



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

NATAN DA SILVA

QUALIDADE DA ÁGUA NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

Catalão (GO)

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO****FACULDADE DE ENGENHARIA**

Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP 75704-020
Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA)**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFCAT), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFCAT é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação ou Tese? **Dissertação**

2. Nome completo do autor: **NATAN DA SILVA**

Nome completo do(a) orientador(a): **ANTOVER PANAZZOLO SARMENTO**

3. Título do trabalho

Título: **QUALIDADE DA ÁGUA NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO**

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento: [X] SIM [] NÃO¹

[¹] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs.: Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor



Documento assinado eletronicamente por **ANTOVER PANAZZOLO SARMENTO, Orientador(a)**, em 30/05/2025, às 07:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Natan da Silva, Engenheiro(a)**, em 30/05/2025, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0200498** e o código CRC **78C7E045**.

NATAN DA SILVA

QUALIDADE DA ÁGUA NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de
Engenharia, da Universidade Federal de Catalão,
como requisito para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Civil. Área de Concentração:
Estruturas e Construção Civil. Linha de pesquisa:
Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na
Construção Civil

Orientador: Professor Doutor Antover Panazzolo
Sarmiento

Catalão (GO)

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Silva, Natan da
Qualidade da água no ambiente universitário : estudo de caso na Universidade Federal de Catalão / Natan da Silva. - 2025.
84 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Antover Panazzolo Sarmiento.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Catalão, 2025.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Análise da água. 2. Coleta. 3. Campus universitário. 4. Qualidade da água. I. Panazzolo Sarmiento, Antover, orient. II. Título.

CDU 628.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP 75704-020
Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 1 de 2025 da sessão de Defesa de Dissertação de **NATAN DA SILVA**, que confere o título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Estruturas e Construção Civil.

Aos vinte quatro dias do mês de abril de dois mil e vinte e cinco a partir das 14 horas, na sala virtual do *Google Meet*, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**ANÁLISE DIAGNÓSTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Professor Doutor ANTOVER PANAZZOLO SARMENTO (PPGEC/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor HEBER MARTINS DE PAULA (PPGEC/UFCAT)**, membro titular interno; e do **Pesquisador Doutor NELSON BARBOSA JUNIOR (DIRSU/PREF/UFU)**, membro titular externo. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor ANTOVER PANAZZOLO SARMENTO, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

QUALIDADE DA ÁGUA NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO



Documento assinado eletronicamente por **ANTOVER PANAZZOLO SARMENTO, Orientador(a)**, em 24/04/2025, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nelson Barbosa Júnior, Usuário Externo**, em 24/04/2025, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **HEBER MARTINS DE PAULA, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/04/2025, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0188260** e o código CRC **A58F912B**.

“Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre acreditou na educação. Parabéns, dona Kátia!”

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, ao universo — ou a qualquer força maior que tenha me sustentado ao longo desta caminhada. Mesmo diante dos inúmeros desafios, nunca me faltou o essencial, e por isso estou profundamente grato.

À minha família, meu porto seguro, deixo minha mais sincera gratidão. À minha mãe, Kátia, pela força e amor incondicional; ao meu pai do coração, Mauro, eu não estaria aqui sem vocês dois; à minha irmã, Karol, e à minha prima Michelle, por estarem sempre comigo, torcendo e vibrando por cada conquista. Um agradecimento especial à minha amada avó Potiara, que, onde quer que esteja, sei que se alegra com cada pequena vitória do neto que tanto amou.

Ao meu orientador, Dr. Antover Panazzolo Sarmiento, professor por quem nutro imensa admiração, agradeço pelos ensinamentos, pelo rigor acadêmico e pelos "puxões de orelha" tão necessários. Espero, um dia, ser ao menos metade do profissional que o senhor é. Muito obrigado por compartilhar o seu conhecimento comigo.

Às queridas Juliana e Iandra, meu sincero reconhecimento pelo apoio, e pela generosidade em cada troca — mesmo nos momentos em que minha ausência falou mais alto. Obrigado por nunca desistirem de mim.

Aos amigos Adésio, Fernando, Rickson, Mariana, Pedro, Cristhoffer e Juan, meu muito obrigado por formarem essa valiosa rede de apoio que tornou os momentos de luta, frustração e aprendizado menos solitários e mais suportáveis. Cada palavra, gesto e companhia fizeram a diferença.

À minha equipe de trabalho — Breno, Rodrigo, Alex e Juan —, agradeço pelo companheirismo em segurar a barra em tantos momentos, para que eu pudesse realizar meus experimentos. E um agradecimento mais do que especial ao senhor Mauro, colaborador experiente da instituição, que com paciência, generosidade e dedicação, esteve ao meu lado durante todo o processo, abrindo caixas de passagem, respondendo às mesmas perguntas com o mesmo cuidado. Este trabalho também é seu, querido Mauro.

Agradeço, também, aos técnicos de laboratório pelo apoio no fornecimento de materiais e pelo auxílio com os equipamentos utilizados ao longo desta pesquisa. Em especial, à Márcia e a Vitória, cujas amizades, paciência e disponibilidade foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sou imensamente grato por toda a ajuda e por ter contado com tanta generosidade em cada etapa deste processo.

Agradeço à FAPPEG pela concessão da bolsa de estudos, que foi fundamental para minha permanência em diversos momentos ao longo da trajetória acadêmica

E, por fim, agradeço a mim mesmo — por nunca desistir, pela resiliência de sempre levantar. Esta conquista é, antes de tudo, uma vitória sobre mim mesmo.

“Devemos acreditar que somos dotados de alguma coisa e que essa coisa deve ser alcançada a qualquer custo”

(Marie Curie)

RESUMO

SILVA, N. **Qualidade da Água no Ambiente Universitário: estudo de caso na Universidade Federal de Catalão**. 2025. 79 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Catalão, 2025.

A água é um recurso indispensável a qualquer forma de vida do planeta. O acesso a ela em quantidade e qualidade adequadas, é garantida pelo princípio fundamental da dignidade da pessoa humana. A universidade desempenha um papel indispensável seja pela pesquisa/ inovação ou na formação de profissionais conscientes à causa ambiental. Nesse contexto, visando garantir o acesso a água segura para comunidade acadêmica, ao passo que sinaliza a sociedade regional o comprometimento que a instituição possui com o desenvolvimento sustentável, objetiva-se com o trabalho analisar a qualidade da água fornecida pela Universidade Federal de Catalão – campus I, caracterizando seus parâmetros de acordo com a portaria GM MS nº 888 de 2021, diagnosticando possíveis causas de não potabilidade e sugerindo medidas que visem proteger a qualidade da água. Para isso, foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos julgados imprescindíveis para avaliação (pH, alcalinidade, turbidez, condutividade, cloro residual, dureza e a presença de coliformes total e E. coli). Foi observado que parâmetros como a turbidez, alcalinidade e dureza, embora em alguns momentos, período de baixa do reservatório, tenham apresentado valores abaixo do padrão, no geral esses parâmetros estavam em conformidade. No entanto, para análise de coliformes, cloro e pH, houveram variações devido à falta de manutenção/limpeza de reservatório e a forte corrosão existente nos reservatórios metálicos da instituição. A metodologia aplicada consistiu na caracterização do arranjo físico das edificações institucionais, com intuito de se observar a presença de reservatórios superior, inferior, ou compartilhados, e ainda o tipo de material empregado (concreto ou polietileno), a população atendida, e, o traçado da rede de distribuição dentro do campus. Para a etapa seguinte foram determinados 6 pontos de coletas, e além disso, foram instalados relógios para medição do consumo nesses edifícios de interesse. As avaliações foram realizadas cinco dias por semana, durante 7 semanas, totalizando 210 amostras avaliadas. O estudo evidenciou a importância da realização de manutenções preventivas, bem como a necessidade de uma reavaliação dos projetos arquitetônicos e hidráulicos, visando garantir melhor acessibilidade aos reservatórios técnicos e um sistema de reservação hidráulico condizente com o volume demandado. Essas medidas são essenciais para evitar tempos excessivos de detenção da água, preservando suas características físico-químicas e microbiológicas dentro dos padrões normativos.

Palavras-chave: Análise da água. Coleta. Campus universitário. Qualidade da água.

ABSTRACT

SILVA, N. **Quality in the University Environment: A Case Study at the Federal University of Catalão**. 2025. 79 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Catalão, 2025.

Water is an indispensable resource for all forms of life on the planet. Access to water in adequate quantity and quality is guaranteed by the fundamental principle of human dignity. The university plays a crucial role, both in research and innovation and in the education of professionals aware of environmental issues. In this context, and to ensure safe water access for the academic community while signaling the institution's commitment to sustainable development to the broader regional society, this study aims to analyze the water quality supplied at the Federal University of Catalão – Campus I. The study characterizes key parameters based on the GM/MS Ordinance No. 888/2021, diagnosing possible causes of non-potability and proposing measures to protect water quality. To achieve this goal, physicochemical and microbiological parameters essential for assessment were analyzed, including pH, alkalinity, turbidity, conductivity, residual chlorine, hardness, and the presence of total and fecal coliforms. It was observed that turbidity, alkalinity, and hardness—although they sometimes fell below the standard during reservoir low-level periods—were generally within the required limits. However, for coliforms, chlorine, and pH, variations were identified, primarily due to lack of maintenance and cleaning of reservoirs and severe corrosion in the institution's metallic tanks. The methodology involved characterizing the physical layout of institutional buildings to assess the presence of upper or lower reservoirs, shared storage, or the type of material used (concrete or polyethylene), the population served, and the distribution network layout within the campus. In the subsequent phase, six sampling points were defined, and water meters were installed to monitor consumption in selected buildings. The evaluations were conducted five days per week for seven weeks, totaling 210 samples analyzed. The study highlighted the importance of preventive maintenance and the need for a reassessment of architectural and hydraulic projects to ensure better accessibility to technical reservoirs and optimize the sizing of the supply network. These measures are essential to avoid excessive water detention times, thereby preserving its physicochemical and microbiological characteristics within regulatory standards.

Keywords: Water analysis, Sampling, University campus, Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Processo de tratamento da água.....	22
Figura 3.1 - Frascos de coleta.....	35
Figura 3.2 - Locais determinados para coleta de amostras.....	37
Figura 3.3 - Hidrômetros para acompanhamento do consumo.....	40
Figura 3.4 - Levantamento do traçado realizado "in loco"	41
Figura 3.5 - Seladora eletrônica e cartela após ensaio.....	42
Figura 3.6 - Amostras contaminadas por coliformes totais e E. coli.....	43
Figura 3.7 - pHmetro de mesa	44
Figura 3.8 - Turbidímetro	45
Figura 3.9 - Erlenmeyer contendo tampão fosfato, DPD e 100 mL de amostra	46
Figura 3.10 - Solução pós adição do indicador	47
Figura 3.11 - Amostra na cor alaranjada após titulação	49
Figura 3.12 - Condutivímetro de mesa	50
Figura 4.1 - Gráfico de barras com valores de Turbidez no decorrer das 7 semanas.....	51
Figura 4.2 - Gráfico de barras com valores de alcalinidade ao longo de 7 semanas.....	53
Figura 4.3 - Gráfico de barras com valores de dureza ao longo de 7 semanas	54
Figura 4.4 - Gráfico de barras com valores de condutividade ao longo de 7 semanas	55
Figura 4.5 - Gráfico de barras com valores de pH ao longo de 7 semanas	56
Figura 4.6 - Corrosão no reservatório de distribuição	60
Figura 4.7 - Situação das reservatório (Bloco M)	61
Figura 4.8 - Relação entre volume excedente x volume diário utilizado	63
Figura 4.9 - Gráfico com a relação do corpo técnico da equipe de manutenção.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Evolução histórica das normativas da água potável no Brasil.....	20
Quadro 3.1 - Locais sugeridos para coleta de amostras	36
Quadro 3.2 - Classificação das edificações quanto a ocupação ou uso.....	39
Quadro 3.3 - Dados para o dimensionamento das saídas de emergência.....	39
Quadro 4.1 - Plano de manutenções prediais de água da UFCAT.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Distribuição de reservatórios na UFCAT	38
Tabela 4.1 - Monitoramento de cloro ao longo de 7 semanas	57
Tabela 4.2 - Resultados de coliformes totais e E. coli.....	59
Tabela 4.3 - Acompanhamento do consumo das edificações avaliadas	62
Tabela 4.4 - Caracterização dos blocos analisados.....	64
Tabela 4.5 - Levantamento de dispositivos hidráulicos dos prédios	65
Tabela 4.6 - Exemplos de eventos perigosos associados à distribuição	66
Tabela 4.7 - Levantamento quantitativo de bebedouros do Campus I	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
AP	Água Potável
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DPD	N, N-dietil-p-fenilenediamina
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
ETA	Estação de Tratamento de Água
GM	Gabinete do Ministro
MS	Ministério da Saúde
MNP	Número Mais Provável
MUG	4-metilumbeliferil- β -D-Glucoronídeo
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONPG	o-nitrofenil- β -D-Galactopiranosídeo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PISA	Plano Institucional de Segurança da Água
PSA	Plano de Segurança da Água
SFA	Sulfato Ferroso Amoniacal
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFCAT	Universidade Federal de Catalão
uH	Unidade Hazen
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
1.3 Evolução histórica das normativas para qualidade da água potável no Brasil	18
1.4 Etapas de tratamento da água.....	20
1.4.1 Captação	22
1.4.2 Coagulação	23
1.4.3 Floculação.....	24
1.4.4 Decantação.....	24
1.4.5 Filtração	25
1.4.6 Desinfecção	25
1.4.7 Fluoretação	26
1.5 Parâmetros de análise da qualidade	26
1.5.1 Análise microbiológica.....	26
1.5.2 Análise físico-químicas	27
1.6 Análise discursiva de estudos anteriores.....	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1 Caracterização física e populacional das edificações institucionais	32
3.2 Plano de coleta e amostragem.....	34
3.3 Determinação da população de projeto.....	38
3.4 Medição do consumo das edificações.....	40
3.5 Descrição do sistema de distribuição de água no campus	40
3.6 Métodos laboratoriais	42

3.6.1	Análise microbiológica.....	42
3.6.2	pH.....	43
3.6.3	Turbidez.....	45
3.6.4	Cloro residual.....	45
3.6.5	Dureza.....	46
3.6.6	Alcalinidade.....	48
3.6.7	Condutividade elétrica.....	49
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1	Análise de turbidez.....	51
4.2	Análise de alcalinidade.....	52
4.3	Análise de dureza.....	53
4.4	Análise de condutividade.....	54
4.5	Análise de pH.....	55
4.6	Análise de cloro.....	56
4.7	Influência do cloro na análise microbiológica.....	58
4.8	Situação dos reservatórios prediais.....	61
4.9	Acompanhamento do consumo.....	62
4.10	Prognóstico da predial.....	63
4.11	Identificação e Avaliação de riscos.....	64
4.12	Implementação do Plano de Manutenções Predial de Água para consumo da UFCAT.....	67
4.12.1	Quadro técnico de colaboradores da manutenção na UFCAT.....	67
4.12.2	Levantamento dos bebedouros do Campus I.....	68
4.12.3	Manutenção de reservatórios.....	70
4.12.4	Proposta de um Plano de Manutenção Predial Preditiva de Água de Abastecimento.....	70
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	REFERÊNCIAS.....	75

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial e indispensável para manutenção da vida. Estima-se, de acordo com dados da *World Health Organization* (WHO, 2022), que todos os anos 1,4 milhão de pessoas morram por falta de água, saneamento e higiene adequados.

