destinados a captar, tratar, armazenar e distribuir água potável para consumo humano, atendendo a requisitos de qualidade e quantidade definidos por normativas nacionais (HELLER; PÁDUA, 2010; BRASIL, 2021). Esse sistema é especialmente relevante em comunidades rurais e indígenas, como a Aldeia Monte Mór, onde a principal fonte de abastecimento é o manancial superficial do Riacho Catolé.

Segundo Heller e Pádua (2010), os elementos fundamentais de um SAA incluem:

**Manancial:** Fonte de captação de água, que pode ser superficial — como rios, lagos e açudes — ou subterrânea, como poços e aquíferos.

**Captação:** Processo de retirada da água do manancial. No caso de rios, podem ser utilizadas estruturas fixas ou móveis, dependendo do regime de vazão e das condições locais (FUNASA, 2014).

**Adução:** Transporte da água captada até a unidade de tratamento, podendo ocorrer por gravidade ou bombeamento, por meio de tubulações ou canais.

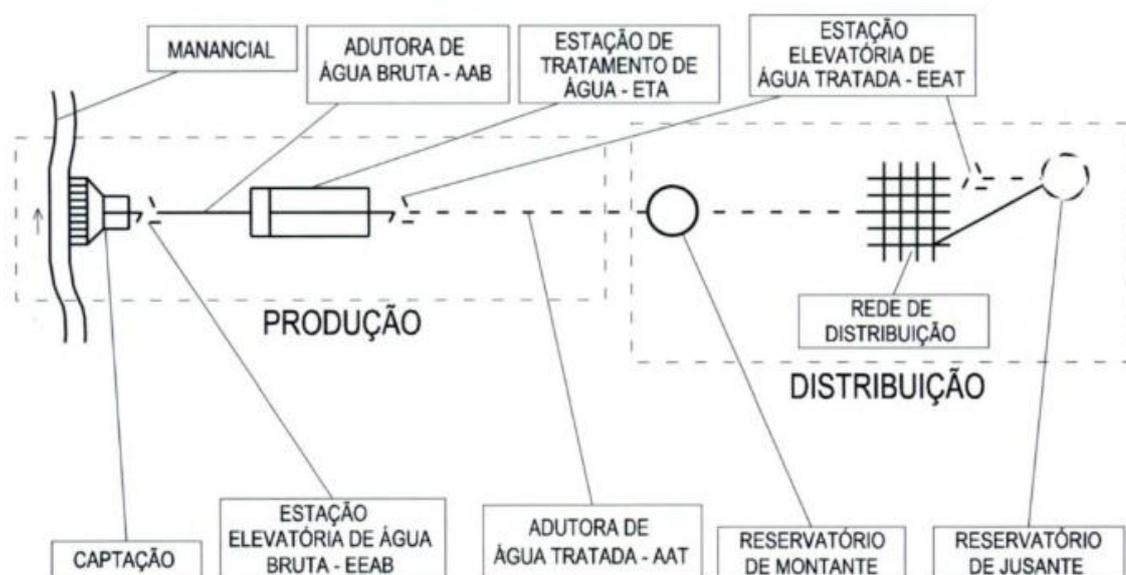
**Tratamento:** Conjunto de operações físicas, químicas e biológicas que visam à melhoria das características da água, garantindo sua potabilidade conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021. Os processos variam desde etapas simples, como

filtração e cloração, até tratamentos avançados que removem contaminantes específicos (BRASIL, 2021).

**Reservação:** Armazenamento da água tratada em reservatórios, que podem ser elevados, apoiados, semienterrados ou enterrados (Figura 3), de acordo com a topografia e as necessidades operacionais (HELLER; PÁDUA, 2010). Esses reservatórios têm a função de regular a oferta, compensar variações no consumo e manter pressão adequada na rede.

**Rede de Distribuição:** Conjunto de tubulações, conexões e dispositivos que transportam a água dos reservatórios até os pontos de consumo, garantindo o atendimento seguro e contínuo à população (FUNASA, 2014).

Figura 3 – Sistema de abastecimento de água



Fonte: Heller e Pádua, 2010.

### 3.7 Tratamento de Água

A água captada de mananciais superficiais frequentemente apresenta qualidade inferior aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, sendo necessário submetê-la a processos de tratamento antes da distribuição, de forma a garantir a segurança sanitária e a preservação da saúde pública (BRASIL, 2021). O tratamento convencional de água é composto por uma sequência de etapas destinadas à remoção de impurezas físicas, químicas e

biológicas, tornando a água segura para consumo humano (HELLER; PÁDUA, 2010; LIBÂNIO, 2010). As principais etapas são:

#### 3.7.1. Pré-tratamento

Consiste na remoção ou redução de substâncias e impurezas grosseiras que possam comprometer as etapas posteriores de purificação. Operações como gradeamento, peneiramento e desarenação são aplicadas para reter materiais sólidos, bem como o ajuste de pH, quando necessário, visando otimizar a coagulação (HELLER; PÁDUA, 2010).

#### 3.7.2. Coagulação e floculação

A coagulação é realizada por meio da adição de coagulantes químicos, como sulfato de alumínio ou cloreto férrico, que desestabilizam partículas coloidais presentes na água, favorecendo sua aglomeração (LIBÂNIO, 2010). Na floculação, ocorre agitação lenta, que permite o contato entre partículas e coagulantes, promovendo a formação de flocos maiores e mais densos, facilitando a separação nas etapas seguintes (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

#### 3.7.3. Decantação

A água floculada é conduzida a decantadores, onde os flocos sedimentam por ação da gravidade, separando-se da água clarificada. Essa etapa é essencial para reduzir a turbidez e melhorar a eficiência da filtração subsequente (LIBÂNIO, 2010).

#### 3.7.4. Filtração

A filtração é um processo físico no qual a água atravessa um meio poroso geralmente constituído por camadas de areia, antracito ou carvão ativado retendo partículas remanescentes que não foram removidas na decantação (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Esta etapa contribui para a remoção de microrganismos e melhora as características organolépticas da água.

#### 3.7.5. Desinfecção

Fase destinada à inativação de microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários. O cloro é o desinfetante mais amplamente utilizado devido à sua eficácia e residualidade na rede de distribuição, garantindo proteção até o ponto de consumo (BRASIL, 2021).

### 3.7.6. Pós-tratamento e ajustes finais

Dependendo das necessidades locais, podem ser realizados ajustes no pH, fluoretação e correções organolépticas para garantir qualidade química e sensorial adequada (HELLER; PÁDUA, 2010).

### 3.7.7. Reservação e distribuição

Após o tratamento, a água é armazenada em reservatórios — que podem ser elevados, apoiados, semienterrados ou enterrados — de onde é distribuída ao consumidor final por meio de redes de tubulações (HELLER; PÁDUA, 2010).

## **3.8 Contaminação na Rede de Distribuição**

A qualidade da água tratada pode ser comprometida após a etapa de desinfecção durante seu transporte e armazenamento na rede de distribuição, especialmente quando há condições inadequadas de reservação ou falhas estruturais no sistema (FRANÇA, 2016). Entre os fatores que contribuem para essa deterioração estão vazamentos, infiltrações, pressões inadequadas e presença de microrganismos patogênicos, como os coliformes totais, tanto na rede quanto nos reservatórios (BRASIL, 2016).

A Portaria GM/MS nº 888/2021, em seu Art. 27, estabelece que, para garantir a potabilidade, é fundamental manter os teores residuais mínimos de desinfetante, como o cloro livre, em toda a rede de distribuição (BRASIL, 2021). Tal medida atua como barreira preventiva contra possíveis (re)contaminações e proliferação de microrganismos.

A manutenção preventiva é essencial para preservar a qualidade da água até o ponto de consumo. De acordo com Oliveira e Barreto (2019), a ausência de higienização periódica nos reservatórios representa uma das principais causas de contaminação pós-tratamento. Recomendações do Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo orientam que a limpeza e higienização dos reservatórios sejam realizadas, no mínimo, a cada seis meses ou sempre que forem detectadas alterações nos parâmetros de potabilidade (CVS, 2013). Esse procedimento deve seguir metodologias oficiais, incluindo a remoção mecânica de detritos e substâncias acumuladas no interior dos reservatórios.

### **3.9 Segurança Hídrica**

O conceito de segurança hídrica refere-se à capacidade de assegurar, de forma sustentável, a disponibilidade e a qualidade da água para atender às demandas humanas, econômicas e ambientais, mesmo diante de eventos extremos e pressões antrópicas. Envolve não apenas o abastecimento adequado, mas também a proteção contra riscos como secas, inundações e poluição, preservando a integridade dos ecossistemas e garantindo justiça social no acesso à água (ONU, 2013; MELO; JOHNSON, 2017).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) já incorpora princípios alinhados à segurança hídrica, mas o termo ganhou maior destaque a partir da crise hídrica de 2014, que impulsionou debates e iniciativas como o Plano Nacional de Segurança Hídrica (SAITO, 2018). Indicadores como o Índice de Segurança Hídrica (ISH), desenvolvido pela Agência Nacional de Águas, buscam avaliar dimensões humanas, econômicas, ecossistêmicas e de resiliência, permitindo identificar vulnerabilidades e orientar estratégias de mitigação de riscos (BRITO; BRITO; RUFINO, 2022).

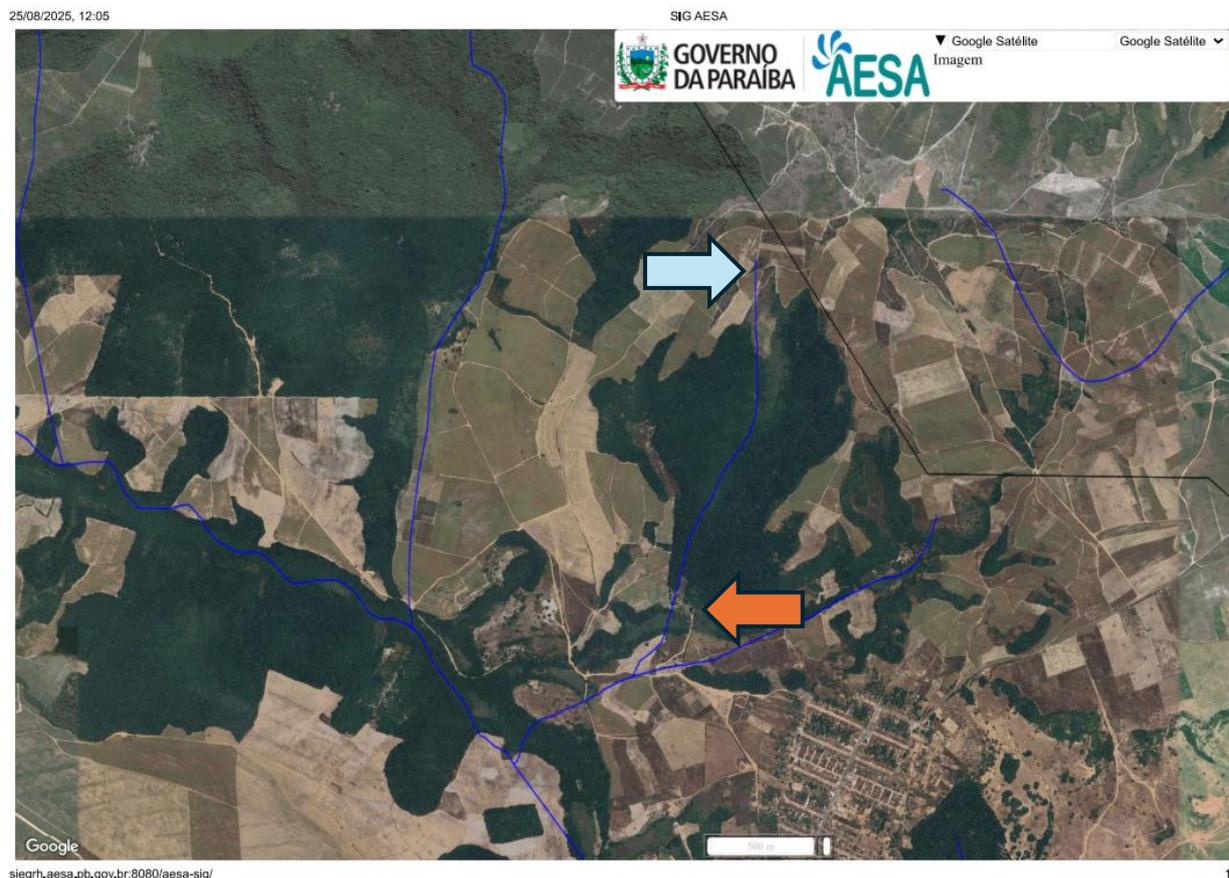
Em contextos de elevada vulnerabilidade socioambiental, como no Semiárido brasileiro, a segurança hídrica deve considerar, além de aspectos técnicos de oferta e demanda, fatores culturais, políticos e climáticos que influenciam diretamente o acesso e a governança da água. Nessas regiões, o risco hídrico transcende cálculos quantitativos, envolvendo questões de equidade, resiliência comunitária e preservação ambiental (BRITO; RUFINO, 2022; SAITO, 2018).

### **3.10 Contexto Local: Riacho Catolé e Aldeia Monte Mór**

A Aldeia Monte Mór, situada no município de Rio Tinto, litoral norte da Paraíba, integra o território tradicional do povo Potiguara, cuja presença é marcada historicamente na região e que desempenha papel central na preservação de saberes e práticas culturais. O abastecimento hídrico da comunidade depende quase integralmente do Riacho Catolé, manancial que, além de importância ambiental, possui valor simbólico e cultural para os moradores (FRANÇA, 2016). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, esse corpo hídrico encontra-se enquadrado como Classe 1, o que implica padrões de qualidade mais restritivos, destinados a garantir

condições para o abastecimento humano após tratamento simplificado, bem como a proteção da biota aquática e de usos múltiplos (BRASIL, 2005).

Figura 4 – Nascente Riacho Catolé



Fonte: adaptado AESA, 2025.

A Figura 4 apresenta a área da nascente e do ponto de captação do manancial que abastece a Aldeia Monte Mór. Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AES A), esse corpo hídrico é oficialmente denominado Riacho Catolé; contudo, na percepção da população local e em registros de outras fontes, é amplamente reconhecido como Rio Vermelho. Essa dualidade na nomenclatura reflete a convivência entre a designação técnica e o uso cultural e social do território.

Na imagem 4, a seta azul indica a nascente do riacho, localizada em área de mata mais preservada, que constitui a principal fonte de abastecimento da aldeia. Já a seta laranja assinala o ponto de captação, conhecido como Piscina Catolé, onde ocorre a derivação da água destinada ao sistema de distribuição local. Esse ponto desempenha papel estratégico no fornecimento hídrico da comunidade, ainda que careça de infraestrutura adequada de tratamento e manutenção.

Assim, a representação cartográfica permite visualizar a relação direta entre a nascente e o ponto de captação, reforçando a importância da preservação ambiental da bacia e do monitoramento contínuo da qualidade da água, de modo a assegurar maior segurança hídrica para a população indígena.

Historicamente, o sistema de abastecimento local esteve sob gestão da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Entretanto, com o processo de demarcação das terras indígenas da Aldeia Monte Mór, verificou-se que a Estação de Tratamento de Água (ETA), até então responsável pelo fornecimento de água tratada tanto à população de Rio Tinto quanto à comunidade indígena, estava localizada dentro do território tradicionalmente ocupado pelos Potiguara. Em decorrência desse marco legal, a unidade deixou de ser operada pela CAGEPA, passando à posse da comunidade, que não deu continuidade às atividades de tratamento da água (PROCESSO Nº 0007089-19.2012.4.05.8200, TRF5). As figuras 5 e 6 inseridas abaixo mostram a estrutura da CAGEPA que se encontra paralisada desde então.

Figura – 5 Imagens da ETA sem funcionamento



Fonte: Lins, 2025

Figura 6 – Casa da Química e Estruturas da ETA



Fonte: Lins, 2025

A paralisação da ETA implicou em mudanças significativas no sistema de abastecimento, uma vez que a população indígena passou a depender diretamente da captação de água bruta do Riacho Catolé, sem a realização de processos convencionais de potabilização. Essa situação foi objeto de Ação Civil Pública ajuizada pelo Ministério Público Federal, que destacou a violação ao direito humano de acesso à água de qualidade e os riscos à saúde pública decorrentes do consumo de água não tratada, responsabilizando a União, a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e a própria CAGEPA pela necessidade de garantir soluções adequadas (PROCESSO Nº 0007089-19.2012.4.05.8200, TRF5).

Dessa forma, a realidade hídrica da Aldeia Monte Mór reflete um quadro de insegurança hídrica estrutural, marcado por fatores legais, institucionais e ambientais, que ultrapassam as questões técnicas e adentram o campo da justiça social e do direito fundamental à água potável, conforme defendido em marcos nacionais e internacionais de segurança hídrica (SAITO, 2018; BRITO; RUFINO, 2022).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi conduzido no município de Rio Tinto, localizado na Mesorregião da Mata Paraibana e na Microrregião de Rio Tinto, Estado da Paraíba. O município possui área de aproximadamente 466 km<sup>2</sup>, representando 0,8264% do território estadual (CPRM, 2005). A sede municipal situa-se a uma altitude média de 50 a 100 metros e o acesso principal, a partir de João Pessoa, é realizado pelas rodovias BR-101 e PB-041.

Figura 7 – Imagem 3D de Rio Tinto/PB e Região



Fonte: Adaptado Google Earth, 2025.

O município encontra-se inserido na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, caracterizada por relevo suave a ondulado, com solos predominantemente Latossolos e Podzólicos nas áreas de topo e Gleissolos nas várzeas. A vegetação natural é composta por Floresta Subperenifólia, com ocorrência de trechos de Floresta Subcaducifólia e áreas de Cerrado/Floresta. O clima é Tropical Chuvoso com verão seco, com precipitação média anual de 1.634,2 mm, concentrada entre fevereiro e outubro (CPRM, 2005).

Do ponto de vista hidrográfico, Rio Tinto está inserido nas bacias dos rios Mamanguape, Miriri e Camaratuba, com regime predominantemente intermitente e padrão de drenagem pinado. Além desses cursos principais, destaca-se o Rio Vermelho, importante manancial superficial para a região, utilizado tradicionalmente para atividades de abastecimento, irrigação e usos domésticos nas comunidades próximas. Esse rio apresenta trechos com vegetação ciliar que atuam como proteção

natural da qualidade da água, mas também áreas suscetíveis a pressões antrópicas, como lançamentos de efluentes e ocupação das margens.

O município conta ainda com lagoas de acumulação natural, como a Lagoa Salgada e a Lagoa do Saco, e diversos riachos tributários, a exemplo do Grotão, Taberaba e Pau d'Arco (CPRM, 2005). Essas formações, somadas aos rios principais, constituem a rede de drenagem superficial relevante para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e para o suprimento hídrico local, sendo o Rio Vermelho o foco principal das coletas e análises deste trabalho.

#### **4.2 Descrição do Sistema de Abastecimento da Aldeia Monte Mór**

Para a caracterização do sistema de abastecimento de água (SAA) da Aldeia Monte Mór, foi realizado um levantamento descritivo com base em visitas de campo, diálogos com lideranças locais e informações técnicas fornecidas pelos assessores da Cacique que lidera a aldeia. Esse levantamento possibilitou identificar os principais componentes do sistema, abrangendo manancial, estruturas de captação, reservação e rede de distribuição.

O manancial utilizado para o abastecimento é o Rio Vermelho, cuja captação ocorre por meio de um reservatório intermediário (barragem), que funciona como etapa de acumulação e regularização da vazão. A água bruta é captada e conduzida diretamente para as unidades de reservação e daí, para a distribuição, não sendo submetida a tratamento algum antes do consumo.

Com base nas informações coletadas, foi elaborada a representação esquemática do sistema, a partir de modelos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), adaptados para a realidade local. As figuras presentes no atlas das águas, apresentam os principais elementos do SAA da aldeia, como o manancial (Riacho Catolé), os reservatórios de distribuição (Caixa d'Água da Vila e Caixa d'Água das 5 Ruas), bem como os pontos de coleta de amostras de água para as análises.

A utilização desses esquemas na metodologia tem como objetivo demonstrar, de forma visual e descritiva, a configuração do sistema hídrico da aldeia, servindo de suporte para a análise posterior dos resultados de qualidade da água e para a discussão das condições de segurança hídrica local.

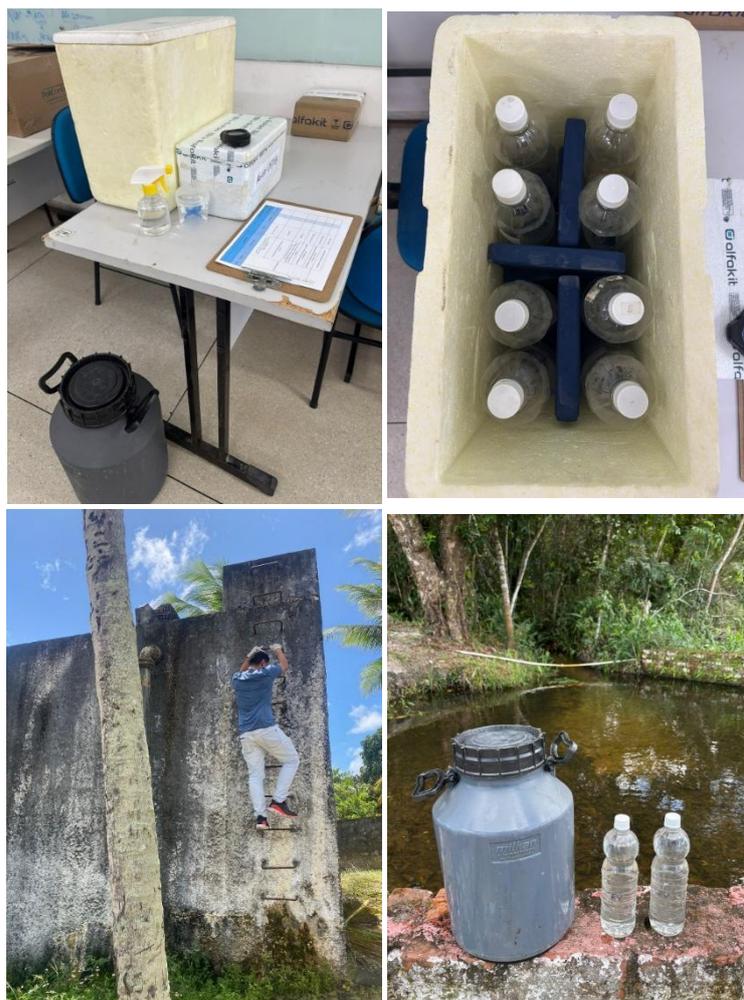
### 4.3 Avaliação da Qualidade da Água Fornecida pelo Rio Vermelho

#### 4.3.1. Pontos de Coleta e Conservação das Amostras

Foram coletadas amostras da água distribuídas na aldeia Monte Mór, situada em Vila Regina, Rio Tinto/PB. Os pontos de coleta foram definidos com base em um esquema simplificado, adaptado do PSA (Plano de Segurança da Água), construído com informações detalhadas do sistema de abastecimento, considerando desde a captação do manancial até o armazenamento e distribuição da água.