Segundo a Portaria GM/MS n° 888 de 04 de maio de 2021, água potável é aquela que atenda ao conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano. De acordo com Queiroz *et al.* (2017), a água para consumo humano deve ser potável, não apresentar riscos à saúde, evitando o acometimento de doenças, assegurando conforto a população para usufruir do recurso, seja para ingestão, manejo de alimentos ou higienização pessoal.

No Brasil, embora o país seja considerado abundante em fontes de água doce, essa divisão ocorre de maneira desigual no território. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cerca de 83,7% da população brasileira foi atendida por Sistemas de Abastecimento de Água, sendo 85-90% nas regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste, enquanto apenas 73,9% foram atendidos no Nordeste e 58% no Norte (Brasil, 2019).

No contexto universitário, a manutenção da qualidade da água é de igual importância. Calcula-se, segundo o relatório da Universidade Federal de Catalão (2024, pg. 25), que a instituição recebeu, no ano de 2024, aproximadamente 4.000 usuários entre colaboradores e alunos. Esse ambiente proporciona não apenas um espaço para o aprendizado acadêmico, como também o desenvolvimento integralizado dos indivíduos, ao oferecer infraestrutura e recursos que permitam a condução das rotinas diárias, o que envolve o uso de água para alimentação, higienização pessoal e limpeza de ambientes, e ainda, uso laboratorial.

De acordo com Barbosa Junior (2021), a responsabilidade da concessionária com a qualidade da água encerra-se no cavalete de entrada do campus, após percorrer grandes trajetos e novos modelos de armazenamento, a responsabilidade de manutenção da água potável passa para o gestor da universidade. Neste seguimento, Silva *et al.* (2019), aponta que bebedouros podem ser considerados potenciais fontes de contaminação direta ou indireta. Ocorrendo devido à falta de limpeza do aparelho, ou ao contato compartilhado entre as pessoas, que possuem hábitos higiênicos desconhecidos.

Assim, a avaliação regular da qualidade da água no campus, é indispensável para identificar e reduzir riscos de contaminação, assegurando a proteção e o bem-estar da comunidade acadêmica. A adoção de práticas de monitoramento contínuo e a aplicação de

medidas corretivas, são fundamentais para garantir a potabilidade da água e prevenir problemas de saúde pública decorrentes de sua contaminação.

1.1 Justificativa

O direito ao acesso a água de qualidade é um princípio fundamental. A realização do diagnóstico da água na instituição, é uma importante medida que visa proteger a saúde e bem-estar de seus usuários, assegurando a conformidade com regulamentações, promovendo a sustentabilidade ambiental e melhorando a infraestrutura da água.

Atrelado a isso, diversos estudos realizados ao redor do mundo comprovaram a presença de contaminantes na água dentro de campus universitários, como por exemplo, trabalhos publicados por Afroze, Siddiqui e Fatama (2019), Brito *et al.* (2021), Correia, Bertolino e Baffi (2022), Jolly *et al.* (2013), entre outros. Dessa forma, a qualidade da água pode ser significativamente alterada após o ponto de entrega da concessionária, devido a falhas ou ausência de manutenção nos sistemas prediais.

Assim, este estudo visa não apenas avaliar a conformidade da qualidade da água com os parâmetros de potabilidade, mas também identificar as causas de eventuais não conformidades no sistema predial da universidade. Os resultados obtidos fornecerão subsídios para a implementação de medidas corretivas e preventivas garantindo a segurança hídrica da comunidade acadêmica e a otimização da infraestrutura de abastecimento do campus.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é a caracterização da qualidade da água fornecida à Universidade Federal de Catalão e compará-la com as possíveis influências do sistema predial da instituição. O estudo busca, ainda, fornecer subsídios para a implementação de um plano de manutenção predial no campus, visando garantir a qualidade da água distribuída.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a infraestrutura hidráulica predial das edificações do campus, incluindo tipologia de reservatórios (superior/inferior, material construtivo) e traçado da rede de distribuição;
- Avaliar parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, cloro residual, dureza, alcalinidade, condutividade) e microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021;
- Identificar as possíveis causas de não conformidade com os padrões de potabilidade;
- Monitorar o consumo hídrico por meio da instalação de hidrômetros em pontos estratégico, quantificando a relação entre volume reservado e demanda real;
- Propor um plano de ações corretivas e preventivas, incluindo revisão de projetos hidrossanitários, manutenção de reservatórios e ajustes operacionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O acesso e a segurança da água fornecida à população é tema que tem conquistado cada vez mais espaço no cenário global. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), e seus países membros, todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm direito ao acesso a um suprimento adequado de água potável e segura.

Neste contexto, de acordo com Cabral e Gehre (2020), surgiu a Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas universais construídas após intensa consulta pública mundial. Proposto em 2016, tais objetivos buscam, coletivamente, a dissociação do crescimento econômico à pobreza, desigualdade e mudanças climáticas. Permitindo que todos, na teoria, tenham acesso a alimentação, saneamento básico e educação de qualidade. O objetivo número 06 (ODS-06), visa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento a população. No item 6.1, é esperado que até 2030, seja alcançado a disponibilidade universal e equitativo à água potável e segura para todos.

Existem diversas ferramentas que promovem a integração entre a ODS-06 e a Universidade, dentre elas, cita-se a *UI GreenMetric*, que conforme a Universidade da Indonésia (2024), pode ser definida como um ranking universitário mundial que tem por finalidade medir e classificar os esforços de sustentabilidade do campus. Como destacam Cabral e Gehre (2020), a educação é o meio pelo qual se busca a melhora da qualidade de informação sobre todos os ODS, em especial o 6, onde as pesquisas atuarão como esteio de desenvolvimento de políticas que garantam água potável e saneamento básico acessíveis e bem geridos.

Em conformidade com Gallardo *et al.* (2016), em Instituições de Ensino Superior (IES), as áreas para inclusão do desenvolvimento sustentável, podem variar do ensino e pesquisa, até núcleos de gestão e marketing. O mesmo estudo ressalta que universidades em diversos países vêm adotando modelos de gestão responsável, alocando recursos estratégicos para incorporar a sustentabilidade em suas operações cotidianas. A sustentabilidade no campus deve ocorrer de maneira economicamente equilibrada, por meio da conservação de recursos naturais e redução da geração de resíduos, a fim de que se promova equidade e justiça social em seus termos e exporte esses valores em níveis local, nacional e mundial (Tangwanichagapong *et al.*, 2017).

Logo, a garantia ao acesso a água potável, com a elaboração de políticas que visam promover a inovação e pesquisa no ambiente universitário, não apenas contribui para o cumprimento dos ODS, sobretudo o 6, como influencia positivamente a sociedade e outras universidades ao enfrentamento dos desafios globais emergentes.

1.3 Evolução histórica das normativas para qualidade da água potável no Brasil

Conforme descrito pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2024), a legislação hídrica no Brasil passou por grandes mudanças ao longo dos anos, refletindo a crescente preocupação com a gestão e conservação dos recursos hídricos. A crise econômica do final do século XIX e início do século XX, que marcou a transição do Brasil de um modelo agrário para um industrial, aumentou a demanda por energia elétrica. Nesse contexto, foi publicado o Decreto 24.643 em 10 de julho de 1934, que instituiu o Código de Águas Brasileiro.

Embora focado na energia elétrica, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2024), o Código de Águas de 1934 promoveu mudanças nos conceitos de uso e propriedade do recurso. Com as transformações econômicas e sociais da época, surgiu a necessidade de uma Política Nacional de Gestão de Águas (ANA, 2024). O Código estabeleceu o regime jurídico das águas no Brasil, definindo sua classificação e utilização, além do aproveitamento do potencial hidráulico e das limitações administrativas de interesse público. Segundo esse Código, as águas são consideradas públicas, podendo ser de uso comum ou dominicais.

Essa nova regulamentação permitiu reformular a concepção sobre o uso e a propriedade da água, em contraste com legislações anteriores. Como exemplificado pela ANA (2024), o reconhecimento, pelo Supremo Tribunal Federal, em 20 de maio de 2016, da propriedade particular sobre as nascentes de água, que evidenciou essa evolução nos entendimentos jurídicos sobre o tema.

Segundo a CETESB (2024), a implementação do Código de Águas, em conjunto com a evolução dos problemas sociais e econômicos do Brasil, levou a mudanças na administração pública e à criação de novas normas legais. Os principais marcos legais surgidos a partir do Código de Águas Brasileiro incluem:

- Código de Águas Minerais (1945): Classificou e regulamentou o uso das águas minerais;
- Constituição Federal de 1988: Permitiu que os estados e a União estabelecessem seus próprios sistemas de gestão de recursos hídricos;
- Legislações estaduais de Gestão de Águas: Criadas ao início dos anos 1990 para atender as especificidades regionais;

- Política Nacional de Águas (Lei nº 9.433/1997): Consolidou a gestão de recursos hídricos em nível nacional;
- Criação da ANA (Agência Nacional de Águas): Em julho de 2000, com a missão de implementar o sistema nacional de recursos hídricos.

A lei nº 9.433/1997, reforçou a valoração da água como bem de domínio público e dotado de valor econômico (Netto, 2013). Os princípios dessa lei são semelhantes aos da legislação estadual, e seus instrumentos de gestão incluem:

- Planos de recursos hídricos;
- Outorga de direitos de uso das águas;
- Cobrança pelo uso da água;
- Enquadramento dos corpos d'água;
- Sistemas de informações sobre recursos hídricos.

A legislação brasileira sobre recursos hídricos, busca uma gestão eficaz do uso dos rios. De acordo com a Lei nº 9.433/1997, as decisões sobre o uso dos recursos hídricos são feitas pelos comitês de bacias hidrográficas, compostos por representantes da sociedade civil, do estado e dos municípios, cada um com 1/3 de participação.

A ANA, criada em julho de 2000, tem como principal missão implementar o sistema nacional de recursos hídricos. Ela apoia a execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, colaborando com os conselhos nacional e estadual, além dos comitês de bacias hidrográficas, oferecendo suporte técnico para a implementação dessa política. E ainda, trabalha em conjunto com os estados para estabelecer os comitês de bacias hidrográficas e suas agências correspondentes.

De acordo com a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA, 2024), os fundamentos legais quanto aos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, bem como o desenvolvimento de um PSA são regulamentados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 – que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Conforme Souza Júnior *et al.* (2024), a legislação brasileira de potabilidade, é construída com base em princípios como múltiplas barreiras, boas práticas e gerenciamento de riscos, que conceitualmente, são os principais elementos de um Plano de Segurança da Água (PSA). Cabe também ao Ministério da Saúde a definição de diretrizes para implantação do PSA (Brasil, 2013). Abaixo, segue o Quadro 2.1, que sintetiza o progresso das diretrizes de vigilância e proteção da água para consumo humano.

Quadro 2.1 - Evolução histórica das normativas da água potável no Brasil

ANO	Breve Histórico das Normativas para Qualidade da Água no Brasil
1934	No contexto do êxodo rural entre o final do século XIX e início do século XX. O governo institui o decreto nº 24.643, que aprovou o código de águas brasileiro
1945	É criado o código de águas minerais (decreto-lei nº 7.841) que disciplina a utilização de águas minerais e potável
1988	Publicação da Constituição Federal de 1988, que permitiu aos estados e à união criarem seus sistemas de gestão
1997	A união estabelece sua política e sistema de gestão de recursos hídricos pela lei nº 9.433
2000	Criação da Agência Nacional de Água (ANA), com o intuito de implantar o sistema nacional de recursos hídricos. E a elaboração da Portaria nº 1.469 que estabelece normas de qualidade da água para consumo humano no Brasil
2004	Criação da Portaria MS nº 518, que reedita a Portaria nº 1.469/2000
2007	Criação da lei nº 11.445 que institui a Política Nacional de Saneamento
2010	Lançamento do decreto que regulamenta a lei nº 11.445/2007
2011	Publicação da Portaria nº 2.914 que substitui a Portaria 518/2004, que dispõe sobre os procedimentos de controle da qualidade da água
2017	Publicação da Portaria nº 5, que consolida as disposições sobre a qualidade da água
2021	Criação da Portaria GM MS nº 888 que estabelece e atualiza novos procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano

Fonte: Adaptado de CETESB (2024)

Conforme a SANASA (2024), a ABNT – foro nacional de normalização, elaborou a Norma 17.080:2023 no Comitê Brasileiro de Saneamento Básico com o objetivo de estabelecer os requerimentos para os responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água desenvolver, implementar e avaliar os Planos de Segurança da Água de forma a garantir o abastecimento de água potável e segura.