O processo de coleta e transporte das amostras, exposto na figura 8, foi realizado em conformidade com as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), assegurando a padronização e a integridade dos materiais coletados.

Figura 8 – Coleta da água



Fonte: Autor, 2025.

Durante as coletas, foram utilizadas luvas de látex para prevenção de contaminações, e os pontos de amostragem foram higienizados previamente com álcool 70% e hastes flexíveis de algodão (FELIZARDO, 2024). Para garantir a preservação até a etapa de análise, as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável, de forma a manter a refrigeração, conforme exposto na figura 8. Os recipientes utilizados incluíram frascos plásticos estéreis contendo tiosulfato de sódio, destinados às análises microbiológicas, e garrafas plásticas apropriadas para as determinações físico-químicas.

Para assegurar a integridade das amostras coletadas, foram seguidas recomendações específicas de boas práticas de coleta. Inicialmente, adotou-se o cuidado de evitar qualquer contato das mãos com a parte interna dos frascos e tampas, prevenindo a exposição a poeira, fumaça ou outras impurezas. Antes de cada coleta, realizou-se a higienização das mãos com sabão e água ou, alternativamente, a antissepsia com álcool 70%.

Os pontos de amostragem foram previamente higienizados com hastes flexíveis embebidas em álcool 70%, reduzindo o risco de contaminação externa. Em seguida, a abertura do ponto de coleta foi mantida por, no mínimo, um minuto, permitindo o escoamento da água e a eliminação de possíveis resíduos que poderiam interferir nos resultados analíticos. A coleta destinada à análise microbiológica foi sempre realizada antes da coleta para análise físico-química, de modo a evitar a contaminação da amostra por materiais não estéreis. Além disso, procedeu-se à ambientação prévia das garrafas plásticas utilizadas, garantindo maior confiabilidade dos resultados obtidos.

#### 4.3.2. Análises Físico-químicas e Microbiológicas

As amostras coletadas foram submetidas a diferentes análises físico-químicas e microbiológicas no Laboratório de Cromatografia e Quimiometria Aplicada (LACQUA), localizado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus I. Os parâmetros avaliados incluíram pH, turbidez, cor aparente, coliformes totais e *Escherichia coli*; metais como alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco; além de compostos inorgânicos e indicadores de qualidade da água, como amônia, condutividade elétrica, fosfato, nitrato, nitrito, salinidade e sólidos dissolvidos totais. A tabela 4 expõe cada referência utilizada para cada parâmetro analisado.

Tabela 4 – Referências utilizadas para cada parâmetro

Parâmetro	Referência
pH	Leitura direta por aparelho portátil
Cor Aparente	Standard Methods for the Examination of Water, 23º Ed, 2120B.
Turbidez	Standard Methods for the Examination of Water, 23º Ed, 2130B.
<i>Eschechiria Coli</i> Coliformes Totais	Meio Cromogênico para contagem de <i>E. coli</i> e coliformes totais pela técnica da membrana filtrante
C.T/E-Coli	Baseado na Tecnologia do substrado definido – COLILERT (Reagente IDEXX)
Alumínio	Standard Methods for the Examination of Water, 12ª Ed., pg 53
Cobre	Standard Methods for the Examination of Water, 12ª Ed., pg 335
Ferro	Adaptado de SMEWW, 23ª Ed. 3500-Fe B
Manganês	Método da formaldoxima – Reagente Alfakit. (FRIES, J. GETROST, H. Organic Reagents for TraceAnalysis, MERCK; 1977 pg. 236)
Zinco	Adaptado Standard Methods for the examination of water and wastewater, 23ª Ed., 3500-Zn B.
Amônia	Standard Methods for the Examination of Water, 12ª Ed., pg 303
Fósforo	Calculado a partir da quantidade de fósforo obtida na análise de fosfato. [método do ácido ascórbico - Reagente Alfakit. (Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23ª Ed. 4500-P.E).]
Nitrato	Reagente Alfakit. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23º Ed., 4500-NO3-E.
Nitrito	Reagente Alfakit. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23º Ed., 4500-NO2
Nitrogênio Total	Reagente Alfakit. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23º Ed., 4500-N C
Salinidade	Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23ª Ed. 2520 B
Sólidos Dissolvidos Totais	Leitura direta por aparelho portátil
Condutividade	Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23ª Ed. 2510 B
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23ª Ed. 5210 B
Sólidos Totais	Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23ª Ed. 2540 B
Oxigênio Dissolvido	Leitura direta por aparelho portátil

Fonte: Autor, 2025

Grande parte das análises foi conduzida por espectrofotometria na região do UV-Visível, utilizando o espectrofotômetro Shimadzu UV-1280. Os reagentes empregados foram adquiridos das marcas ALFAKIT e HACH, amplamente reconhecidas pela confiabilidade em ensaios de monitoramento da qualidade da água. Para as determinações de pH, condutividade elétrica, salinidade e sólidos dissolvidos totais, foram utilizados equipamentos de bancada disponíveis no LACQUA.

As análises microbiológicas foram realizadas por meio do teste Colilert® (IDEXX Laboratories), método amplamente utilizado para detecção de coliformes totais e *E. coli*. O procedimento consistiu na adição dos reagentes específicos aos frascos microbiológicos, seguida de incubação em estufa bacteriológica SolidSteel por 24 horas a 35° C. Posteriormente, as amostras foram submetidas à exposição em lâmpada ultravioleta Spectroline E-Series, para confirmação da presença de fluorescência característica de *E. coli*. Para Contagem via colipaper petri foi filtrado 100 mL da amostra em um funil de filtração acoplado a uma bomba, após o processo, retirar a cartela da embalagem com cuidado, tocando apenas no picote, umedecer com 1mL a cartela e retirar o picote. Adicionar a membrana sobre a cartela dentro da embalagem, friccionando levemente para que ocorra aderência. Em seguida, leve a estufa por um período de 18h a uma temperatura de 35° C.

#### **4.4 Matriz de Avaliação e Priorização dos Riscos**

Para avaliar os riscos associados ao Riacho Catolé, adotou-se a metodologia qualitativa de análise de risco proposta pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004), conforme descrito nas Guidelines for Drinking-water Quality.

Essa abordagem consistiu em identificar os eventos perigosos, em cada etapa do sistema de abastecimento de água, os perigos associados a estes eventos, e calcular os riscos.

Evento perigoso, é uma situação, a falta dela ou um incidente, que pode levar à presença do perigo na água. Perigo, é um agente físico, químico, microbiológico, radiológico, ou mesmo situações, que causem danos à saúde humana (ou a qualidade da água). Risco, é o produto da probabilidade de ocorrência de um evento perigo pela severidade das consequências do perigo associado a este evento (MIERZWA et al., 2020). A combinação entre a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e a

severidade de suas consequências, ambos em uma escala de 1 a 5, resulta em uma classificação de risco, conforme descrito nas Tabela 5, 6, 7 e 8 inseridas abaixo.

Tabela 5 – Exemplo da Escala de Probabilidade de Ocorrência

<b>Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>Descrição</b>	<b>Peso</b>
Quase Certa	Espera-se que ocorra 1 vez ao dia	5
Muito Provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3
Pouco Provável	Pode ocorrer 1 vez por ano	2
Raro	Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

Fonte: Adaptado de WHO, 2004.

Tabela 6 – Exemplo da Escala de Severidade de Consequências

<b>Severidade das Consequências</b>	<b>Descrição</b>	<b>Peso</b>
Catastrófica	Letal para uma parte significativa da população ( $\geq 10\%$ )	5
Grande	Letal para uma pequena parte da população ( $< 10\%$ )	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ( $\leq 10\%$ )	3
Pequena	Nocivo para uma pequena parte da população ( $< 10\%$ )	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detectável	1

Fonte: Adaptado de WHO, 2004.

A escala de probabilidade varia de eventos raro até quase certo, enquanto a severidade é categorizada desde insignificante até catastrófica. A interseção entre esses dois critérios gera a matriz de risco, que permite enquadrar cada situação em níveis qualitativos (baixo, moderado, elevado ou extremo).

Com base nessa estrutura, elaborou-se uma tabela específica para este estudo, como exposto nas tabelas 7 e 8, na qual foram inseridos os riscos identificados no contexto do Riacho Catolé. Essa tabela serviu como instrumento para organizar e classificar os riscos, possibilitando a análise posterior e a definição de prioridades de gestão

A partir das escalas de probabilidade e severidade apresentadas, elaborou-se uma planilha eletrônica contendo os riscos identificados no Rio Vermelho com base na literatura de França (2016) e nos trabalhos de campo. Cada risco foi registrado em uma linha da planilha, sendo atribuídos valores de probabilidade (1 a 5) e severidade

(1 a 5) de acordo com os critérios da OMS (2004). O produto entre esses dois valores resultou no nível de risco, que foi posteriormente classificado em categorias qualitativas (baixo, moderado, elevado ou crítico).

Tabela 7 – Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos

Probabilidade de Ocorrências	Severidade das Consequências				
	Insignificante (1)	Pequena (2)	Moderada (3)	Grande (4)	Catastrófica (5)
Quase Certa (5)	5 (1x5)	10 (2x5)	15 (3x5)	20 (4x5)	25 (5x5)
Muito Provável (4)	4 (1x4)	8 (2x4)	12 (3x4)	16 (4x4)	20 (5x4)
Provável (3)	3 (1x3)	6 (2x3)	9 (3x3)	12 (4x3)	15 (5x3)
Pouco Provável (2)	2 (1x2)	4 (2x2)	6 (3x2)	8 (4x2)	10 (5x2)
Raro (1)	1 (1x1)	2 (2x1)	3 (3x1)	4 (4x1)	5 (5x1)

Fonte: Adaptado de WHO, 2004.

Tabela 8 – Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos

Probabilidade de Ocorrências	Severidade das Consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase Certa	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Muito Provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Provável	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado
Pouco Provável	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Adaptado de WHO, 2004.

Essa sistematização em planilha possibilitou organizar de forma clara os riscos levantados, permitindo não apenas a análise comparativa entre eles, mas também a definição de prioridades de gestão ambiental. Com esse instrumento, foi possível visualizar de forma rápida quais impactos exigem maior atenção, como a retirada da mata ciliar, o assoreamento e o despejo de esgoto doméstico, classificados como riscos críticos, em contraste com outros de menor impacto.

Além disso, a utilização da planilha garantiu maior objetividade e transparência no processo de avaliação de riscos, uma vez que todos os critérios e valores foram baseados em uma metodologia reconhecida internacionalmente. Essa ferramenta também facilita a replicação do estudo em outras áreas da bacia hidrográfica, permitindo comparações e subsidiando ações de planejamento ambiental.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Descrição do Sistema de Abastecimento de Água da Aldeia Monte Mór

Para a elaboração do esquema representando o sistema de abastecimento de água da Aldeia Monte Mór, foi utilizada a simbologia padronizada pelo Atlas Águas – Abastecimento Urbano de Água, publicado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Esse material fornece uma base metodológica e visual para a identificação de mananciais, adutoras, reservatórios e pontos de coleta de amostras de água, permitindo maior clareza na representação esquemática do sistema (ANA, 2021).

A adoção dessa simbologia possibilitou a padronização do fluxograma, confeccionado na figura 9, facilitando a leitura e a comparação com outros sistemas analisados em estudos da ANA. Os ícones empregados na figura 9 (manancial superficial, reservatórios elevados e apoiados, adutoras em ferro ou PVC, pontos de coleta e sedes urbanas) permitem identificar de forma imediata os componentes do sistema de abastecimento, garantindo uma comunicação visual eficiente (ANA, 2021).

Figura 9 – Figuras e Siglas do Esquema

Município: Rio Tinto (Aldeia Monte-Mór)		Lista de Figuras e Siglas	
<p><b>Figura: Manancial</b></p> <p> Rio/Riacho</p> <p> Barragem/Reservatório/Açude</p>		<p><b>Figuras: Adutoras</b></p> <p> Água Bruta (Ferro)</p> <p> Água Bruta (PVC)</p>	
<p><b>Figuras: Reservatórios</b></p> <p> Elevado</p> <p> Apoiado</p>		<p><b>Figuras: Ponto de Coleta</b></p> <p> Ponto de Coleta para análise da qualidade da Água</p>	
		<p><b>Figuras: Sedes Urbanas</b></p> <p> Até 5.799 habitantes</p>	

Fonte: <sup>1</sup>Adaptado ANA (2021). <sup>2</sup>Comunicação feita em reuniões entre a equipe Técnica da Universidade Federal da Paraíba e assessores da Cacique da Aldeia Monte-Mór

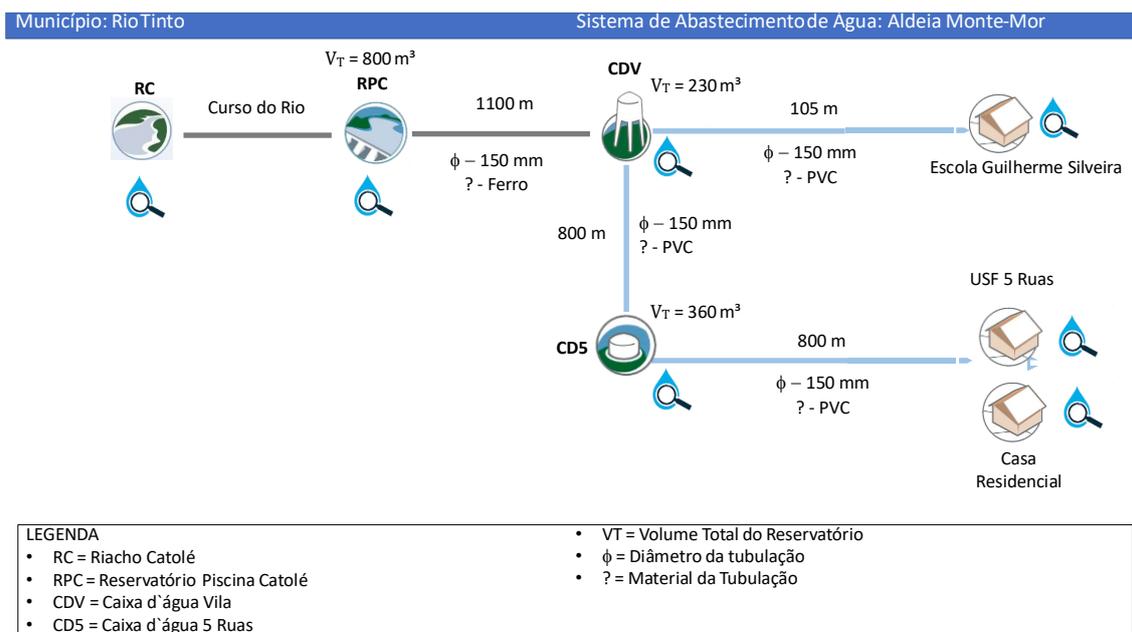
Fonte: Adaptado ANA, 2021.

De acordo com a ANA (2021), a utilização de representações gráficas padronizadas é fundamental para subsidiar diagnósticos sobre a oferta de água nos

municípios brasileiros e orientar estratégias de segurança hídrica. Nesse sentido, o fluxograma elaborado neste trabalho contribui para a compreensão integrada da infraestrutura local, evidenciando pontos críticos que podem impactar a qualidade da água distribuída à comunidade indígena.

O sistema de abastecimento de água da Aldeia Monte Mór está apresentado na Figura 10. Ele foi elaborado a partir de observações e levantamentos realizados em campo juntamente com informações técnicas coletadas com a equipe local. A visita técnica para coleta das informações ocorreu em 21 de agosto de 2025, contando com o auxílio dos assessores da Cacique Claudedir da Cruz Braz, responsável pela aldeia, o que garantiu maior fidedignidade ao levantamento realizado.

Figura 10 – Esquema do SAA da Aldeia Monte Mór



Fonte: Adaptado ANA, 2021.

O abastecimento de água na Aldeia tem início no Riacho Catolé (RC), identificado como o principal manancial superficial da comunidade. A água captada é conduzida para o Reservatório Piscina Catolé (RPC), por meio de uma barragem modificando, em parte, o curso do riacho, com volume total de 800 m<sup>3</sup>. Neste reservatório, não ocorre tratamento algum da água bruta, apenas a estabilização de vazão e o armazenamento.

Do RPC, a água bruta segue por meio de adutoras de ferro, de 150 mm de diâmetro, até a Caixa d'água Vila (CDV), com capacidade de 230 m<sup>3</sup>. A partir desse reservatório, uma linha de PVC de 150 mm de diâmetro e 800m de comprimento, abastece a Caixa d'água 5 Ruas (CD5), com capacidade de 360 m<sup>3</sup>. A presença de dois reservatórios (CDV e CD5), auxilia na setorização do abastecimento e contribui para a manutenção da pressão na rede, embora diferenças de distância e volume armazenado possam impactar na regularidade da distribuição. O CDV é responsável também pelo abastecimento do bairro Vila Regina onde está localizada a Escola Guilherme Silveira e residências próximas, localizada a cerca de 105 m do reservatório. Já o CD5 distribui água para a USF 5 Ruas e para outra parte das residências da comunidade, com adutoras que percorrem em torno de 800 m até os pontos de consumo.

Como destacado na Figura 8, foram coletadas 07 (sete) amostras de água para as análises físico-químicas e microbiológicas, todas, configuram-se como água bruta, porém, foram coletadas em diferentes pontos do sistema de abastecimento, conforme a figura 11, 12 e 13.

Figura 11 – Riacho Catolé e Reservatório Piscina Catolé



Fonte: Autor, 2025

Figura 12 – Caixa d'água da Vila e Parte superior da Caixa d'água das 5 ruas



Fonte: Autor, 2025.

Figura 13 – Coleta na Escola e na Unidade Básica de Saúde das 5 Ruas



Fonte: Autor, 2025.

A análise do sistema evidencia alguns pontos de atenção. Primeiramente, a ausência de uma estação de tratamento de água, minimamente, com as etapas de filtração e desinfecção da água, como exige o Art. 24 da Portaria N<sup>o</sup> 888/2021 para águas captadas em manancial superficial. Além disso, a utilização de adutoras antigas

de ferro no primeiro trecho da captação pode implicar em perdas hídricas e qualidade comprometida da água devido à corrosão interna das tubulações. Com relação as caixas d'água da vila e das 5 ruas, ambas com estrutura deteriorada, onde apresentavam registros e partes da tubulação desgastadas e enferrujadas. O Reservatório Piscina Catolé apresenta grande quantidade de lodo nas bordas e fundo do reservatório e nunca foi realizado uma limpeza. Apresenta uma área cercada por um muro baixo, como vimos na figura 11 e sua bomba flutuante, a qual realiza o transporte da água até a caixa d'água da vila.

A caixa d'água da Vila é elevada, apresentando riscos estruturais como fissuras em alguns pontos e ausência de escada, impossibilitando desde checagem da tampa de vedação a limpezas periódicas e/ou reparos. A caixa d'água das 5 ruas é um reservatório apoiado, apresentando também riscos estruturais, escada de acesso danificada, tampa de vedação enferrujada e no dia em questão a boia para fechar o sistema estava quebrada. Ambas as caixas d'água nunca foram submetidas a limpeza periódica desde o início da operação.

Outro aspecto relevante é que os pontos de coleta de água para análise da qualidade foram devidamente identificados no fluxograma, seguindo a padronização da ANA (2021). Essa etapa é fundamental para subsidiar o monitoramento da potabilidade, permitindo avaliar se a água distribuída atende aos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021, que dispõe sobre os parâmetros de qualidade da água para consumo humano no Brasil.

Portanto, a representação esquemática do sistema de abastecimento demonstra não apenas a infraestrutura disponível, ou a falta dela, neste caso, mas também destaca potenciais fragilidades relacionadas ao tipo de manancial, à idade dos materiais empregados e à necessidade de controle contínuo da qualidade da água. Esses elementos reforçam a importância de estudos como este para subsidiar medidas de segurança hídrica em comunidades indígenas.

## **5.2 Caracterização da Qualidade da água**

### **5.2.1. Análise da Água Bruta do Riacho Catolé**

A caracterização da qualidade da água é um processo essencial para avaliar sua potabilidade e identificar possíveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos fornecem informações relevantes

sobre as condições naturais do corpo hídrico, bem como sobre a influência de atividades antrópicas. Entre os principais indicadores utilizados estão pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, nutrientes (como nitrogênio e fósforo), além da presença de microrganismos patogênicos, como *Escherichia coli* e coliformes totais, que são marcadores de contaminação fecal (BRASIL, 2017; WHO, 2017). Dessa forma, a Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros analisados no Riacho Catolé, possibilitando uma avaliação comparativa em relação aos padrões estabelecidos pela legislação nacional e recomendações internacionais.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros analisados no Riacho Catolé. É importante destacar que a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece os critérios de enquadramento dos corpos hídricos superficiais de acordo com seus usos preponderantes, enquanto a Portaria GM/MS nº 888/2021 define os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Considerando que a água do Riacho Catolé é consumida diretamente pela comunidade, sem tratamento convencional, este estudo avaliou ambos os referenciais legais, com ênfase, nesta tabela, nos parâmetros de qualidade de água para a Classe 1 (da CONAMA 357/2005) e para a potabilidade. Essa abordagem permite verificar não apenas a adequação quanto ao enquadramento do manancial, mas, sobretudo, a segurança sanitária da água distribuída à população.

Comparativamente aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce Classe 1, a qualidade da água bruta do Riacho Catolé é boa, e enquadra-se ao esperado para classe 1, exceto no valor do pH, 5,92, que se encontra abaixo da faixa recomendada de 6,0 a 9,0. Condições de acidez podem comprometer a solubilidade de metais e afetar tanto os processos de tratamento quanto a biota aquática (VON SPERLING, 2014).