1.4 Etapas de tratamento da água

Todo processo de captação, tratamento e distribuição, não seria possível sem que houvesse o ciclo hidrológico, pois é a partir disso que há a disponibilidade de água na natureza

para que seja usada para os diversos fins. A água tem sua ocorrência encontrada nos 3 estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso), sob forma de neve, chuva e neblina respectivamente. A radiação do sol provoca a evaporação das águas dos rios, lagos, oceanos e vegetação, formando as nuvens (Souza, 2007). A precipitação pode ocorrer via chuva, neve ou granizo, formando geleiras, rios ou lagos. Outra parte dessa água se infiltra no solo e recarrega lençóis freáticos, atuando na manutenção dos sistemas biológicos.

De acordo com Toledo, Oliveira e Melfi (2000), é no processo de infiltração que a composição química da água está sendo modificada, devido as interações com os elementos minerais das rochas e do solo.

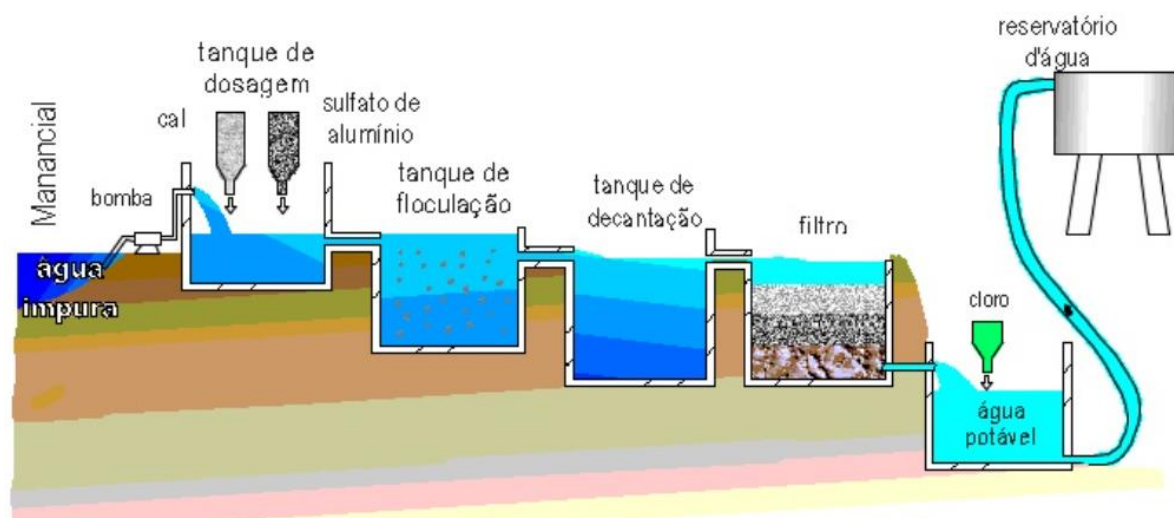
A qualidade da água fornecida a população está intrinsicamente ligada a eficiência do sistema de tratamento e distribuição. Critérios que variam desde a definição do ponto de captação à forma de tratamento empregado. Deve-se conhecer informações suficientes para identificar onde o sistema é mais vulnerável a eventos perigosos, tipos relevantes de riscos e medidas de controle (Correa; Ventura, 2021).

Howard e Bartram (2003) definem o termo “água segura” como toda aquela que:

- Não ofereça riscos significativos à saúde das populações ao longo do consumo por toda a vida;
- Seja distribuída com qualidade e quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, e;
- Estejam disponíveis continuamente e com custos acessíveis.

Conforme Heller e Pádua (2010), é de fundamental importância a avaliação das variações de vazão dos cursos d’água, em especial no caso das superficiais, importando avaliar as vazões mínimas. Pois um dos aspectos que garante o cumprimento da definição de água segura supracitada pela OMS, é justamente a garantia de que a vazão demandada seja inferior a mínima do manancial, exceto quando dotadas de estruturas de acumulação. Abaixo, segue a Figura 2.1 com um breve esquema do processo de tratamento de água.

Figura 2.1 - Processo de tratamento da água



Fonte: Cesan (2020).

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é um conjunto de obras civis, materiais e equipamento, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão, (Brasil, 2011).

1.4.1 Captação

Conforme Carvalho (2020), entende-se por captação o conjunto de estruturas e dispositivos construído ou montado junto ao local onde se retira água bruta destinada ao sistema de abastecimento.

A parte mais importante de um serviço de água potável é o seu manancial e a respectiva captação de suas águas, isso pois o sucesso das demais unidades do sistema no que tange a quantidade e qualidade da água distribuída a população, dependem de fatores como a escolha judiciosa e proteção efetiva do manancial, construção e operação correta dos dispositivos de captação (Heller; Pádua, 2010).

Além disso, a definição correta do ponto de captação impacta diretamente no custo de implantação e operação do sistema. A deterioração da qualidade da água ocasiona crescentes aumentos nos custos de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico, principalmente nos custos associados ao uso de produtos químicos (Brasil, 2014). Pois quanto

pior as características, mais caro e lento é o sistema de tratamento, e mais intenso será o monitoramento, havendo maior geração de resíduos.

1.4.2 Coagulação

De acordo com Brasil (2024), o processo de coagulação consiste na formação de coágulos, pela reação de coagulantes (cloretos e sulfatos de ferro e alumínio), de modo que ocorra um estado geral de equilíbrio eletrostático. Em que a formação desses coágulos acontece num processo de mistura rápida.

Conforme Bratbay (2006), é na etapa de coagulação que ocorre a desestabilização das partículas suspensas a partir da perturbação das forças que as mantêm separadas. E ainda promove os seguintes benefícios:

- Remove a turbidez orgânica e inorgânica, que não é eliminada por simples sedimentação;
- Remove cores;
- Elimina bactérias, vírus e organismos patogênicos suscetíveis de serem separados por coagulação;
- Elimina algas e plânctons presentes na água, além de substâncias produtoras de gosto e odor.

Dentre os principais coagulantes empregados, destacam-se o sulfato de alumínio, cloreto férrico, usado tanto em águas ácidas, quanto alcalinas que contenham ácido sulfúrico, sulfato férrico, cloreto de polialumínio e coagulante orgânico catiônico (Ferreira Filho, 2017). No que tange as dosagens desses coagulantes usualmente empregado numa ETA, têm-se:

- Sulfato de alumínio e Cloreto de polialumínio: 5 a 100 mg/L;
- Cloreto férrico: 5 a 70 mg/L;
- Sulfato férrico: 8 a 80 mg/L;
- Coagulantes orgânicos catiônicos: 1 a 4 mg/L.

Por fim, a mistura rápida pode ocorrer em dispositivos hidráulicos como calhas parshall, vertedores retangulares, malhas difusoras e injetores. Ou ainda, dispositivos mecânicos como agitadores mecânicos, turbinas e hélice propulsora.

1.4.3 Floculação

Ferreira Filho (2017), define floculação como o processo físico onde as partículas coloidais são postas em contato com as outras, de modo a viabilizar o aumento do seu tamanho físico, devido a aglutinação em pequenas massas, alterando assim sua distribuição granulométrica.

A floculação caracteriza-se pelo transporte das partículas dentro do líquido, através de uma mistura lenta, para que se unam formando coágulos porosos (flocos). Na floculação, etapa subsequente à coagulação, o gradiente de velocidade é inferior, uma vez que objetiva-se tornar os flocos maiores (Kuritza, 2012).

De acordo com o Carvalho (2020), a floculação estará adequada quando:

- Estiver saindo lodos pela descarga de lodo;
- Na amostra colhida da câmara de lodos suspensos apresentar flocos;
- A amostra colhida na parte superior apresentar-se clarificada;
- O pH de floculação situar-se entre 6,5 à 6,8.

Com seu aumento físico pode-se garantir maior remoção das unidades de separação sólido-líquido, proporcionando maior eficiência do processo de tratamento como um todo (Ferreira Filho, 2017).

A floculação juntamente com a coagulação, constituem as partes mais delicadas do tratamento convencional para abastecimento, uma vez que qualquer falha nessa fase pode acarretar grandes prejuízos na qualidade e custo do produto distribuído a população (Azevedo Netto, 1987).

1.4.4 Decantação

De acordo com Cesan (2020), nesta etapa, posterior a floculação, ocorre a remoção dos flocos formados. A água floculada passa para um próximo tanque onde ocorrerá o processo de decantação, em que esses flocos serão depositados no fundo do decantador pela ação da gravidade para posterior remoção.

Segundo Azevedo Netto (1987), há vários critérios para classificação dos decantadores, no entanto, sob o ponto de vista prático, os mais importantes são:

- Em função do escoamento da água: pode diferenciar-se em horizontal, vertical e laminar, onde as dimensões no escoamento horizontal são maiores e a velocidade da

água é menor de forma que o arrastamento do lodo seja impedido. No escoamento vertical a água adentra ao sistema de baixo para cima, de maneira ascendente, as dimensões de profundidade nesse sistema precisam ser maiores. Já o laminar (tubulares ou de placas) são os mais recentes e de maior eficiência;

- De acordo com as condições de funcionamento: decantadores do tipo clássico ou convencional, com contato de sólidos, são unidades mecânicas que promovem simultaneamente a agitação, a floculação e a decantação.

1.4.5 Filtração

O processo físico químico no qual as partículas coloidais são removidas da fase líquida mediante sua percolação por um meio granular, garantindo-se a produção de água filtrada com características estéticas adequada aos fins de potabilidade (Ferreira Filho, 2017).

A técnica de filtragem é o último processo unitário cuja função é garantir a remoção de partículas coloidais presentes na fase líquida. Justifica-se a necessidade do procedimento, uma vez que por melhor que seja a operação nas unidades de sedimentação gravitacional ou flotação por ar dissolvidos, estas não são capazes de garantir a remoção de 100% das partículas coloidais presentes na fase líquida (Azevedo Netto, 1987).

Os filtros são constituídos de meio filtrante (areia, pedregulho ou cascalho) e classificados de acordo com sua granulometria e coeficiente de uniformidade, que recebem água sob vazão controlada. Com o passar do tempo ocorre o fenômeno conhecido como colmatação, processo em que há deposição dos flocos nos poros do meio filtrante, tornando necessário a limpeza geral do filtro.

1.4.6 Desinfecção

Conforme Azevedo Netto (1987), entende-se por desinfecção a destruição ou inativação de organismos patogênicos capazes de produzir doenças, ou outros organismos indesejáveis. A sobrevivência desses microrganismos depende de fatores como pH, turbidez, oxigênio, nutrientes, etc.

Para Heller e Pádua (2010), a desinfecção de água pode ser realizada por meios físicos e químicos, sendo exemplos de processos físicos utilizados, a ebulição e a irradiação, e quanto aos processos químicos, os compostos de cloros são os mais empregados.

O cloro e seus compostos são fortes agentes oxidantes. Em geral a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH, e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura (Meyer, 1994). No Brasil, entre os principais agentes desinfetantes utilizados, destacam-se o cloro (cloro gasoso, hipoclorito de sódio e de cálcio), cloraminas, dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta (CESAN, 2020).

1.4.7 Fluoretação

De acordo com a definição apresentada por Ramires e Buzalaf (2007), a fluoretação consiste na adição controlada de compostos de flúor à água de abastecimento público, com o objetivo de elevar sua concentração a um nível previamente estabelecido. Essa prática visa à prevenção da cárie dentária e configura-se como uma das mais relevantes e eficazes estratégias de saúde pública voltadas à promoção da saúde bucal.

1.5 Parâmetros de análise da qualidade

1.5.1 Análise microbiológica

De acordo com a Portaria GM/MS n° 888/2021, na água para consumo humano deve ser verificada a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* e determinada a contagem de bactérias heterotróficas. Para atendimento do padrão estabelecido em norma, é obrigatório a ausência de coliformes totais em 100 mL de amostra após o tratamento.

O grupo coliforme, mais especificamente a *Escherichia coli*, foi escolhida como indicador de contaminação fecal pois são encontradas nas fezes de animais homeotérmicos, sua concentração é diretamente proporcional ao grau de potabilidade da água, são facilmente detectáveis e quantificáveis e são incapazes de se multiplicarem em ambiente aquático (Brasil, 2013).

No entanto, de acordo com Figueras e Borrego (2010), a capacidade de alguns coliformes de crescer em águas naturais, a falta de correlação entre o número de coliformes e a dos micro-organismos patogênicos, e a detecção de cepas atípicas fizeram com que deixassem de ser indicativos adequados de fecalidade. E ainda, vários estudos demonstraram a presença de coliformes em sistemas de distribuição de água potável associados a problemas de crescimento de biofilme, como por exemplo o realizado por Inkinen *et al.* (2013).

Ainda assim, a presença dessa bactéria na amostra é um importante indicativo de contaminação. Embora possa ocorrer devido a um tratamento inadequado, também pode ser consequência de conexões cruzadas ou falha na manutenção.

1.5.2 Análise físico-químicas

Essencial para ateste da qualidade da água, pois que parâmetros como pH, turbidez, cloro residual, dureza, temperatura e alcalinidade, são indispensáveis para determinação da seguridade para consumo humano. Além de se avaliar impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, uma vez que constatada alguma dessas alterações, é possível identificar causas da contaminação, para proposição de medidas mitigatórias.

A portaria GM/MS n° 888/2021 recomenda no artigo 42, primeiro inciso, que nos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial deve-se realizar análises como: DQO, DBO, OD, turbidez, cor, pH, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos. Todavia, para análise da qualidade desejada, os parâmetros abaixo cumprem os ideais pretendidos pela pesquisa.

1.5.2.1 pH

Segundo Silva e Oliveira (2001, p. 57) “pH é um termo que expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio. É definido como o cologarítmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio”.

Conforme Parron *et al.* (2011), o potencial hidrogeniônico é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez ($\text{pH} < 7,0$), neutralidade ($\text{pH} = 7,0$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$), de uma solução aquosa. E exerce uma influência direta do pH nos ecossistemas aquáticos, por seus efeitos na fisiologia das diversas espécies. Contudo, ocorre ainda o efeito indireto, pois determinadas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados (Piveli; Kato, 2005).

O pH do meio controla as reações químicas de muitos outros poluentes. valores baixos aceleram a decomposição de materiais potencialmente tóxicos, enquanto valores maiores levam a um aumento da concentração de amônia, o que é tóxico para alguns animais (Baird; Cann, 2011).

1.5.2.2 Turbidez

A turbidez da água é devida à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes de erosão ou despejos domésticos e industriais (Brasil, 2013).

Segundo Silva e Oliveira (2001, p.94), “as escalas dos nefelômetros, que exprimem as medidas de turbidez em unidades nefelométricas de turbidez (NTU), são calibradas com suspensões padrões de referência que têm a propriedade de reproduzir o efeito de desviar a luz”.

A portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece a água tratada, antes de ser distribuída, deve apresentar turbidez inferior a 0,5 UNT em 95% das amostras mensais, com nenhum valor acima de 5 UNT, considerando-se um período de 12 meses de controle.

1.5.2.3 Cloro residual

A cloração é uma das principais técnicas utilizadas para desinfecção da água. A determinação de sua concentração é essencial e auxilia no controle da dosagem aplicada durante toda a subsequência do tratamento.

De acordo com Heller e Pádua (2010), o cloro atua como um indicador da potabilidade microbiológica e de segurança da água distribuída, uma vez que sua redução acentuada em relação à medida na saída do tanque, pode indicar a existência de contaminação ao longo do sistema de distribuição.

A portaria n° 888/2021 do MS, determina a obrigatoriedade de se manter no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado em toda a extensão do sistema de distribuição. Enquanto o teor máximo de cloro residual livre não pode ser superior a 2 mg/L.

1.5.2.4 Dureza

O índice de dureza é usado para medir a presença de alguns cátions na água. Mede-se a concentração dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , as duas espécies que têm maior responsabilidade pela dureza da água fornecida.

O principal fator que contribui pela dureza nas águas é a dissolução do calcário do solo pelo gás carbônico da água e a sua importância nos estudos de controle de qualidade no

abastecimento público e a possibilidade de desenvolvimento de cálculo renal nos consumidores, e no abastecimento industrial, uma alta concentração de sais, leva a precipitação de carbonatos causando incrustações em sistemas de água quente como tubulações, caldeiras e trocadores de calor (Macêdo, 2004).

Segundo Atkins e Jones (2006), a determinação desse parâmetro ocorre via titulometria com EDTA (complexometria) e Espectrofotometria de absorção atômica – medidas diretas de concentrações de cálcio e magnésio na amostra. E a remoção da dureza, abrandamento da água, dar-se via precipitação química (processo da Cal, Ca(OH)_2 e Soda) e através de trocas iônicas (minerais naturais (zeólitos), resinas orgânicas sintéticas).

1.5.2.5 Temperatura

Segundo Brasil (2013), a temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, fluoretação, pH, desinfecção solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, etc. Por isso, embora a portaria GM/MS n° 888/2021 não especifique uma faixa ideal de temperatura para a AP, sua aferição impacta diretamente sobre as formas de tratamento alternativos descritos na norma.

Atividades biológicas podem aumentar em cerca de 100% quando a temperatura aumenta em 10 °C. Além disso, a faixa de 15 °C tem sido registrada como crítica para o crescimento de coliformes (Heller; Pádua, 2010).

De acordo com Silva e Oliveira (2001), as medidas de temperaturas encontram aplicação no cálculo da salinidade e das várias formas de alcalinidade, em estudos sobre a saturação e estabilidade do carbonato de cálcio e na correção dos valores das constantes de equilíbrio de reações exotérmicas e endotérmicas, que diminuirão ou aumentarão, conforme a tendência da temperatura respectivamente.

A aferição da temperatura deve ser realizada na amostra recém-coletada, geralmente com termômetro graduado em Celsius de filamento de mercúrio com divisões de 0,1 °C. No momento da medição a literatura adverte sobre o afastamento do bulbo das paredes do recipiente, e a superposição do menisco do filamento nivelado com os olhos do pesquisador, de modo a não interferir no resultado.

1.5.2.6 Alcalinidade

A medida da alcalinidade é de fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados (Brasil, 2013).

Conforme Silva e Oliveira (2001), a alcalinidade é a medida da capacidade que água tem de neutralizar ácidos, ou seja, é a propriedade associada à sua tamponação e só pode ser interpretada em função de substâncias específicas, quando a composição química da amostra analisada é conhecida.

A alcalinidade total em amostras de águas é determinada por volumetria, e expressa em mg. L⁻¹ de CaCO₃. Juntamente com o pH, em águas naturais esse parâmetro é fundamental para o estudo de produtividade biológica, condicionando os demais processos físico-químicos em um corpo d'água, afetando a atividade biológica aquática (Parron, *et al.*, 2011).

1.6 Análise discursiva de estudos anteriores

A hipótese de que a qualidade da água sofre alterações ao ingressar no sistema hidráulico das universidades não é incomum. Estudos como os de Ogeleka e Emegha (2021) e Jolly *et al.* (2013) investigaram a qualidade da água em instituições de ensino após identificarem um aumento significativo na incidência de doenças gastrointestinais. Em ambas as pesquisas, constatou-se que a água fornecida não apresentava características adequadas para consumo.

Seguindo essa linha de investigação, Barbosa Júnior (2021) analisou diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como turbidez, pH, sólidos dissolvidos, condutividade elétrica, temperatura e contaminação microbiológica. O estudo constatou que a água distribuída na universidade sofria alterações ao longo da rede hidráulica, apresentando perdas significativas de parâmetros essenciais, como o cloro residual. Essa redução comprometia a capacidade desinfetante da água consumida pela comunidade acadêmica, sendo atribuída, principalmente, ao tempo excessivo de reservação nos sistemas internos de armazenamento e distribuição do campus.

O estudo realizado por Fernandes Correia, Bertolino e Baffi (2022) analisou a qualidade da água proveniente de bebedouros em ambiente universitário, constatando que todos os parâmetros avaliados estavam em conformidade com a norma vigente. No entanto, foram observadas baixas concentrações de cloro livre, o que pode indicar possível inadequação aos padrões de potabilidade. É importante destacar que, conforme apontado por Pedro *et al.* (1997),

os filtros instalados em bebedouros podem remover o cloro residual, além de compostos orgânicos como aldeídos, terpenos e substâncias húmicas, que afetam o sabor e o odor da água. Tal interferência pode influenciar os resultados obtidos nas análises, especialmente no que se refere à concentração de cloro.

Diversas outras pesquisas, como as de Valiatti *et al.* (2021), Brito *et al.* (2021) e Araújo e Andrade (2020), também abordam a qualidade da água em bebedouros universitários, evidenciando que esses dispositivos podem representar potenciais focos de contaminação.

Outra hipótese a ser examinada refere-se à possibilidade de contaminação cruzada na rede de abastecimento interno do campus. Para investigar essa questão, é necessário realizar um levantamento detalhado do traçado da rede hidráulica, especialmente nos pontos onde foram identificadas alterações nos parâmetros da água. Além disso, deve-se considerar a influência do tempo excessivo de reservação sobre as características físico-químicas e microbiológicas da água, fator que pode estar associado ao superdimensionamento da infraestrutura hidráulica da edificação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização física e populacional das edificações institucionais

A Universidade Federal de Catalão (UFCAT) é uma instituição que apesar de estar em funcionamento há mais de 30 anos, quando ainda era Universidade Federal de Goiás – Campus Catalão, integra o grupo das supernovas, academias de ensino criadas após 2018. Logo, a instituição tem crescido e assim possuído edificações que se diferem pela tecnologia de materiais, métodos construtivos empregados e atividade fim da edificação.

A UFCAT conta com 24 prédios educacionais entre laboratórios, salas de aula, bibliotecas, auditórios, blocos administrativos e o restaurante universitário, com previsão de mais 3 prédios educacionais nos próximos 3 anos. Dessa forma, a fim de se obter uma amostragem que fosse representativa, e partindo-se das conclusões observadas nos estudos de Barbosa Junior (2021), e Inkinen *et al.* (2014), em que o tempo excessivo de reservação da água foi um aspecto preponderante para o desenvolvimento de colônias de bactérias, assim, fatores como:

- Finalidade de uso da edificação;
- consumo diário;
- e população atendida.

Foram aspectos levados em consideração por contribuírem diretamente para a qualidade da água que chega até o ponto de consumo.

3.1.1 Descrição das edificações

Um campus universitário é um ambiente amplo e diversificado, no qual são desenvolvidas diversas atividades acadêmicas e administrativas. Para a definição dos blocos a serem incluídos nas análises, foi fundamental compreender a rotina da universidade, de modo a selecionar edificações que melhor representassem a realidade do campus. Assim, foram escolhidos prédios com diferentes funções, incluindo laboratórios (Bloco L), salas de aula (Bloco Didático), sala dos professores (Bloco M) e o restaurante universitário.

3.1.1.1 Bloco M

O edifício multifuncional, concebido em 2010, foi projetado para atender às demandas de seis cursos, incluindo espaços destinados a salas de professores e coordenações acadêmicas.

As áreas contempladas incluem os cursos de Enfermagem, Psicologia, Matemática, Física, Computação e Ciências Sociais. Embora o prédio disponha de laboratórios para o curso de Enfermagem e um espaço destinado ao atendimento psicológico, sua utilização é predominantemente voltada para atividades administrativas dos docentes. A edificação possui um pavimento térreo e dois superiores, totalizando uma área construída de 3.372,37 m².

O Bloco M dispõe de quatro reservatórios superiores em polietileno, cada um com capacidade de 5.000 litros, e um reservatório inferior em concreto armado com capacidade de 26.000 litros, totalizando 46.000 litros de reservação.

3.1.1.2 Bloco L

O Bloco da Pesquisa, planejado em 2008, é um espaço essencial para o desenvolvimento científico e acadêmico dentro da universidade. Projetado para abrigar laboratórios multidisciplinares, ele proporciona infraestrutura adequada para a realização de estudos, experimentos e inovação em diversas áreas do conhecimento. Além de apoiar pesquisas aplicadas e teóricas, o ambiente favorece a integração entre estudantes, professores e pesquisadores, estimulando a troca de conhecimento e a produção científica.

Com equipamentos modernos e espaços adaptáveis às necessidades dos projetos, o Bloco de Pesquisa fortalece o compromisso da instituição com o avanço da ciência e a busca por soluções que beneficiem a sociedade. O edifício conta com 12 laboratórios utilizados de forma compartilhada pelos cursos, além de sala de reuniões, setores administrativos e um auditório. Sua área total construída é de 1.245,59 m².

O sistema de reservação é composto por reservatórios inferior e superior, sendo o inferior, em polietileno, posicionado ao nível da edificação, com capacidade de 3.000 litros. Já o reservatório superior, em concreto, possui capacidade de 12.000 litros.

3.1.1.3 Bloco didático II

Espaço fundamental para o ensino e a aprendizagem dentro da universidade. O Bloco Didático II é destinado às atividades de ensino e conta com 29 salas de aula e um auditório. Juntamente com o Bloco Didático I, recebe alunos de toda a instituição. Sua área total construída é de 3.223,06 m².

O bloco conta com um reservatório inferior em polietileno, com capacidade de 3.000 litros, e um reservatório superior em concreto, integrado à estrutura, com capacidade de 37.000 litros.

3.1.1.4 Restaurante universitário

O Restaurante Universitário possui uma área construída de 1.254,65 m² e conta com um refeitório com capacidade para atender até 304 alunos simultaneamente. O espaço dispõe de uma área de recreação, proporcionando um ambiente para alimentação e convívio social. Seu funcionamento é essencial para garantir a segurança alimentar e o bem-estar da comunidade acadêmica.

O RU é atendido por um reservatório superior em concreto armado, dividido em duas células independentes, cada uma com capacidade de 20.000 litros, totalizando 40.000 litros de reservação.

3.2 Plano de coleta e amostragem

Segundo Parron *et al.* (2011), a coleta de amostras é uma das etapas mais importantes do monitoramento da qualidade da água, a confiabilidade e interpretação dos resultados dependem da correta execução do procedimento.

Conforme Heller e Pádua (2010), o plano de amostragem deve ser definido com o objetivo de assegurar a representatividade das amostras coletadas e analisadas em laboratório. Para serem representativas as amostras precisam ser réplicas de onde foram coletadas. Dessa maneira, é necessário definir cautelosamente a periodicidade das coletas. Uma vez que buscase analisar a presença de microrganismos, particulados e sais dissolvidos, o tempo entre coleta de uma amostra e análise dependerá do parâmetro a ser analisado, assim como das características da amostra e das condições de armazenamento.

Parâmetros como temperatura, pH e condutividade, são características que não se sustentam com a preservação, logo deve-se realizar a medição no local. Para Parron *et al.* (2011), o ideal é que as amostras sejam analisadas logo após a chegada ao laboratório para minimizar a volatilização ou biodegradação entre a amostragem e a análise.

Para a realização dos ensaios, foram coletadas amostras em frascos distintos para a análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, conforme ilustrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Frascos de coleta

Fonte: Próprio Autor

Para os ensaios físico-químicos, as amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas e encaminhadas imediatamente ao laboratório, garantindo a preservação das características a serem avaliadas. Já para a análise microbiológica, foram utilizados frascos de vidro previamente esterilizados em autoclave a 121 °C e 1,2 atm por 20 minutos, seguindo rigorosamente os procedimentos estabelecidos normativamente a fim de evitar qualquer tipo de contaminação durante a coleta.