Com relação ao padrão de potabilidade, ao compararmos os resultados dos parâmetros analisados com os valores máximos permitidos da Portaria N° 888/2021, observa-se que o pH, a cor aparente, a presença de bactérias (constatada pela análise de coliformes totais e *E. Coli*) e o teor de ferro, estão em desacordo com as exigências da portaria para água potável.

Tabela 9 – Parâmetros analisados no Riacho Catolé

Parâmetro	Riacho Catolé	Conama 357 Classe 1	Portaria GM/MS 888	Unidades
Temperatura	23,2	-	-	°C
pH	5,92	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	-
Cor aparente	21,60	-	15	uH
Cor verdadeira	17,98	-	-	uH
Turbidez	2,11	40	5	NTU
Cloro Residual Livre	N/A	-	0,2 a 5,0	mg/L
<i>Escherichia coli</i>	12	160	Ausência	UFC/100mL
Coliformes Totais	55	200*	Ausência	UFC/100mL
Alumínio	0,09	0,1	0,2	mg/L
Cobre	N/A	0,009	2,0	mg/L
Ferro	0,37	0,3	0,3	mg/L
Manganês	N/A	0,1	0,1	mg/L
Zinco	N/A	0,18	5,0	mg/L
Fósforo	N/A	0,1	-	mg/L
Nitrogênio Total	2,12	-	-	mg/L
Nitrogênio Orgânico	1,16	-	-	mg/L
Amônia	0,02	3,7	-	mg/L
Nitrato	0,86	10,0	10,0	mg/L
Nitrito	N/A	1,0	1,0	mg/L
Salinidade	0,2	0,5**	0,5	‰
Sólidos Dissolvidos Totais	34	500	500	ppm
Sólidos Totais	8,4	-	-	mg/L
Condutividade	51	-	-	µS
Oxigênio Dissolvido	6,5	6,0	-	mg/L
DBO	1,13	3,0	-	mgO2/L

\* Coliformes termotolerantes. \*\* Classificação como água doce pela CONAMA 357/2005.

Fonte: Autor. 2025.

Comparativamente aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce Classe 1, a qualidade da água bruta do Riacho Catolé é boa, e enquadra-se ao esperado para classe 1, exceto no valor do pH, 5,92, que se encontra abaixo da faixa recomendada de 6,0 a 9,0. Condições de acidez podem

comprometer a solubilidade de metais e afetar tanto os processos de tratamento quanto a biota aquática (VON SPERLING, 2014).

Com relação ao padrão de potabilidade, ao compararmos os resultados dos parâmetros analisados com os valores máximos permitidos da Portaria N° 888/2021, observa-se que o pH, a cor aparente, a presença de bactérias (constatada pela análise de coliformes totais e E. Coli) e o teor de ferro, estão em desacordo com as exigências da portaria para água potável.

A cor aparente (21,60 uH) e a cor verdadeira (17,98 uH) ultrapassaram o limite de 15 uH estabelecido pela legislação nacional, indicando presença de compostos orgânicos dissolvidos, possivelmente associados à decomposição de matéria orgânica ou ao carreamento de substâncias provenientes da bacia hidrográfica (LIBÂNIO, 2010).

Do ponto de vista microbiológico, os resultados apontaram a presença de *Escherichia coli* (12 UFC/100 mL) e de coliformes totais (55 UFC/100 mL), em desacordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, que exige ausência desses microrganismos em 100 mL de amostra destinada ao consumo humano. Esse achado evidencia risco direto à saúde, tendo em vista a associação desses indicadores com doenças de veiculação hídrica, como diarreias infecciosas, hepatite A, cólera e febre tifóide (WHO, 2017).

A análise integrada evidencia que, embora alguns parâmetros estejam em conformidade, outros ultrapassaram limites legais e normativos, revelando fragilidades na qualidade da água do Riacho Catolé e potenciais riscos para a saúde humana. Essa constatação reforça a necessidade de monitoramento sistemático e da implementação de medidas de proteção e recuperação da qualidade da água, sobretudo, a implementação de um sistema de filtração e desinfecção, e, se necessário o ajuste de pH, para adequar a qualidade da água ao padrão de potabilidade.

### 5.3.2. Índice de Qualidade da Água

A Tabela 10 apresenta os parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), seguindo a metodologia proposta pela National Sanitation Foundation (NSF) e adaptada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017). Os parâmetros contemplam variáveis físicas, químicas e biológicas,

cada um ponderado por seu respectivo peso ( $w_i$ ), de modo a refletir sua importância relativa na determinação da qualidade da água.

De acordo com a Tabela 10, observa-se que foram considerados nove parâmetros: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, coliformes termotolerantes, turbidez e resíduos totais. Para cada parâmetro, foi atribuído um subíndice ( $q_i$ ) a partir do valor medido, e posteriormente multiplicado pelo peso correspondente, resultando em  $q_i \cdot w_i$ . A soma desses produtos resultou em um **IQA de 69,33**, valor que, segundo a classificação da CETESB (2017), enquadra-se na categoria de qualidade “Boa” ( $51 < IQA \leq 79$ ).

Nota-se que parâmetros como oxigênio dissolvido (93) e DBO (100) apresentaram subíndices elevados, contribuindo de forma positiva para o resultado. Por outro lado, variáveis como fósforo total (10) e temperatura (48,6) apresentaram baixos subíndices, evidenciando potenciais pressões ambientais sobre o corpo hídrico. Essa variação reflete a importância de avaliar o conjunto de parâmetros, uma vez que isoladamente não traduzem a real condição do manancial (CETESB, 2017; ANA, 2021).

Tabela 10 – Parâmetros do Índice de Qualidade da Água

Parâmetro	Peso ( $w_i$ )	Valor medido	Subíndice ( $q_i$ )	$q_i \cdot w_i$
Oxigênio Dissolvido	0,17	6,5	93	2,161
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,15	1,12	100	1,995
pH	0,12	5,92	85,594	1,705
Fósforo Total	0,10	0,60	10	1,259
Nitrogênio Total	0,10	2,12	76,64	1,543
Temperatura	0,10	23,2	48,6	1,474
Coliformes Termotolerantes	0,10	68,75	99,3125	1,583
Turbidez	0,08	2,11	95,78	1,440
Resíduos Totais	0,08	8,4	99,832	1,445
<b>ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>				<b>69,330</b>

Fonte: autor, 2025.

### 5.2.3. Análise de Qualidade da Água na Rede de Distribuição, Reservação e Pontos de Consumo

Além da caracterização da água bruta, coletada diretamente no manancial superficial (Tabela 9), foram realizadas análises em diferentes pontos do sistema de abastecimento de água, incluindo: uma amostra coletada na saída do reservatório da piscina do Catolé (RPC); uma amostra coletada na saída da caixa d'água da Vila (CDV); uma amostra coletada na saída da caixa d'água da comunidade 5 Ruas (CD5); e três amostras coletadas em pontos de consumo, uma coletada na Escola Guilherme Silveira, outra na Unidade Básica de Saúde das 5 Ruas e mais uma em uma residência local. Os resultados estão apresentados na tabela 11, possibilitando avaliar variações na qualidade da água ao longo do sistema de distribuição e reservação da água.

Nesse sentido, como pode ser observado na tabela 11, a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em alguns pontos, evidencia a inconformidade com a legislação vigente, indicando risco à saúde da comunidade (APHA, 2017; WHO, 2017).

Os resultados reforçam que a qualidade da água pode sofrer alterações não apenas na captação, mas também durante o armazenamento e distribuição devido a fatores como ausência de manutenção e higienização de reservatórios, infiltrações e deficiências estruturais (HELLER; PÁDUA, 2006; FUNASA, 2014).

Tabela 11 – Caracterização das Amostras

Parâmetros	Riacho Catolé	Reservatório Piscina Catolé	Caixa d'água Vila	Escola Guilherme Silveira	Caixa d'água 5 Ruas	Unidade Básica de Saúde das 5 Ruas	Residência Local	Portaria 888/2021	Unidades
Temperatura	23,2	18,4	18,8	17,8	20,3	21,9	20,8		°C
pH	5,92	6,04	6,01	6,01	5,91	6,5	6,01	6,0 a 9,0	
Cor aparente	21,60	28,85	25,23	28,85	39,73	46,98	39,73	15	uH
Cor verdadeira	17,98	25,23	21,60	25,23	32,48	43,35	32,48		uH (mg PtCo/L)
Turbidez	2,11	2,11	2,11	2,39	2,96	3,53	2,96	5	NTU
Coliformes Totais	55	105						Ausência	UFC/100mL
<i>Escherichia-coli</i>	12	11						Ausência	UFC/100mL
Colilert C.T			Presente	Presente	Presente	Presente	Presente		
Colilert E.C			Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente		

Legenda: C.T – Coliformes Totais / E.C - Escherichia-coli

Fonte: Autor, 2025

Observa-se, pelos resultados da Tabela 11, ao longo dos sistemas de reservação e distribuição, um aumento considerável nos valores de cor aparente, chegando a um valor máximo de 47 mg PtCo/L, na Unidade Básica de Saúde. A cor aparente pode estar associada, tanto com a presença sólidos em suspensão e de matéria orgânica dissolvida, quanto com a presença de ferro e manganês oriundos da tubulação de distribuição ou de estruturas metálicas expostas dos reservatórios.

Ressalta-se também, o aumento na contagem de bactérias, coliformes totais, da água bruta (coletada no Riacho Catolé), para a água coletada na saída do Reservatório da Piscina Catolé, e a sua permanência nas amostras de água coletadas nos diferentes pontos de consumo. Segundo levantado com a liderança local, não existe qualquer processo de desinfecção instalado no sistema, o que explica essa permanência. A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* evidencia inconformidade com a legislação vigente, indicando um alto risco à saúde da comunidade indígena. Os resultados reforçam, portanto, a necessidade e a urgência da instalação de um sistema de desinfecção da água, que mantenha, no mínimo, um teor residual de cloro livre de 0,2 mg/L. Além disso, mostram que a qualidade da água pode sofrer alterações, durante o armazenamento e a distribuição, devido a fatores como ausência de manutenção e higienização dos reservatórios, infiltrações e deficiências estruturais (como ausência de impermeabilização e tampas de vedação).

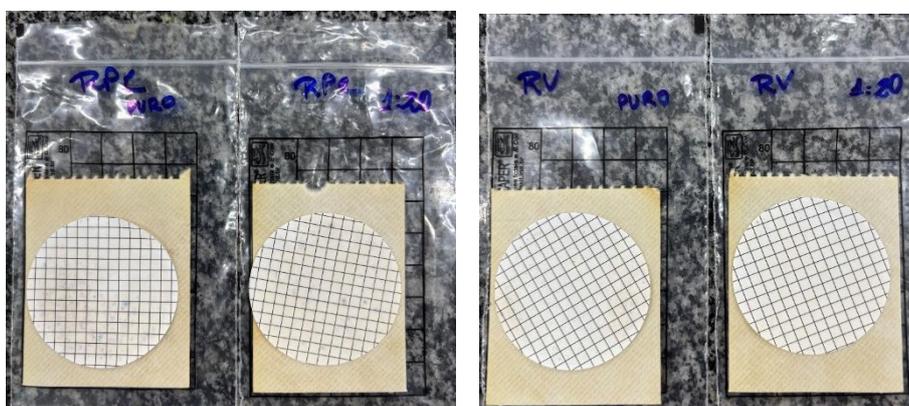
Observa-se na Tabela 11 que a temperatura variou entre 17,8 e 23,2 °C, dentro da faixa considerada aceitável para águas destinadas ao abastecimento, embora valores mais elevados possam favorecer o crescimento de microrganismos e acelerar reações químicas (CETESB, 2021). O pH variou de 5,91 a 6,51, apresentando valores ligeiramente abaixo da faixa de potabilidade estabelecida pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde (6,0 a 9,5), o que pode indicar tendência à acidez, possivelmente relacionada a características naturais do manancial ou a processos de contaminação por matéria orgânica (BRASIL, 2021).