Segundo a Diretriz Nacional de Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (2016), há alguns quesitos chave para determinação dos pontos de coleta, como pode ser observado na Quadro 3.1 abaixo:

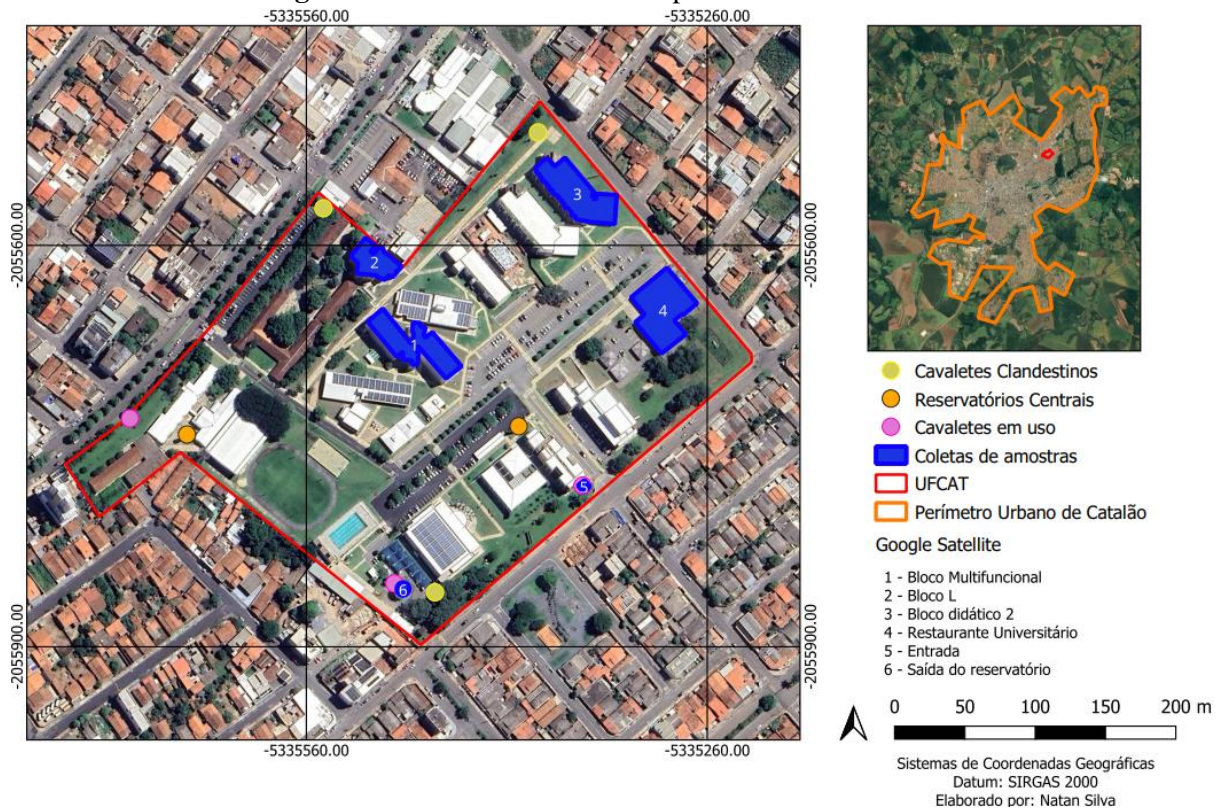
Quadro 3.1 - Locais sugeridos para coleta de amostras

	Prioritários	Secundários
Pontos de coleta	Pontos na rede de distribuição: rede nova e rede antiga, zonas altas e zonas baixas, zonas de alta e baixa pressão, pontas de rede Pontos do sistema de distribuição e monitorados ou não pelo controle Pontos de consumo de água de soluções alternativas Saída do tratamento Entrada no sistema de distribuição Saída eo reservatório de distribuição	Ligações intra domiciliares Pontos de captação de água Etapas intermediárias do tratamento: pré-filtração (ou água decantada), pós-filtração, pré-desinfecção

Fonte: Brasil (2016).

Para a realização das análises, foram selecionados os seguintes pontos estratégicos da instituição de ensino: Bloco Didático II (BDII), Bloco L (BL), Bloco M (BM) e o Restaurante Universitário (RU). Adicionalmente, incluiu-se o Cavalete de Entrada (CE), responsável pela entrada principal de água no campus, e a Saída do Reservatório (SR), que abastece a universidade e alguns bairros do município. Não foram escolhidos blocos sem reservatório, devido ao fato de que estes edifícios são alimentados diretamente pelo reservatório metálico principal, que já estava sendo monitorado. Dessa forma, foram definidos seis pontos de medição. A Figura 3.2 apresenta a localização desses pontos no campus.

Figura 3.2 - Locais determinados para coleta de amostras



Fonte: Próprio Autor.

Dentre os prédios definidos, além de fatores como atividade fim da edificação, população, a capacidade de atendimento do prédio e consumo diário, foram observados, também, a origem da alimentação e a disposição de reservatórios na construção, bem como, em casos de reserva inferior, o material utilizado (concreto ou polietileno). Uma vez que outra hipótese considerada foi a de que reservatórios subterrâneos em concreto estão mais passíveis de contaminação em relação as caixas de polietileno. A Tabela 3.1 abaixo, apresenta a distribuição de reservatório entre os prédios da UFCAT:

Tabela 3.1 - Distribuição de reservatórios na UFCAT

Reservatório superior	Res. Superior e Inferior	Sem reservatório
Bloco G	Bloco M	Bloco A
Bloco i	Bloco N	Bloco B
Bloco J	Blocos Didáticos I e II	Bloco C
Bloco k	Bloco L	Bloco D
Cercomp	Bloco O	Bloco E
Restaurante Universitário		Bloco F
		Bloco H
		Biblioteca
		Auditório Paulo Bastos
		Vestiário e Piscina
		Prefeitura Universitária

Fonte: Próprio Autor.

Dos pontos estabelecidos, apenas o BM, possui reservatório inferior subterrâneo em concreto armado. O BL e o BDII são alimentados por reservatório inferior em polietileno, enquanto o RU possui apenas reservatórios superiores em polietileno. As medições serão executadas em torneiras de lavabos dos pavimentos térreos de cada edificação.

3.3 Determinação da população de projeto

Para determinação da população atendida em cada prédio, foi considerada as sugestões de cálculo da Norma Técnica de nº 11 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Para isso, foi necessário inicialmente classificar as edificações quanto ao uso. O dispositivo legal para tal, encontra-se na NT-01/2024 (Procedimentos administrativos), que em seu anexo A, define a classificação das edificações quanto a ocupação. O Quadro 3.2, mostra o item da referida norma:

Quadro 3.2 - Classificação das edificações quanto a ocupação ou uso

E	Educativa e Cultura física	E-1	Escola em geral	Escolas de ensino fundamental, médio e superior, com cursos supletivos, pré-universitários e assemelhados
		E-2	Escola especial	Escolas de arte e artesanato, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira, religiosas e assemelhados
		E-3	Espaço para cultura física	Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais, ginásticas, artística, dança, musculação, tênis e outros, esportes coletivos como o futebol e os que não estejam incluídos em F-3, sauna, casas de fisioterapia e assemelhados

Fonte: Adaptado da NT 01/2023

Com os prédios devidamente classificados, bastou então acessar a NT-11/2022 (Saídas de emergência), que conta com a Tabela A1, que apresenta o dimensionamento da população baseada na área do ambiente para cálculo de acessos e rampas de emergência. O Quadro 3.3, adaptada da norma, exhibe o valor a ser considerado em cálculo:

Quadro 3.3 - Dados para o dimensionamento das saídas de emergência

Ocupação		População	Capacidade da Unidade de Passagem (UP)		
Grupo	Divisão		Acessos/ Descargas	Escadas/Rampas	Portas
A	A-1, A-2	Duas pessoas por dormitório	60	45	100
	A-3	Duas pessoas por dormitório e uma pessoa por 4 m ² de área de alojamento			
B	B-1, B-2	Duas pessoas por dormitório e uma pessoa por 15 m ² nas demais áreas	100	75	100
C	C-1 a C-3	Uma pessoa por 5 m ² de área			
D	D-1 a D-4	Uma pessoa por 7 m ² de área			
E	E-1	Uma pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula	100	75	100
	E-2, E-4	Uma pessoa por 3 m ² de área de sala de aula			
	E-3	Uma pessoa por 5 m ² de área			
	E-5, E-6	Uma pessoa por 3 m ² de área de sala de aula	30	22	30

Fonte: Adaptado da NT-11/2022 - Saídas de emergência

Dessa forma, foi possível estimar a quantidade de usuários em cada edificação, subsidiando a definição de possíveis pontos de controle ao longo do sistema.

3.4 Medição do consumo das edificações

Para determinação do consumo diário foram instalados 3 hidrômetros multijato magnético LAO linha alta vazão 20 m³/h, o restaurante universitário já possuía um medidor, eles acompanharam o volume de água requerido por cada edificação. Os hidrômetros foram obtidos em parceria com a concessionária de abastecimento municipal e podem ser observados na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Hidrômetros para acompanhamento do consumo



Fonte: Próprio Autor.

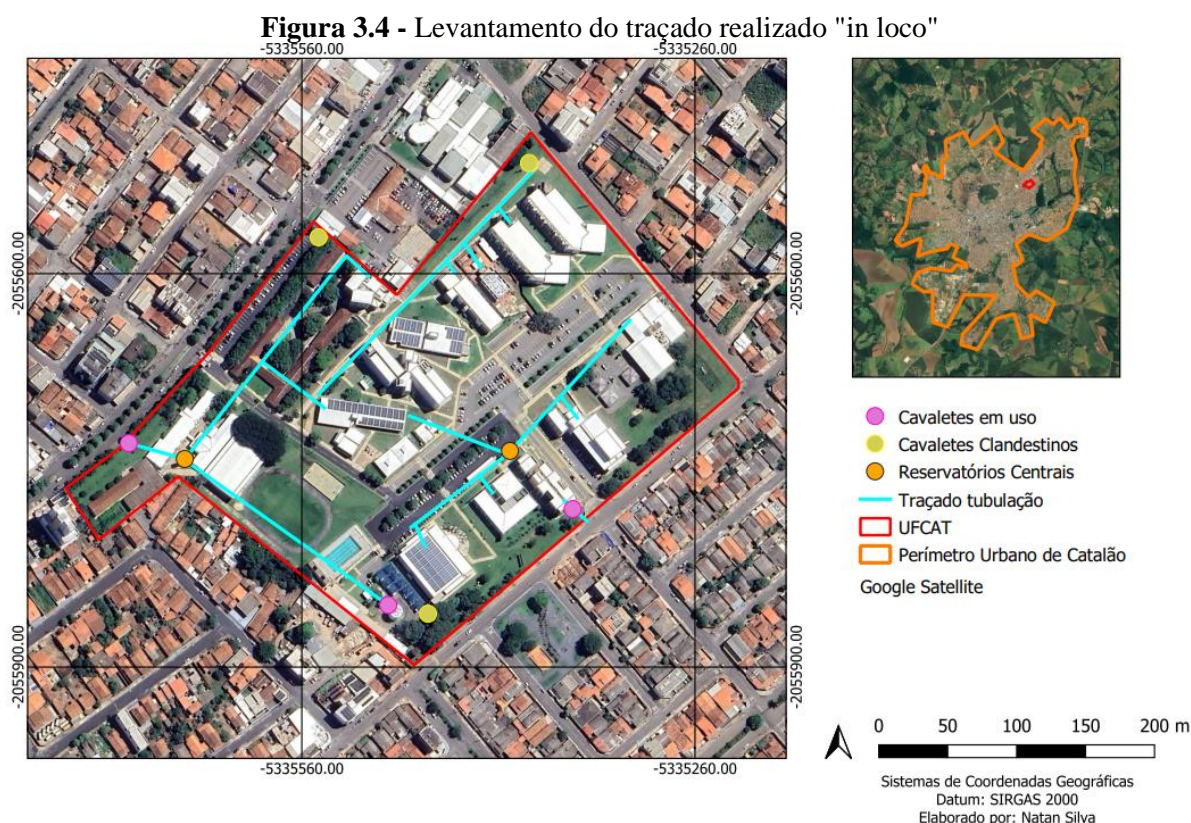
Os hidrômetros foram instalados em 2 de outubro de 2024 e removidos em 6 de março de 2025, monitorando o consumo de água desses edifícios por um período aproximado de cinco meses. O dimensionamento adequado de cada hidrômetro foi definido com base nas especificações apresentadas no estudo de Bento (2022).

3.5 Descrição do sistema de distribuição de água no campus

De acordo com o relatório realizado pela equipe técnica de engenharia da instituição intitulado como “Levantamento das Instalações de Alimentação de Água dos Edifícios do Campus I da UFCAT”, existem 4 (quatro) entradas de água externas ao campus que alimentam os reservatórios internos. A saber:

- Entrada na caixa d'água atrás do Auditório Paulo Bastos, que por meio de uma bomba, alimenta toda a universidade;
- Entrada próxima à Av. Lamartine, que alimenta diretamente o conjunto de Blocos A, B e C, D, através de um reservatório central;
- Entrada próximo ao prédio administrativo, que alimenta um segundo reservatório central metálico;
- Entrada próxima à divisa com o SENAI, que alimentaria os Blocos Didáticos I e II.

No entanto, a alimentação de água no campus ocorre predominantemente por meio do cavalete de entrada na saída do reservatório metálico atrás do auditório Paulo Bastos que alimenta parte dos bairros do município e por bombeamento o reservatório castelo que redistribui a água por gravidade ao restante da universidade. Contudo, há um ponto específico em que ambas as ligações – a do cavalete do Ipanema e a saída do reservatório – se intersectam, tornando difícil a identificação da origem do abastecimento de Blocos A a F. A Figura 3.4 apresenta o mapeamento da rede hidráulica, elaborado com base em informações fornecidas por colaboradores mais antigos e na identificação de tubulações e caixas de passagem durante visitas técnicas.



Fonte: Próprio Autor.

Observa-se que praticamente toda a rede é abastecida pelo cavalete localizado próximo ao reservatório da concessionária, responsável tanto pelo fornecimento de água ao campus quanto pelo atendimento de parte dos bairros vizinhos. O hidrômetro situado nas proximidades da Avenida Dr. Lamartine (canto superior esquerdo) cruza com a linha principal em determinado ponto e, em situações de variação de pressão, pode contribuir para a alimentação da rede. Toda tubulação da rede identificada possui diâmetro de 32 mm a 50 mm. As edificações mais antigas, que não têm projetos hidrossanitários arquivados, foram discriminados por antigos colaboradores.

3.6 Métodos laboratoriais

3.6.1 Análise microbiológica

Para esse exame, a quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*, será realizada pelo equipamento “Seladora eletrônica quanti-tray Sealer Pluxx da Idexx” seu funcionamento acontece através de um processo automatizado para selar bandejas Quanti-Tray e utiliza o método de fermentação em múltiplos tubos e o método de substrato definido para identificação e contagem. A Figura 3.5 apresenta o equipamento e a incubadora utilizada para realização do exame.

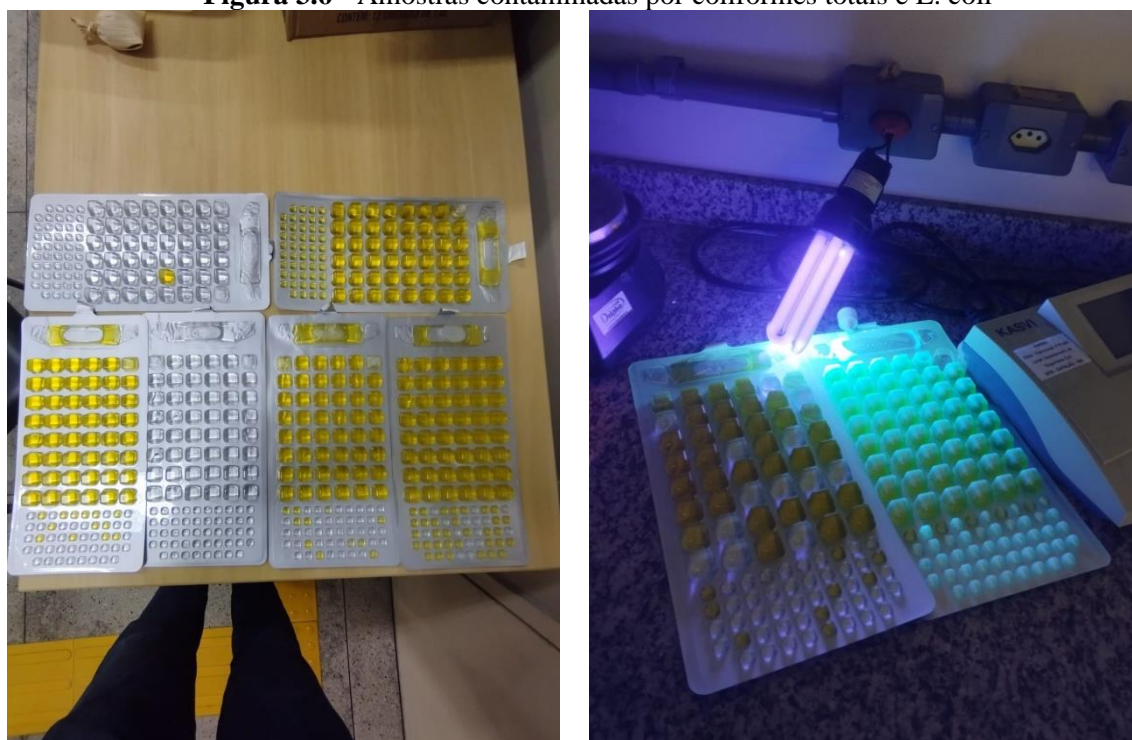
Figura 3.5 - Seladora eletrônica e cartela após ensaio



Fonte: Próprio Autor.

Coleta-se a amostra de água a ser analisada e a mistura com os reagentes – o Colilert – que contém ONPG (o-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo) para detecção de coliformes e MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucoronídeo) para detecção de E.coli. Em seguida, a distribui na bandeja Quanti-tray, para que seja selada sob condições ideais de temperatura e pressão, na seladora eletrônica. Pós selamento, a bandeja será incubada por 24 horas, a uma temperatura que varia de 35-37°C. A seguir, são apresentadas imagens das cartelas pós ensaio, com resultados positivos para coliformes totais e E. coli, respectivamente.

Figura 3.6 - Amostras contaminadas por coliformes totais e E. coli



Fonte: Próprio Autor.

Os coliformes hidrolisam o ONPG, resultando numa cor amarelada nas “bolhas” ou poços positivos e a E.coli hidrolisa o MUG, ocasionando fluorescência sob luz UV nos poços positivos (vide Figura 3.6). Por fim, o número de poços positivos é usado para cálculo da concentração de coliformes totais e E.coli na amostra original, utilizando tabelas estatísticas fornecidas pelo fabricante, como por exemplo o método do Número Mais Provável (MNP).

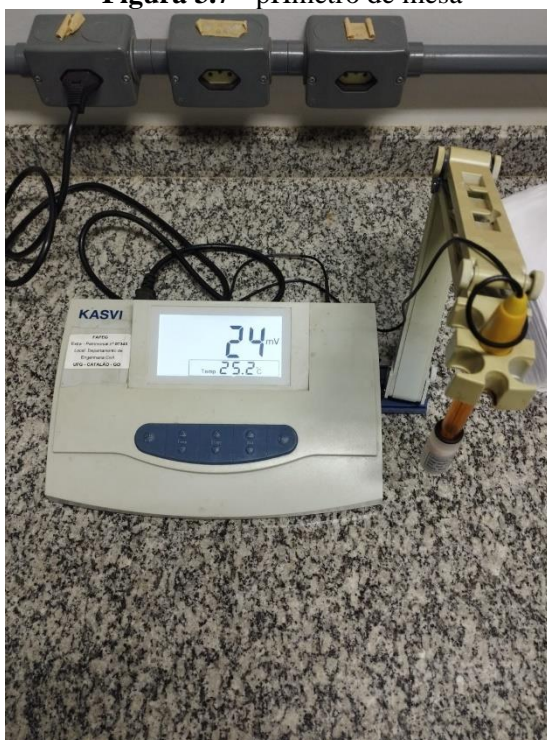
3.6.2 pH

De acordo com Silva e Oliveira (2001, p.57) a determinação do pH é feita eletrometricamente com a utilização de um potenciômetro e eletrodos. O princípio da medição

eletrométrica do pH é a determinação da atividade iônica do hidrogênio, utilizando o eletrodo padrão de hidrogênio.

Segundo Parron *et al.* (2011), o sinal que o eletrodo gera quando submerso na amostra e em milivolts e esse valor é convertido para a escala de pH (0 a 14). Os valores lidos no aparelho para essas amostras são comparados com os valores das soluções-tampão (solução que resiste a mudanças significativas de pH quando pequenas quantidades de um ácido ou base são adicionadas a ela). O pHmetro de mesa da marca Kasvi utilizado durante os ensaios, pode ser visualizado pela Figura 3.7.

Figura 3.7 - pHmetro de mesa



Fonte: Próprio Autor.

Inicialmente é necessário limpar o eletrodo com água destilada para que se remova qualquer tipo de contaminante, em seguida ele deve ser secado suavemente com papel absorvente. O passo subsequente é a calibração do eletrodo, mergulha-o em solução tampão de pH = 7 e ajusta-se o pHmetro até que leia o valor 7,0 no amostrador. Então o processo é repetido para soluções tampão de pH 4 e 10, para calibração de mais pontos. O eletrodo é imerso na solução a ser medida até que a leitura se estabilize e surja no leitor da tela do pHmetro.

3.6.3 Turbidez

Consoante Silva e Oliveira (2001), a aferição da turbidez é realizada pelo nefelômetro/turbidímetro e é baseada na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra, com a intensidade de luz desviada por uma suspensão padrão de referência (formazina). A magnitude da turbidez é diretamente proporcional a intensidade da luz desviada, como exemplificado pela Figura 3.8.

Figura 3.8 - Turbidímetro



Fonte: Próprio Autor.

Para sua calibração, é necessário realizar a aferição utilizando pelo menos três padrões de valores conhecidos (10, 100 e 500 NTU). Após a calibração, a amostra é inserida no aparelho.

3.6.4 Cloro residual

O método escolhido para determinação do cloro residual é o titulométrico DPD-SFA, a titulação é feita com o sulfato ferroso amoniacal (SFA), e como indicador a N,N-dietil-p-fenilenediamina (DPD). Na ausência de íons iodeto, o cloro livre reage instantaneamente com o DPD, apresentando uma coloração rosada.

Para determinar cloro livre é necessário colocar 5 mL de solução tampão fosfato e 5 mL de solução indicadora DPD (ou 500 mg de DPD em pó) num frasco erlenmeyer de 200 mL e misturar. Adicionar 100 mL de amostra bruta ou de amostra diluída e misturar (Silva; Oliveira, 2001), conforme ilustrado na Figura 3.9.

Figura 3.9 - Erlenmeyer contendo tampão fosfato, DPD e 100 mL de amostra



Fonte: Próprio Autor.

A etapa subsequente consiste na titulação da solução com sulfato ferroso amoniacal até que a mistura retorne à sua transparência original. O volume de reagente consumido é registrado, correspondendo à quantidade de cloro livre presente na amostra.

3.6.5 Dureza

A amostra de água é coletada e, se necessário, ajustada para um pH adequado (geralmente entre 10 e 10,5) utilizando um tampão de amônia e cloreto de amônio. Esse ajuste evita a precipitação de íons metálicos e garante a eficiência da titulação.

Após essa etapa é adicionado o indicador (comumente negro de eriocromo T) que forma um complexo de coloração lilás com íons cálcio e magnésio presentes na solução, como mostra a Figura 3.10.

Figura 3.10 - Solução pós adição do indicador

Fonte: Próprio Autor.

A solução padrão de EDTA é adicionada lentamente à amostra sobre agitação contínua, até que forme um complexo estável com os íons cálcio e magnésio, removendo progressivamente o indicador. O ponto final da titulação é alcançado quando toda a dureza é complexada e a solução muda de lilás para azul, indicando a complexação total dos íons pela solução de EDTA.

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a concentração da dureza total da água (expressa em mg/L) é calculada com base no volume de EDTA consumido na titulação, utilizando a seguinte Equação 3.1:

$$Dureza \left(\frac{mg}{L} \text{ de } CaCO_3 \right) = \frac{V_{EDTA} \times C_{EDTA} \times 1000}{V_{amostra}} \quad (3.1)$$

em que

V_{EDTA} é o volume da solução de EDTA gasto na titulação (mL);

C_{EDTA} é a concentração da solução de EDTA (mol/L);

$V_{amostra}$ é o volume da amostra analisada (mL);

1000 é o fator que converte a unidade para mg/L de $CaCO_3$

Assim como na titulação para determinação de cloro livre, as análises de dureza foram realizadas em triplicata, permitindo o cálculo da média dos volumes obtidos. Esse procedimento visa garantir maior precisão e confiabilidade na determinação do valor real da amostra.

3.6.6 Alcalinidade

A determinação da alcalinidade total se dá via potenciometria, que se baseia na titulação de determinado volume de amostra, com solução de ácido clorídrico de normalidade N, sob agitação suave, até que o pH corresponda ao ponto de inflexão ou de equivalência da curva de titulação. Durante a titulação, o ácido neutraliza os bicarbonatos e, dependendo do pH final, os carbonatos presentes na amostra.

O cálculo da alcalinidade total também seguiu o exposto por Silva e Oliveira (2001), conforme a Equação 3.2.

$$\text{Alcalinidade} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3 \right) = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 50.000}{V_{\text{amostra}}} \quad (3.2)$$

onde:

V_{HCl} é o volume da solução de ácido clorídrico consumido na titulação (mL);

N_{HCl} é a normalidade da solução de HCl;

V_{amostra} é o volume da amostra analisada (mL);

50.000 é o fator que converte a unidade para mg/L de CaCO_3

Para o ensaio em questão, foi utilizado como indicador para titulação o alaranjado de metila, para identificar o ponto final da titulação em diferentes faixas de pH. Após o procedimento, a amostra do Erlenmeyer vira de amarelo para laranja. Um exemplo pode ser observado pela Figura 3.11.

Figura 3.11 - Amostra na cor alaranjada após titulação



Fonte: Próprio Autor.

Todo esse procedimento foi realizado diariamente ao longo da semana de controle, abrangendo todas as seis amostras, cada uma analisada em triplicata, garantindo maior precisão e confiabilidade dos resultados obtidos.

3.6.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é uma medida da sua capacidade de conduzir eletricidade, o que está diretamente relacionado à concentração de íons dissolvidos na água. Para determinar a condutividade elétrica, o método mais comum envolve o uso de um condutivímetro, um dispositivo eletrônico que mede a condutividade elétrica diretamente. A solução padrão para calibração da condutividade elétrica é uma solução aquosa de cloreto de potássio (KCl), uma vez que o KCl se dissolve completamente na água, fornecendo uma condutividade conhecida e estável.

A concentração da solução de KCl determina a condutividade que será utilizada para a calibração do condutivímetro. O aparelho de mesa utilizado para aferição das amostras foi exposto na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Condutivímetro de mesa

Fonte: Próprio Autor

O padrão de cloreto de potássio (KCl) possui uma condutividade elétrica conhecida de 146,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para garantir a precisão das medições, é essencial adotar cuidados rigorosos, como a limpeza do eletrodo com água destilada antes e após a aferição de cada amostra, incluindo o padrão KCl. Essa prática minimiza interferências e assegura a confiabilidade dos resultados obtidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

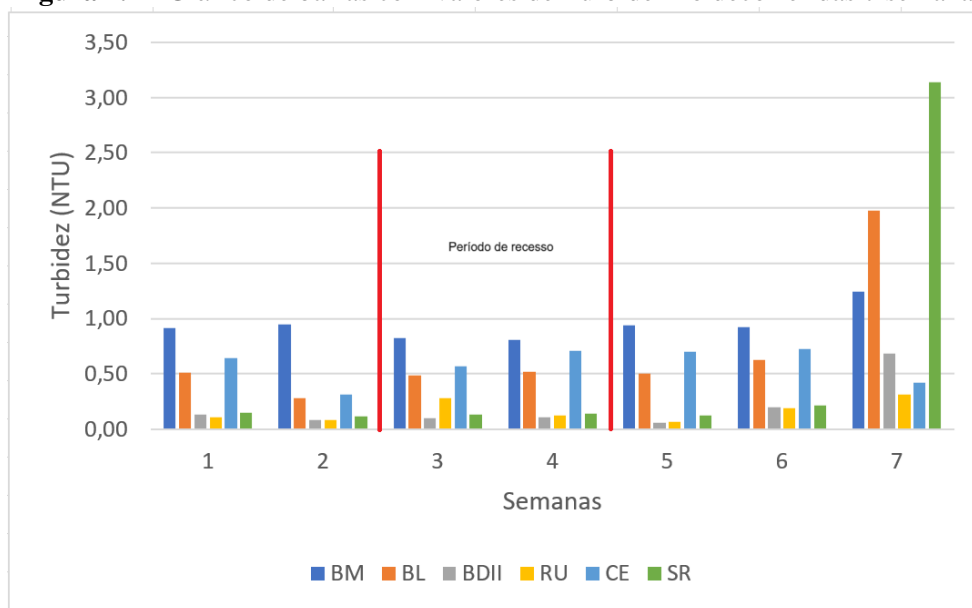
Ao longo de sete semanas, foram realizadas, de forma alternada, coletas de água seguidas de análises laboratoriais, totalizando uma amostragem de 210 unidades. Em cada uma dessas unidades, foram avaliados os seis parâmetros previamente mencionados.