Quanto à turbidez, os valores oscilaram entre 2,11 e 3,53 NTU, situando-se abaixo do limite máximo de 5,0 NTU estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2021). No entanto, a presença de variação entre pontos evidencia possíveis diferenças no aporte de sólidos suspensos e matéria orgânica no sistema indicando vulnerabilidade à contaminação difusa.

Os resultados microbiológicos chamam atenção para a presença de coliformes totais em alguns pontos de coleta, como no reservatório da piscina do Catolé (105 UFC/100 mL), disposto na figura 14, ultrapassando o limite estabelecido pela legislação, que exige ausência em 100 mL de amostra (BRASIL, 2021). Além disso, foi detectada a presença de *Escherichia coli* em quatro amostras, confirmada pelo teste Colilert®, representado também na figura 15, o que caracteriza contaminação fecal recente e representa risco direto à saúde humana, visto que a legislação brasileira e a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017) preconizam a ausência total de *E. coli* em águas destinadas ao consumo. Essa contaminação está associada a ausência do processo de tratamento e possíveis contaminações pontuais no sistema de distribuição.

De forma geral, os resultados indicam que, embora parâmetros como turbidez e temperatura estejam dentro dos limites legais, a presença de coliformes totais e *E. coli* em pontos de distribuição evidencia riscos à segurança hídrica da população abastecida. Portanto, é necessária iniciar processos de tratamento ao sistema para manter integridade do sistema, de modo a garantir que a água chegue às comunidades em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos (BRASIL, 2017; WHO, 2017; CETESB, 2021).

Figura 14 – Contagem Microbiológica por Membrana do Riacho e Piscina



Fonte: Autor, 2025.

A Figura 14 apresenta os filtros utilizados na contagem microbiológica por membrana para as amostras coletadas no Riacho e no reservatório da piscina. O procedimento foi realizado com o auxílio do kit ColiPaper® (Alfakit), no qual a amostra de água é previamente filtrada e a membrana depositada em meio de cultura específico para o crescimento de coliformes totais e *Escherichia coli*. A contagem dos pontos formados sobre a grade foi realizada por mais de um membro do laboratório, de forma independente, a fim de validar os resultados e minimizar possíveis erros de leitura, adotando-se como valor final a média das contagens observadas. De acordo com as instruções do fabricante, a presença de coliformes é evidenciada pela formação de colônias características que se destacam na superfície da membrana, permitindo a quantificação direta dos microrganismos presentes na amostra (ALFAKIT, 2020). Esse procedimento garante maior confiabilidade às análises e reforça a adequação do método empregado para avaliação da qualidade microbiológica da água.

A Figura 15 ilustra o resultado do ensaio Colilert® aplicado às amostras coletadas em diferentes pontos da rede de distribuição. Este método baseia-se na reação cromogênica e fluorogênica de substratos específicos, onde a coloração amarela observada nas amostras indica a presença de coliformes totais, enquanto a fluorescência azul sob luz ultravioleta confirma a presença de *Escherichia coli* (APHA, 2017; ALFAKIT, 2020). A interpretação é, portanto, qualitativa e direta, dispensando etapas adicionais de contagem, o que torna o método rápido e sensível para a detecção de contaminação fecal. Nos ensaios realizados, verificou-se que mais de um ponto apresentou fluorescência, confirmando a presença de *E. coli*, o que caracteriza contaminação microbiológica e representa risco à saúde pública.

Figura 15 – Ensaio Colilert



Fonte: Autor, 2025.

#### 5.4 Matriz de Avaliação e Priorização de Riscos

A avaliação dos riscos associados ao Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é uma etapa fundamental para compreender os pontos críticos que podem comprometer a qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde da população atendida. Nesse sentido, a construção de uma matriz de risco permite identificar, classificar e priorizar os perigos presentes em cada etapa do sistema, desde a captação até a distribuição, considerando tanto os aspectos físicos e químicos quanto os microbiológicos (WHO, 2017; BRASIL, 2017). Esse tipo de ferramenta é amplamente recomendada em planos de segurança da água por possibilitar a visualização dos eventos de risco, sua probabilidade de ocorrência e a gravidade de seus impactos (CETESB, 2021). A Tabela 12 apresenta a matriz de risco elaborada para o SAA em estudo, contemplando os principais perigos identificados e sua respectiva categorização.

Tabela 12 – Matriz de Avaliação de Riscos do Sistema de Abastecimento de Água da Aldeia Monte Mór

		Tabela de Classificação dos Riscos – Aldeia Monte Mór					
Etapa	Elementos	Identificação		Caracterização do Evento Perigoso			Risco
		Eventos Perigosos	Perigo	Probabilidade (Peso)	Severidade (Peso)	Pontuação	
Captação e Adução - Manancial	Riocho Catolé	Qualidade da água bruta inapropriada para o consumo humano, em desacordo com a portaria nº 888/2021	F, Q e B	4	3	12	Elevado
		Colapso do sistema, devido à falta de água no sistema	Quantitativo	1	2	2	Baixo
		Interrupção do abastecimento devido à impossibilidade de chegar ao local de captação em tempo hábil para solucionar a possível intercorrência	Quantitativo	1	5	5	Baixo
		Crescimento de macrófitas acarretando a alteração da qualidade da água	Quantitativo	2	2	4	Baixo
		Contaminação ou assoreamento do manancial devido a ausência da mata ciliar	F, Q e B	1	3	3	Baixo
		Mau estado de conservação de equipamentos	F	3	3	9	Moderado
	Reservatório Piscina Catolé	Risco Estrutural	F e Q	2	2	4	Baixo
		Criação e/ou presença de animais	F e B	2	2	4	Baixo
		Segurança no entorno	F e Q	2	3	6	Moderado
		Acesso não controlado	F e Q	2	2	4	Baixo
		Contaminação química e/ou biológica	Q e B	2	4	8	Moderado

## Armazenamento e Distribuição de Água

	Proliferação de bactérias patogênicas	B	4	4	16	Extremo
	Carreamento de resíduos durante chuva	F, Q e B	2	3	6	Moderado
	Acúmulo de sedimentos	F	3	3	9	Moderado
Vedação da Caixa	Ausência ou danificação da tampa de vedação da caixa	B e F	3	4	12	Elevado
Estado de conservação da base da caixa	Estrutura de sustentação degradada	Quantitativo	5	5	25	Extremo
Escada para manutenção	Ausência de escada (impede a manutenção e limpeza)	Quantitativo, B e F	4	2	8	Moderado
Itens estruturais (tubos, registros, estrutura)	Ocorrência de vazamentos por falta de manutenção	Quantitativo	4	3	12	Elevado
	Ausência do monitoramento do nível de água do reservatório	Quantitativo	3	2	6	Moderado
Reservatórios	Proliferação de bactérias patogênicas	B	4	4	16	Extremo
	Inadequação do padrão organoléptico da água, art 38 da Portaria	Q e F	3	2	6	Moderado
Sistema de distribuição	Ausência do monitoramento da qualidade da água, com frequência, número de amostras e parâmetros, conforme o plano de amostragem sugerido pela Portaria GM/MS nº 888/2021	F, Q e B	5	3	15	Elevado
Rede de distribuição	Ausência do Monitoramento da vazão e pressão da rede	Quantitativo, B e F	4	3	12	Elevado

Consumidor final	Ausência de medição da vazão consumida	Quantitativo	5	2	10	Moderado
	Ausência do monitoramento da qualidade da água, com frequência, número de amostras e parâmetros, conforme o plano de amostragem sugerido pela portaria GM/MS nº 888/2021	F, Q e B	5	3	15	Elevado

Fonte: Autor, 2025

Nota: F = Perigo físico; B = Perigo biológico; Q = Perigo químico.

A matriz de risco elaborada para o sistema de abastecimento de água da Aldeia Monte Mór permitiu identificar pontos críticos ao longo das etapas de captação, reservação e distribuição. Conforme indicado na Tabela 12, os riscos variaram de baixo a extremo, evidenciando a vulnerabilidade estrutural e operacional do sistema.

No que se refere à captação no Riacho Catolé (Rio Vermelho), destaca-se a classificação de risco elevado para a qualidade da água bruta, em razão do descumprimento dos parâmetros de potabilidade previstos na Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Essa constatação é consistente com estudos que relacionam a utilização de água não tratada com a presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal, como *Escherichia coli*, associados à transmissão de doenças de veiculação hídrica, incluindo diarreia, hepatite A e disenteria (EDBERG et al., 2000; STANDRIDGE, 2008).

Entre os riscos moderados identificados nessa etapa, destaca-se o mau estado de conservação de equipamentos. A literatura ressalta que a precariedade das infraestruturas hídricas é um fator determinante na degradação da qualidade da água e no aumento da vulnerabilidade sanitária (BRITO; RUFINO, 2022; SAITO, 2018).

Na etapa de reservação (Piscina Catolé), foram identificados riscos elevados e extremos relacionados ao estado de conservação da caixa de armazenamento. A ausência de tampas adequadas e a degradação estrutural representam ameaças significativas, com pontuação máxima (25) para risco extremo. A literatura aponta que a deterioração de reservatórios comunitários favorece a proliferação de vetores e microrganismos patogênicos, comprometendo diretamente a saúde pública (WHO, 2017; FUNASA, 2010).

Outro aspecto relevante é a ocorrência de eventos de risco associados a resíduos sólidos e sedimentos durante períodos chuvosos, classificados como moderados. Esse fator encontra respaldo em pesquisas que mostram a relação entre escoamento superficial, assoreamento e degradação da qualidade da água em mananciais utilizados para abastecimento (FRANÇA, 2016; RUFINO, 2022). Na etapa de armazenamento e distribuição, observa-se a presença de riscos classificados como elevados e extremos, como a ausência de monitoramento da qualidade da água conforme diretrizes legais (BRASIL, 2021). A inexistência de controle sistemático compromete a capacidade de prevenção de surtos de doenças, situação já

evidenciada em comunidades tradicionais e indígenas brasileiras (FUNASA, 2010; BRASIL, 2019). Além disso, a proliferação de bactérias patogênicas nos reservatórios, também categorizada como risco extremo, reforça a necessidade de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da vigilância em saúde ambiental.

Por fim, os riscos associados à ausência de monitoramento da vazão e pressão da rede, bem como à inexistência de dados sobre consumo final, foram classificados como moderados a elevados. Essa condição reflete uma fragilidade gerencial e institucional, visto que a segurança hídrica não depende apenas de variáveis físico-químicas e microbiológicas, mas também da capacidade de governança, planejamento e gestão integrada (ONU, 2013; MELO; JOHNSON, 2017).