As coletas tiveram início em 25 de novembro de 2024 e foram concluídas em 21 de março de 2025, resultando em um período de acompanhamento de aproximadamente quatro meses. O intervalo analisado compreendeu tanto o início quanto o recesso do calendário acadêmico, entre os dias 22 de dezembro de 2024 e 11 de janeiro de 2025 — correspondendo às semanas 3 e 4 de coleta. Trata-se de um fator relevante para a análise da hipótese que investiga a relação entre a rotatividade da água no sistema e a concentração de cloro residual presente

4.1 Análise de turbidez

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece que o valor de turbidez da água potável não pode exceder 5,0 NTU em nenhuma amostra. Durante o período de monitoramento, todos os pontos analisados apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, conforme demonstram o gráfico a seguir.

Figura 4.1 - Gráfico de barras com valores de Turbidez no decorrer das 7 semanas



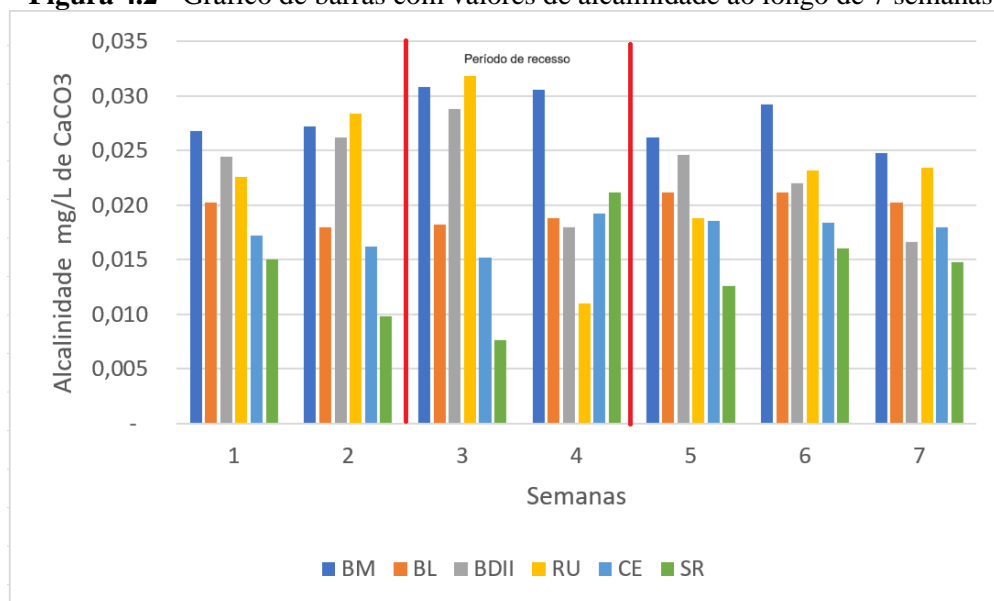
Fonte: Próprio Autor.

As medições de turbidez apresentaram valores médios semanais variando entre 0,02 NTU (mínimo) e 3,14 NTU (máximo) ao longo do período analisado. Com exceção de um registro pontual no ponto SR, ocorrido na última semana de monitoramento — período em que houve interrupção no abastecimento de água —, cujo valor foi de 10,57 NTU, todas as demais amostras permaneceram dentro dos limites considerados adequados. Esse aumento significativo na turbidez pode ser atribuído à interrupção no fornecimento de água ocorrida no período, o que levou à captação da fração de água mais próxima dos sólidos sedimentados no fundo do reservatório, resultando em uma elevação dos níveis de partículas em suspensão na amostra analisada.

Além disso, observa-se que os Blocos M e L não atenderam ao critério normativo, que determina que 95% das amostras mensais devem apresentar valores de turbidez inferiores a 0,5 NTU. Esse problema pode estar associado à necessidade de limpeza da rede de distribuição ou ao acúmulo de incrustações nas tubulações, fatores que favorecem o aumento da carga de partículas em suspensão na água. A presença dessas incrustações pode contribuir para a liberação de material particulado, especialmente em situações de variações de fluxo ou interrupções no abastecimento, comprometendo a qualidade da água distribuída.

4.2 Análise de alcalinidade

A legislação brasileira não estabelece limites específicos para a alcalinidade da água, mas recomenda o monitoramento desse parâmetro devido à sua influência no pH, na corrosividade e nas características organolépticas, como o sabor. A seguir, é apresentado o gráfico com os dados obtidos ao longo do período analisado.

Figura 4.2 - Gráfico de barras com valores de alcalinidade ao longo de 7 semanas

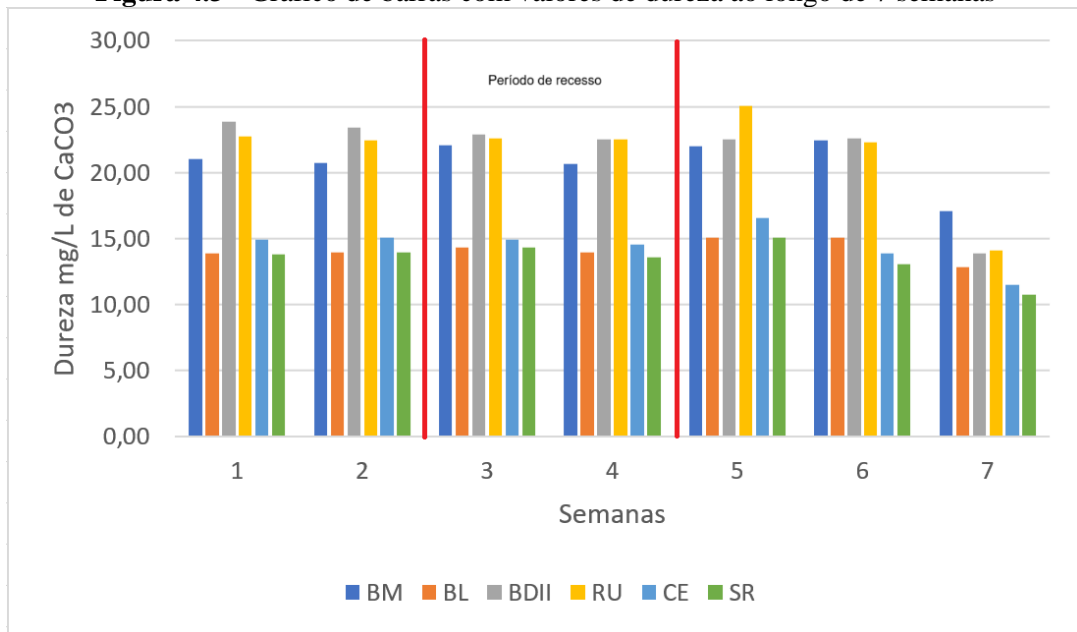
Fonte: Próprio Autor.

Observa-se que os valores de alcalinidade obtidos nas amostras analisadas foram relativamente baixos. Embora esse parâmetro não represente, isoladamente, um risco direto à saúde humana — razão pela qual a Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelece limites específicos —, valores excessivamente elevados podem comprometer as características organolépticas da água. Além disso, conforme destaca Héller Pádua (2010), baixos níveis de alcalinidade reduzem a capacidade tamponante da água, o que pode levar à instabilidade do pH, à diminuição da eficiência nos processos de remoção de impurezas e ao favorecimento da corrosão nas estruturas do sistema de abastecimento.

4.3 Análise de dureza

A Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelece um limite mínimo específico para a dureza da água, mas define um Valor Máximo Permitido (VMP) de 500 mg/L, expresso como CaCO_3 . Esse limite visa evitar impactos nas características organolépticas da água destinada ao consumo humano, como alterações no sabor e a formação de incrustações em sistemas de distribuição e equipamentos.

A figura 4.3 apresenta os resultados obtidos nas análises realizadas nos pontos de controle ao longo do período avaliado.

Figura 4.3 - Gráfico de barras com valores de dureza ao longo de 7 semanas

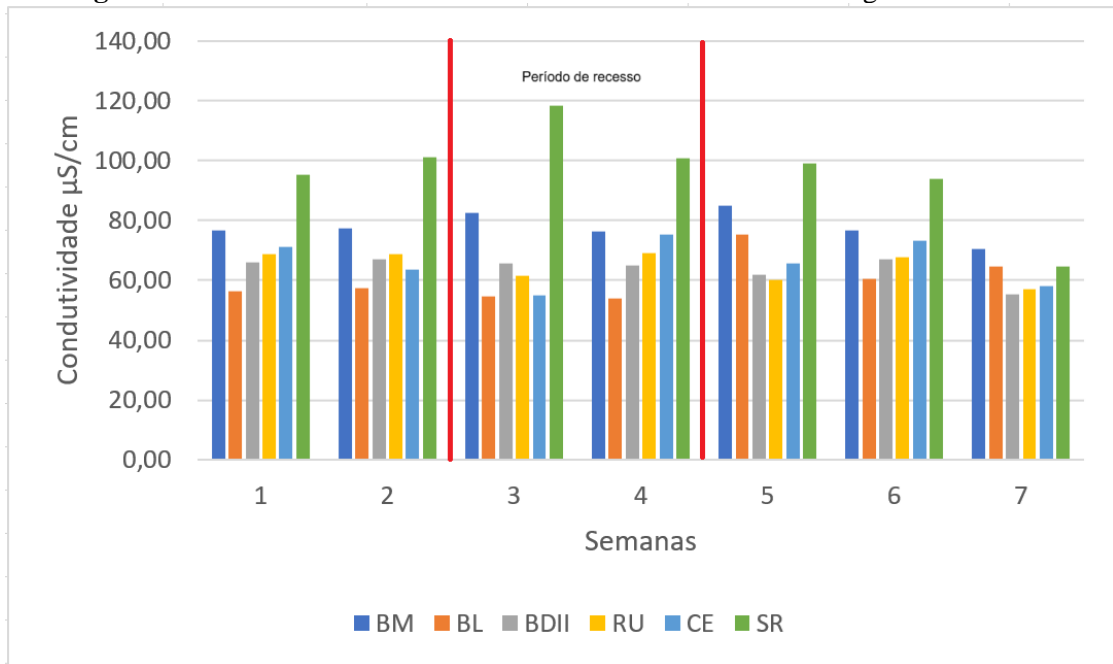
Fonte: Próprio Autor.

Foi verificado que os valores médios de dureza no BM, BDII e no RU foram superiores aos da água fornecida pela concessionária, o que pode estar associado à formação de incrustações na rede de distribuição interna.

Adicionalmente, observou-se que, na sétima semana, os valores medidos ficaram abaixo das médias anteriormente registradas. Esse comportamento pode estar relacionado à interrupção no fornecimento de água ocorrida nesse período, resultando na captação de água de uma parcela do reservatório que, usualmente, não é renovada com frequência.

4.4 Análise de condutividade

De acordo com Parron, Muniz e Pereira (2011), a condutividade elétrica da água está diretamente relacionada à concentração de sais dissolvidos, sendo aproximadamente proporcional à sua quantidade. Dessa forma, esse parâmetro guarda relação com outros indicadores da composição iônica da água, como a alcalinidade e a dureza. Considerando os baixos valores observados para esses dois últimos parâmetros no conjunto de amostras analisadas, era esperado que a condutividade elétrica também apresentasse valores reduzidos. Essa tendência está representada na Figura 4.4, apresentada a seguir.

Figura 4.4 - Gráfico de barras com valores de condutividade ao longo de 7 semanas

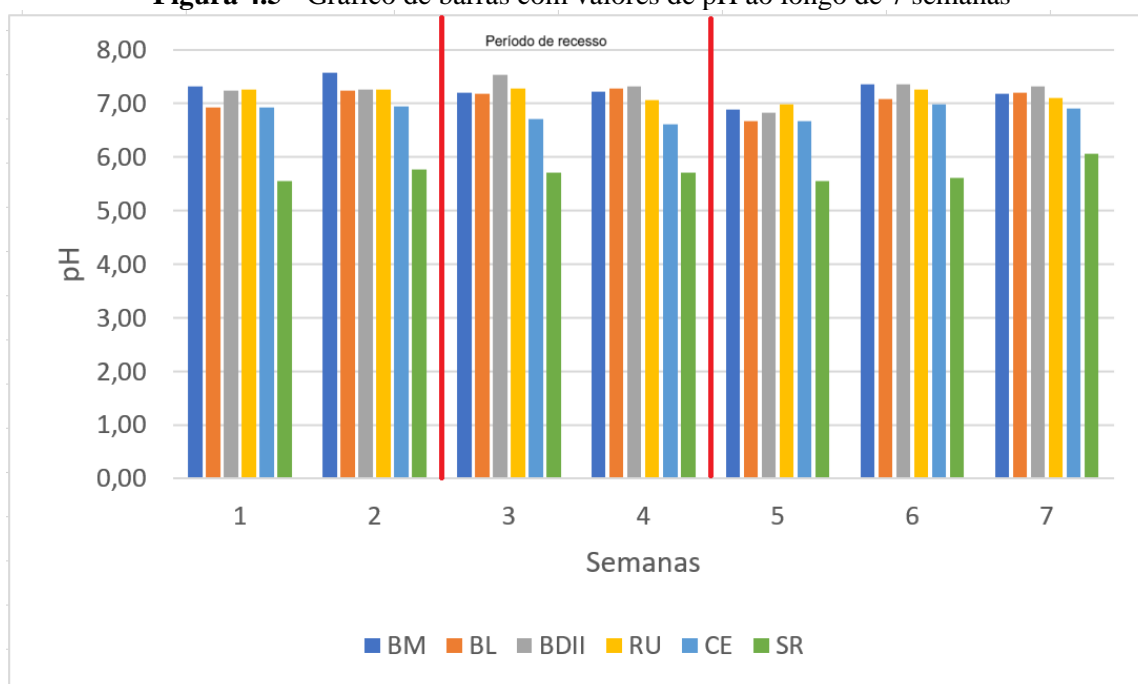
Fonte: Próprio Autor.