Assim, a análise integrada da matriz de risco evidencia que a insegurança hídrica da Aldeia Monte Mór não se limita à disponibilidade quantitativa, mas abrange vulnerabilidades múltiplas, de natureza técnica, ambiental, social e institucional. Esses resultados reforçam a necessidade de soluções adaptadas ao contexto local, que conciliem critérios de saúde pública, preservação ambiental e respeito à cultura indígena, conforme defendem Saito (2018) e Brito & Rufino (2022).

### **5.5 Medidas de Controle**

A matriz de risco (Tabela 12) evidenciou vulnerabilidades no sistema de abastecimento da Aldeia Monte Mór, relacionadas à qualidade da água, conservação de estruturas e ausência de monitoramento. Essas fragilidades, semelhantes às descritas em outros contextos de comunidades tradicionais no Brasil (FRANÇA, 2016; SAITO, 2018; BRITO; RUFINO, 2022), reforçam a necessidade de medidas de adequação. Nesse sentido, a Tabela 13 apresenta propostas de intervenções técnicas e de gestão, alinhadas às recomendações da Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021) e da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017), visando garantir maior segurança hídrica e proteção à saúde da população.

Tabela 13 – Prevenção e Aplicação das Medidas

Tabela de Medidas de Controle para os Eventos Perigosos

Etapa	Elementos	Identificação	Prevenção	Aplicação	
		Eventos Perigosos	Medidas de Controle	Onde	Quando
Captação e Adução da Água - Manancial	Manancial Superficial	Qualidade da água bruta inapropriada para o consumo humano, em desacordo com a portaria nº 888/2021	Ações corretivas (desinfecção ou agente desinfectante) e monitoramento. Anexo 1 e 2 e art. 32 da Portaria	Manancial e Piscina Catolé	Imediato
		Colapso do sistema, devido a falta de água no sistema	Planejamento de uso racional, proteção de nascentes	Área do Manancial	Curto prazo
		Interrupção do abastecimento devido à impossibilidade de chegar ao local de captação em tempo hábil para solucionar a possível intercorrência	Manutenção preventiva dos equipamentos de captação e bombeamento.	Estrutura de captação	Longo prazo
		Crescimento de macrófitas acarretando a alteração da qualidade da água	Controle da vegetação aquática, manejo físico (retirada periódica).	Manancial	Curto prazo
		Contaminação ou assoreamento do manancial devido a ausência da mata ciliar	Recuperação da mata ciliar, construção de barreiras contra erosão.	Entorno do manancial	Longo prazo
		Reservatório Piscina Catolé	Mau estado de conservação de equipamentos	Inspeções preventivas, substituição de peças danificadas.	Estrutura de captação e adução
	Risco Estrutural		Vistorias técnicas da barragem, manutenção de fissuras, reforço estrutural.	Reservatório	Longo prazo
	Criação e/ou presença de animais no entorno		Cercamento do entorno, fiscalização comunitária.	Reservatório / entorno	Longo prazo

Segurança no entorno	Sinalização, cercamento, controle de acesso.	Entorno do reservatório	Curto prazo
Acesso não controlado	Implantação de portões ou cercas, campanhas de conscientização.	Piscina Catolé	Curto prazo
Contaminação química e/ou biológica	Proteção contra descarte de resíduos, monitoramento da água, aplicação de agente desinfectante	Reservatório / manancial	Imediato
Proliferação de bactérias patogênicas	Agente desinfectante e monitoramento	Piscina Catolé	Curto prazo
Carreamento de resíduos durante chuva	Construção de valetas de drenagem, barreiras contra sólidos, preservação da mata ciliar.	Entorno do reservatório	Curto prazo
Acúmulo de sedimentos	Dragagem periódica e limpeza do fundo do reservatório a cada 6 meses.	Piscina Catolé	Imediato

## Armazenamento de Água e Distribuição

Vedação da Caixa	Ausência ou danificação da tampa de vedação da caixa	Instalação e manutenção de tampas adequadas, inspeções frequentes semestrais	Reservatório/caixas	Curto prazo
Estado de conservação da base da caixa	Estrutura de sustentação degradada	Realizar inspeções estruturais periódicas (semestral), reforço/recuperação da base, substituição em caso de risco de colapso.	Estrutura das Caixas	Imediato
Escada de manutenção	Ausência de escada (impede a manutenção e limpeza)	Instalar escada fixa ou portátil com proteção; garantir acesso seguro para limpeza e inspeções.	Estrutura das Caixas	Imediato
Itens estruturais do reservatório (tubos, estrutura, registros.)	Ocorrência de vazamentos por falta de manutenção	Manutenção preventiva, substituição de tubulações/registro com desgaste, inspeções frequentes.	Estrutura das Caixas	Imediato
Reservatório	Ausência do monitoramento do nível de água do reservatório	Instalar régua de nível ou sensor; registro periódico do volume.	Reservatórios	Longo prazo

	Proliferação de bactérias patogênicas	Limpeza e desinfecção periódica do reservatório; aplicação regular de cloro; monitoramento microbiológico.	Reservatórios	Imediato
	Inadequação do padrão organoléptico da água	Cumprimento do Anexo 11 da Portaria GM/MS 888/2021	Rede e reservatórios	Curto prazo
Sistema de Distribuição	Ausência do monitoramento da qualidade da água, com frequência, número de amostras e parâmetros, conforme o plano de amostragem sugerido pela portaria GM/MS nº 888/2021	Realizar análises conforme legislação (Portaria GM/MS nº 888/2021), com plano de amostragem definido.	Pontos de coleta da rede	Curto prazo
Rede de Distribuição	Ausência do Monitoramento da vazão e pressão da rede	Instalar manômetros e hidrômetros; manter registros; manutenção de bombas.	Rede de Distribuição	Curto prazo
Consumidor Final	Ausência de medição da vazão consumida	Instalar hidrômetros comunitários ou individuais; acompanhar registros.	Pontos de consumo	Longo prazo
	Ausência do monitoramento da qualidade da água, com frequência, número de amostras e parâmetros, conforme o plano de amostragem sugerido pela portaria GM/MS nº 888/2021	Estabelecer plano de monitoramento, registrar resultados e adotar medidas corretivas quando necessário. Anexo 14 da Portaria	Pontos de consumo	Imediato

Fonte: Autor, 2025

As medidas de adequação propostas (Tabela 13) foram elaboradas a partir da análise da matriz de avaliação dos riscos, buscando responder às principais vulnerabilidades identificadas no sistema de abastecimento da Aldeia Monte Mór. Essas ações contemplam intervenções de caráter imediato, voltadas à eliminação de riscos críticos, e medidas de curto e longo prazo, destinadas à manutenção e melhoria contínua da qualidade da água e da infraestrutura.

Na etapa de captação, destaca-se a necessidade de monitoramento sistemático da qualidade da água bruta, incluindo parâmetros físico-químicos e microbiológicos como *E. coli* e coliformes totais, em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Esse monitoramento é fundamental, uma vez que a ausência de tratamento favorece a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como hepatite A, cólera e diarreias agudas (WHO, 2017). Além disso, cabe destacar que, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, águas de Classe 1 – categoria na qual se enquadra o Riacho Catolé – devem ser destinadas ao abastecimento humano apenas após tratamento simplificado, isto é, submetidas ao processo de filtração (BRASIL, 2005). Essa exigência é reforçada pelo Art. 24 da Portaria GM/MS nº 888/2021, que determina que águas provenientes de manancial superficial devem obrigatoriamente passar por filtração, além da desinfecção, antes de serem disponibilizadas à população (BRASIL, 2021).

Medidas como a proteção da nascente e a recuperação da mata ciliar também são centrais, visto que a degradação do entorno dos mananciais aumenta o risco de assoreamento e contaminação (FRANÇA, 2016; RUFINO, 2022). Na reservação (Piscina Catolé), foram propostas ações de caráter estrutural, como a instalação de tampas, inspeções periódicas e reparo de fissuras, consideradas fundamentais para reduzir riscos de contaminação externa e proliferação de vetores. A literatura aponta que reservatórios comunitários sem manutenção adequada apresentam condições favoráveis ao crescimento de bactérias patogênicas e comprometem a segurança sanitária (FUNASA, 2010; WHO, 2017).

Para a etapa de distribuição da água, as medidas propostas envolvem o fortalecimento do monitoramento, incluindo a instalação de hidrômetros e manômetros para controle da vazão e pressão da rede. A ausência de dados de consumo e fluxo compromete a gestão eficiente do sistema, prejudicando o planejamento de ações preventivas e a avaliação do desempenho operacional (BRITO; RUFINO, 2022). Além

disso, a implementação de programas regulares de análises laboratoriais garante maior confiabilidade no abastecimento, alinhando-se às recomendações da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017).

No consumidor final, destacam-se ações de vigilância, como a medição sistemática da vazão consumida e o estabelecimento de um plano de monitoramento contínuo. Essas medidas fortalecem o princípio da segurança hídrica ao integrar aspectos técnicos de qualidade da água, gestão participativa e promoção da saúde coletiva (SAITO, 2018; ONU, 2013).

De forma geral, as medidas elencadas na Tabela 13 refletem um conjunto de ações que visam mitigar riscos imediatos e, ao mesmo tempo, estruturar uma política de gestão hídrica sustentável na Aldeia Monte Mór. Ao considerar tanto aspectos ambientais quanto sociais, essas propostas convergem com a abordagem de segurança hídrica defendida por Brito & Rufino (2022), que enfatizam a equidade, a resiliência comunitária e a proteção dos ecossistemas.

## **5.6 Proposta de Melhoria para o Sistema**

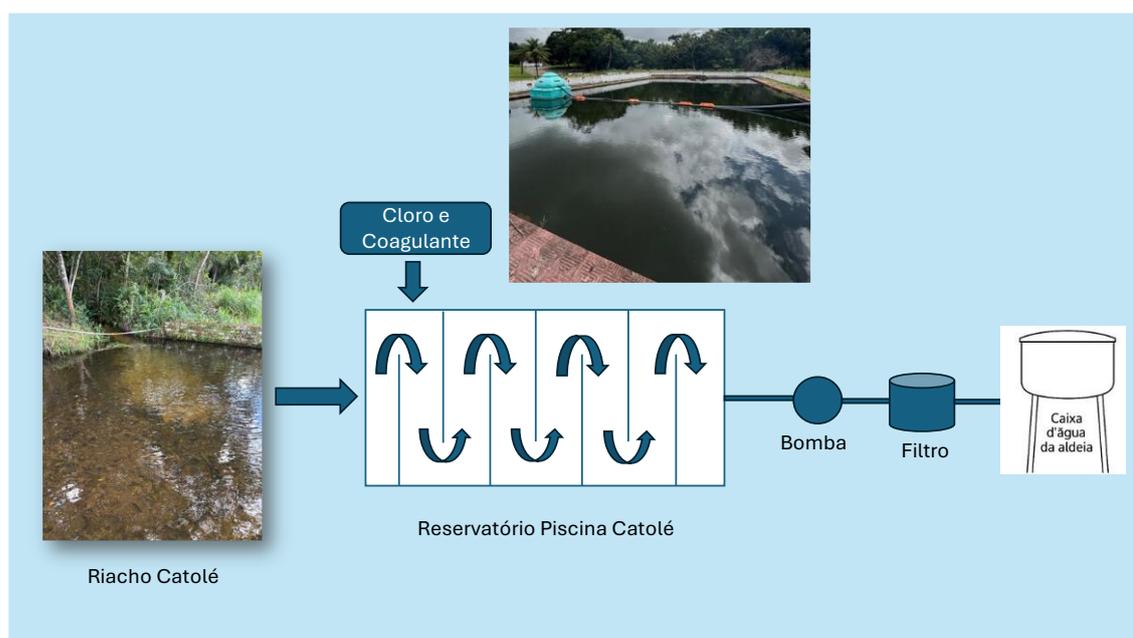
Além das medidas de controle apresentadas no tópico anterior, propõe-se como solução de caráter estrutural a implementação de um sistema simplificado de tratamento no Reservatório Piscina Catolé, ilustrado na Figura 16.

A proposta contempla a construção de chicanas no interior da piscina, promovendo um escoamento em regime pistonado e ampliando o tempo de contato entre a água e os agentes químicos. Nesse ponto, seriam adicionados cloro e coagulante, garantindo tanto a desinfecção quanto a aglomeração e posterior remoção de partículas em suspensão.

Embora as análises realizadas tenham indicado valores de turbidez em conformidade com a legislação, a adição de coagulante é uma medida preventiva que aumenta a eficiência da etapa de filtração subsequente. Isso ocorre porque a coagulação favorece a formação de flocos maiores e mais densos, facilitando sua retenção no meio filtrante. Além disso, essa etapa contribui para a redução da cor aparente da água, parâmetro que, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, deve apresentar valores inferiores a 15 uH. Dessa forma, o processo de coagulação atua não apenas como reforço ao atendimento do padrão de turbidez, mas também

como mecanismo adicional para assegurar que a água distribuída mantenha características estéticas adequadas e dentro do limite de cor estabelecido.

Figura 16 – Proposta de melhoria para o sistema de abastecimento com chicanas, aplicação de cloro e coagulante, bomba e filtro ao final do Reservatório Piscina Catolé.



Fonte: Autor, 2025

Na sequência, a água passaria por uma bomba e seguiria para um filtro de areia, etapa essencial para a retenção de sólidos e microrganismos remanescentes. Por fim, o efluente tratado seria encaminhado à caixa d'água da aldeia para distribuição à comunidade.

Essa proposta atende às exigências da Portaria GM/MS nº 888/2021, que no art. 24 determina que águas provenientes de mananciais superficiais devem obrigatoriamente ser submetidas à filtração e à desinfecção antes do consumo humano. Além disso, a medida garante o cumprimento do art. 32, assegurando o teor residual mínimo de 0,2 mg/L de cloro livre em toda a extensão da rede de distribuição. A inclusão de barreiras sucessivas de tratamento (coagulação, floculação, filtração e desinfecção) também contribui para que a turbidez se mantenha dentro do limite de 5 uT e que haja conformidade com o padrão microbiológico estabelecido no art. 27, que exige ausência de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra.

Portanto, a adoção desse arranjo simplificado de tratamento tem potencial de transformar a atual condição de insegurança hídrica em um sistema mais robusto e em conformidade com a legislação vigente, minimizando riscos de veiculação de doenças e promovendo maior proteção à saúde da comunidade.

## 6 CONCLUSÃO

A avaliação do sistema de abastecimento da Aldeia Monte Mór evidenciou fragilidades significativas relacionadas à qualidade da água distribuída, em especial a ausência de tratamento adequado do manancial superficial utilizado. As análises físico-químicas e microbiológicas revelaram não conformidades em parâmetros fundamentais para a potabilidade, como a presença de *Escherichia coli*, coliformes totais e valores de pH e cor fora dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Esses achados reforçam a vulnerabilidade sanitária da comunidade e a necessidade de intervenções imediatas para a redução dos riscos associados às doenças de veiculação hídrica.

A aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e da matriz de risco possibilitou compreender de forma integrada os desafios enfrentados. Apesar da classificação do IQA como “bom”, a matriz de risco apontou situações críticas, como o estado precário dos reservatórios, o uso de adutoras antigas de ferro, a inexistência de barreiras sanitárias efetivas e a ausência de monitoramento contínuo. Esses fatores demonstram que a qualidade final da água não depende apenas do manancial, mas também das condições estruturais e operacionais do sistema de abastecimento. Nesse contexto, foram propostas medidas de adequação que incluem a implementação de um tratamento simplificado, com etapas de coagulação, filtração e desinfecção, garantindo turbidez inferior a 5 uT, cor aparente abaixo de 15 uH e manutenção do residual mínimo de 0,2 mg/L de cloro livre, conforme a legislação vigente. Tais medidas, associadas à limpeza periódica dos reservatórios, à modernização da infraestrutura e à adoção de práticas de vigilância sistemática, representam um avanço concreto na segurança hídrica local.

Conclui-se, portanto, que a efetivação das propostas apresentadas depende de ações conjuntas entre poder público, instituições de pesquisa e a comunidade indígena, de modo a assegurar a sustentabilidade do sistema e o direito fundamental à água potável. A adoção de soluções técnicas viáveis, respeitando as particularidades socioculturais da aldeia, constitui não apenas uma medida de proteção à saúde, mas também um passo relevante na promoção da justiça socioambiental e na redução das desigualdades que incidem sobre os povos indígenas.

## 7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Daniel Farias et al. Relação entre o abastecimento de água e a ocorrência de doenças em indígenas no estado do Maranhão, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4028>. Acesso em: 11 set. 2025.

ALVES, Carlos Antônio Berlamino. Consumo responsável para a regeneração do planeta terra. Guarabira, 2008. Disponível em: [www.guarabira.pb.gov.br](http://www.guarabira.pb.gov.br). Acesso em: 28 ago. 2025, às 13:09h.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual*. Brasília: ANA, 2022.

APHA – American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23. ed. Washington: APHA, 2017.

BEZERRA, Antonia Diana Alves et al. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. *Acta Biomédica Brasiliensia*, v. 8, n. 1, p. 24-34, jul. 2017.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. *Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Diretrizes para monitoramento da qualidade da água para consumo humano em aldeias indígenas – DMQAI*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual de orientação para agentes indígenas de saneamento da Região Amazônica*. Volume II – Operação e manutenção de sistemas de tratamento e abastecimento de água. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Qualidade da água para consumo humano: cartilha para promoção e proteção da saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. 53 p.

BRASIL. Secretaria Especial de Saúde Indígena – SESAI. *Relatório de Análise de Impacto Regulatório – AIR: Programa Nacional de Acesso à Água Potável em Terras Indígenas – PNATI*. Brasília, set. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sesai>. Acesso em: 11 set. 2025.

BRITO, Higor Costa de; BRITO, Yáscara Maia Araújo de; RUFINO, Iana Alexandra Alves. O Índice de Segurança Hídrica do Brasil e o Semiárido Brasileiro: desafios e

riscos futuros. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 74, n. 1, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv74n1-60928>.

CAVALCANTE, Márcio Balbino; ARRUDA, Luciene Vieira de. O Planejamento dos recursos hídricos na Caatinga: um olhar sobre as condições ambientais na Microbacia do Rio Calabouço-PB/RN. *Caminho da Geografia (UFU)*, v. 9, n. 28, 2008.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Índice de qualidade das águas: IQA*. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/indice-de-qualidade-das-aguas-iqa/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. v. 2. São Carlos: Rima, 2005.

FARIAS, Beatriz Aranha de. *Diagnóstico da qualidade da água do Rio Jaguaribe ao longo da última década*. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba.

FEITOSA, Fernando A. C. et al. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

FELIZARDO, Ursula Maria Alves. *Análise da qualidade da água do Campus I da UFPB e medidas de adequação para conformidade com a Portaria nº 888/2021*. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba.

FERREIRA, Maria de Jesus. *Impactos ambientais recentes na área da Bacia do Rio Santo Antônio, Paço do Lumiar-MA/2003*. 13 p. Monografia (Graduação).

FRANÇA, Patrícia Tavares de. *Identificação de vulnerabilidades ambientais no Rio Vermelho, Rio Tinto/PB*. 2016. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2016.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. *Manual de procedimentos de vigilância da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. *Manual Prático de Análise de Água*. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro, 2006. 192 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Panorama das comunidades indígenas no Brasil*. Brasília: IBGE, 2012.

MADEIRA, Vivian Stumpf. *Caracterização de águas e efluentes*. João Pessoa: UFPB, 2021. Apostila (108 slides, color.).

MADEIRA, Vivian Stumpf. *Desinfecção*. João Pessoa: UFPB, 2024. Apostila (47 slides, color.).

MELO, Marília Carvalho de; JOHANSSON, Rosa Maria Formiga. O conceito emergente de segurança hídrica. *Sustentare*, Três Corações, v. 1, n. 1, p. 72-92, dez. 2017.

MICROAMBIENTAL. *Métodos de ensaio microbiológico para análise de água*. São Paulo: Microambiental, 2019.

OLIVEIRA, E. S. de; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise físico-ambiental da bacia do rio Uma: suporte à análise físico-química da água. *Anais GEOVAP 2006*. Primeiro Seminário de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Vale do Paraíba, Taubaté, Brasil.

OLIVEIRA, Michele Leandro de. *Disponibilidade dos Recursos Hídricos do Município de Jacaraú-PB/2011*. p. 18-20.

OLIVEIRA, Paulo Henrique Stehling; BARRETO, Douglas. Mapeamento das principais causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários. In: *XIII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais: Desempenho e Inovação de Sistemas Prediais Hidráulicos*, 2019, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2019. p. 32-44.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *Guidelines for drinking-water quality*. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

ONU – Organização das Nações Unidas. *Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Brasília: ONU, 2015.

SAITO, C. E. *Indicadores de qualidade ambiental e recursos hídricos*. Brasília: MMA, 2014.

SILVA, A. R. et al. Avaliação da qualidade da água em comunidades indígenas. *Revista Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 912-924, 2017.

SILVA, Amanda Leticia Oliveira et al. Possíveis efeitos do alumínio presente na água tratada. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1413-1420, jan. 2020.

SILVA, Felipe Junio de Sousa. *Estudo da desinfecção por radiação ultravioleta em águas superficiais com diferentes valores de turbidez: uma análise crítica da Portaria nº 888/2021*. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, Lindamar Bezerra da et al. Nitrato nos poços tubulares às margens do Riacho dos Macacos em Juazeiro do Norte – CE. In: *CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE – CONRESOL*, 6., 2023, Foz do

Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: CONRESOL, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55449/conresol.6.23.XV-015>.

SILVA, S.; DANTAS, W. M.; ALVES, C. A. B. Análise da degradação ambiental do rio Araçagi, no perímetro urbano de Cuitegi/PB: uma perspectiva socioambiental. In: SEABRA, Giovane; MEDONÇA, Ivo (org.). *Educação Ambiental: responsabilidade para a conservação da biodiversidade*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2011. p. 221-229.

TAGLIANI, C. R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. Belo Horizonte, 2003.

TOMAZ, Paula Alves; SANTOS, Jader de Oliveira; JEPSON, Wendy. Insegurança hídrica domiciliar e vulnerabilidade social em contexto municipal do semiárido cearense. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-69088>.

TUNDISI, José Galiza; MATSUNARA-TUNDISI, Takako. *Recursos hídricos no Século XXI*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

UCHOA, C. F. Recursos hídricos e comunidades tradicionais: desafios para a sustentabilidade. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 45, p. 78-94, 2018.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.