Foi observado que a saída do reservatório metálico apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, o que pode ser atribuído ao estado de corrosão da estrutura. Esse processo resulta na liberação de íons metálicos na água, aumentando a concentração de sais dissolvidos.

Além disso, a corrosão contribui para a acidificação do meio, o que justifica o fato de esse ponto apresentar os menores valores de pH entre os locais avaliados.

4.5 Análise de pH

O monitoramento do pH foi realizado em conjunto com os demais parâmetros físico-químicos, sendo seus valores médios semanais acompanhados ao longo de sete semanas. A Figura 4.5 apresenta a variação desses valores durante o período analisado.

Figura 4.5 - Gráfico de barras com valores de pH ao longo de 7 semanas

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com Libânio (2008), o valor do pH da água destinada ao consumo humano não exerce, por si só, efeitos significativos sobre a saúde. Diversas bebidas e frutas com pH consideravelmente mais baixo são comumente ingeridas sem prejuízos à saúde. No entanto, o controle desse parâmetro é fundamental para a preservação das características físico-químicas da água, especialmente no que se refere à corrosividade em ambientes com pH ácido (< 6,0) e à formação de incrustações quando os valores ultrapassam 9,5, funcionando assim como um indicador.

Analisando os gráficos apresentados, constata-se que todos os pontos, exceto o SR, apresentaram valores médios semanais de pH em conformidade com a Portaria nº 888/2021. Durante várias semanas, o SR registrou valores ácidos, o que motivou uma visita “*in loco*” para avaliar a situação do reservatório de distribuição. Nessa inspeção, foram observados sinais severos de corrosão, evidenciando a concordância com a literatura.

4.6 Análise de cloro

O monitoramento do cloro residual foi realizado ao longo do mesmo período de acompanhamento dos outros dados, com registros efetuados semanalmente. Os resultados

das análises de cloro residual livre estão apresentados individualmente na Tabela 4.1, conforme detalhado a seguir.

Tabela 4.1 - Monitoramento de cloro ao longo de 7 semanas

Semanas	Dias	BM	BL	BDII	RU	CE	SR
Semana 01	seg	0,00	0,35	0,26	0,46	0,80	0,20
	terça	0,00	0,00	0,26	0,40	0,93	0,36
	quarta	0,00	0,35	0,26	0,46	0,80	0,20
	quinta	0,00	0,35	0,35	0,35	0,60	0,30
	sexta	0,00	0,35	0,26	0,46	0,80	0,20
Semana 02	seg	0,00	0,00	0,00	0,20	0,53	0,30
	terça	0,00	0,00	0,00	0,40	0,53	0,33
	quarta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,33
	quinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,43
	sexta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,40
Semana 03	seg	0,00	0,00	0,00	0,40	1,20	0,80
	terça	0,00	0,40	0,26	0,40	0,93	0,36
	quarta	0,00	0,35	0,00	0,40	0,93	0,60
	quinta	0,00	0,20	0,00	0,40	0,76	0,40
	sexta	0,00	0,35	0,00	0,26	0,80	0,43
Semana 04	seg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,43
	terça	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,40
	quarta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,20
	quinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,40
	sexta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,40
Semana 05	seg	0,00	0,40	0,00	0,40	0,60	0,30
	terça	0,00	0,30	0,00	0,50	1,10	0,60
	quarta	0,00	0,30	0,00	0,23	0,33	0,40
	quinta	0,00	0,16	0,00	0,23	0,40	0,36
	sexta	0,00	0,20	0,00	0,40	0,40	0,40
Semana 06	seg	0,00	0,30	0,00	0,43	0,90	0,60
	terça	0,00	0,30	0,00	0,20	0,80	0,40
	quarta	0,00	0,40	0,00	0,40	0,93	0,40
	quinta	0,00	0,33	0,00	0,40	0,83	0,43
	sexta	0,00	0,23	0,00	0,43	0,60	0,40
Semana 07	seg	0,00	0,40	0,00	0,50	1,16	0,56
	terça	0,00	0,33	0,00	0,46	0,90	0,60
	quarta	0,00	0,50	0,00	0,00	0,46	0,60
	quinta	0,00	0,46	0,00	0,00	0,30	0,70
	sexta	0,00	0,40	0,00	0,60	0,60	0,83

Fonte: Próprio Autor.

Durante o período analisado, não foi detectado cloro residual nas amostras coletadas no BM, apesar de a água fornecida pela concessionária apresentar concentrações dentro dos

padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Esse achado levantou a hipótese de possível contaminação da rede interna.

De modo semelhante ao observado no CE, a saída do reservatório apresentou, ao longo de todo o período de monitoramento, valores de cloro residual compatíveis com os limites normativos. Nos demais blocos, os resultados foram variáveis: o BL apresentou inconformidades em 34,28% das amostras, o BDII em 82,85% e o RU em 28,57%, indicando possíveis falhas na manutenção do sistema predial desses pontos.

4.7 Influência do cloro na análise microbiológica

A portaria nº 888/2021 estabelece que a concentração adequada de cloro residual na água deve estar entre 0,2 mg/L e 2,0 mg/L. Durante as análises, não foram identificadas amostras com valores superiores ao limite estabelecido. No entanto, em diversos momentos, observou-se a ausência total de cloro em algumas amostras coletadas, sendo o Bloco M particularmente destacado por não apresentar qualquer concentração de cloro em nenhuma das coletas realizadas.

Conforme destacado por Brito *et al.* (2021), a ausência de cloro residual pode ser um indicativo relevante de possível contaminação da rede de distribuição, considerando seu papel desinfetante. Ressalta-se que, em todas as coletas realizadas, a água fornecida pela concessionária atendeu integralmente aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

A Tabela 4.2, apresenta os valores de cloro, pH e coliformes determinados ao longo das sete análises.

Tabela 4.2 - Resultados de coliformes totais e E. coli

Data	Bloco	Cloro residual (mg/L)	pH	Colif. Totais (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
Sexta - feira, 13/12/24	Bl. M	0,00	8,12	78	Ausente
Sexta - feira, 13/12/24	Bl. L	0,00	6,8	Ausente	Ausente
Sexta - feira, 13/12/24	Didático II	0,00	7,1	74,3	Ausente
Sexta - feira, 13/12/24	Rest. Universitário	0,00	6,9	Ausente	Ausente
Sexta - feira, 13/12/24	Entrada	0,93	7,25	Ausente	Ausente
Sexta - feira, 13/12/24	Saída reservatório	0,40	5,9	Ausente	Ausente
Quinta - feira, 26/12/24	Bl. M	0,00	7,1	178,9	Ausente
Quinta - feira, 26/12/24	Bl. L	0,20	7,3	1	Ausente
Quinta - feira, 26/12/24	Didático II	0,00	7,25	38,4	36,9
Quinta - feira, 26/12/24	Rest. Universitário	0,40	7,35	Ausente	Ausente
Quinta - feira, 26/12/24	Entrada	0,76	6,5	Ausente	Ausente
Quinta - feira, 26/12/24	Saída reservatório	0,40	5,5	Ausente	Ausente
Terça - feira, 07/01/25	Bl. M	0,00	6,8	1011,2	Ausente
Terça - feira, 07/01/25	Bl. L	0,00	7,2	191,8	Ausente
Terça - feira, 07/01/25	Didático II	0,00	7,35	272,3	178,5
Terça - feira, 07/01/25	Rest. Universitário	0,00	6,9	14,6	Ausente
Terça - feira, 07/01/25	Entrada	0,94	6,2	5,1	Ausente
Terça - feira, 07/01/25	Saída reservatório	0,40	5,5	75,4	Ausente
Quarta - feira, 22/01/25	Bl. M	0,00	6,9	501,2	Ausente
Quarta - feira, 22/01/25	Bl. L	0,30	6,9	1	Ausente
Quarta - feira, 22/01/25	Didático II	0,00	7,04	1011,2	43,1
Quarta - feira, 22/01/25	Rest. Universitário	0,23	6,94	Ausente	Ausente
Quarta - feira, 22/01/25	Entrada	0,33	6,82	Ausente	Ausente
Quarta - feira, 22/01/25	Saída reservatório	0,40	5,6	Ausente	Ausente
Sábado, 08/02/25	Bl. M	0,00	7,15	13,5	Ausente
Sábado, 08/02/25	Bl. L	0,30	6,18	Ausente	Ausente
Sábado, 08/02/25	Didático II	0,00	7,23	29,2	1
Sábado, 08/02/25	Rest. Universitário	0,43	7,14	Ausente	Ausente
Sábado, 08/02/25	Entrada	0,80	6,9	Ausente	Ausente
Sábado, 08/02/25	Saída reservatório	0,60	5,51	Ausente	Ausente
Segunda - feira, 17/03/25	Bl. M	0,00	6,71	1,0	1,0
Segunda - feira, 17/03/25	Bl. L	0,40	6,68	Ausente	Ausente
Segunda - feira, 17/03/25	Didático II	0,00	6,67	1,0	1,0
Segunda - feira, 17/03/25	Rest. Universitário	0,50	6,61	3,1	3,1
Segunda - feira, 17/03/25	Entrada	1,16	6,45	3,1	Ausente
Segunda - feira, 17/03/25	Saída reservatório	0,56	5,47	3,1	1,0

Fonte: Próprio Autor.

Os valores destacados representam dados em não conformidade com a Portaria em vigor. De acordo com a norma, o parâmetro de pH deve situar-se entre 6,0 a 9,5, uma vez que

valores abaixo desse intervalo podem comprometer o sabor da água e intensificar o processo de corrosão. Por outro lado, valores elevados de pH podem favorecer a formação de incrustações nas tubulações e nos aparelhos sanitários (Sperling, 2014).

Outro aspecto relevante a ser observado nesse parâmetro é que os valores de pH abaixo do limite de aceitabilidade foram identificados exclusivamente na saída do reservatório. Esse fenômeno está diretamente relacionado às condições estruturais do reservatório metálico responsável pelo armazenamento e distribuição da água para a instituição e alguns bairros do município, que devido ao processo de corrosão, liberam íons ferro que reagem com a água e formam ácidos, que irão diminuir o pH do meio. A condição do reservatório de distribuição pode ser observada pela Figura 4.6.

Figura 4.6 - Corrosão no reservatório de distribuição



Fonte: Próprio Autor.

A corrosão interna aparente do tanque encontra-se em estágio avançado, o que contribui significativamente para a redução do pH da água que permaneceu armazenada por longos períodos nesse sistema.

Das 36 amostras analisadas, 58,33% apresentaram a presença de coliformes totais, um valor significativamente superior ao limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que permite a detecção desse indicador em, no máximo, 5% das amostras mensais.

Quanto à *E. coli*, sua presença foi identificada em 22,22% das amostras. Embora esse percentual seja inferior ao observado para coliformes totais, o critério normativo para *E. coli* é mais rigoroso, exigindo sua ausência em 100% das amostras. Esses resultados indicam uma

contaminação de origem fecal na rede de distribuição, relacionada a formação de biofilmes bacterianos no interior de tubulações ou reservatórios, ou falta de limpeza da rede, causando acúmulo de sedimentos e matéria orgânica que favorece a proliferação bacteriana.

Em consonância com as observações de Barbosa Junior (2022), verificou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* em amostras nas quais o valor de cloro residual era nulo. Esse achado reforça a hipótese de contaminação na rede de distribuição, considerando que a água fornecida pela concessionária atendeu aos padrões normativos, sem registros de ausência de cloro ou presença de *E. coli*, embora em dois momentos foi registrado a presença de coliformes totais na amostra de entrada do abastecimento.

4.8 Situação dos reservatórios prediais

Após a identificação de indícios de possível contaminação na rede predial das edificações, foi realizada uma inspeção in loco para averiguar as condições dos reservatórios de água. Algumas das condições averiguadas estão presentes na Figura 4.7.

Figura 4.7 - Situação das reservatório (Bloco M)



Fonte: Próprio Autor.

Todos os reservatórios inspecionados apresentaram acúmulo de sujeira tanto em sua parte externa quanto interna. Dentre os principais contaminantes identificados, destacam-se a presença de poeira, dejetos de pombos e pequenos animais mortos, como lagartixas. Dentre as doenças mais comuns associadas à presença de pombos, destacam-se a criptococose, a histoplasmose e a salmonelose. Além disso, as fezes dessas aves podem contaminar tanto a água quanto o ar, criando um ambiente favorável à proliferação de bactérias e fungos prejudiciais à saúde humana (NUNES, 2003).

A condição inadequada de limpeza dos reservatórios foi constatada em todos os blocos avaliados e está diretamente relacionada à falta de manutenção desses dispositivos. A acumulação de sujeira e degradação nesses reservatórios é um processo natural, especialmente devido à sua localização, muitas vezes afastada e de difícil acesso. No entanto, a ausência de intervenções periódicas pode comprometer a qualidade da água armazenada, favorecendo contaminações e afetando a segurança do abastecimento. A presença de fezes de pombos em reservatório com vedação comprometida não apenas justifica a detecção de *E. coli* nas análises microbiológicas e a ausência de cloro livre, mas também representa um risco significativo à saúde pública. Esses animais podem transmitir diversos agentes patogênicos por meio de suas fezes, penas e secreções.

4.9 Acompanhamento do consumo

Com a instalação dos hidrômetros, tornou-se viável o monitoramento mensal da evolução do consumo de água ao longo do período analisado. A Tabela 4.3 apresenta o acompanhamento do consumo nas quatro edificações de interesse, destacando o Consumo Médio Diário (CmD) registrado ao longo de aproximadamente cinco meses.

Tabela 4.3 - Acompanhamento do consumo das edificações avaliadas

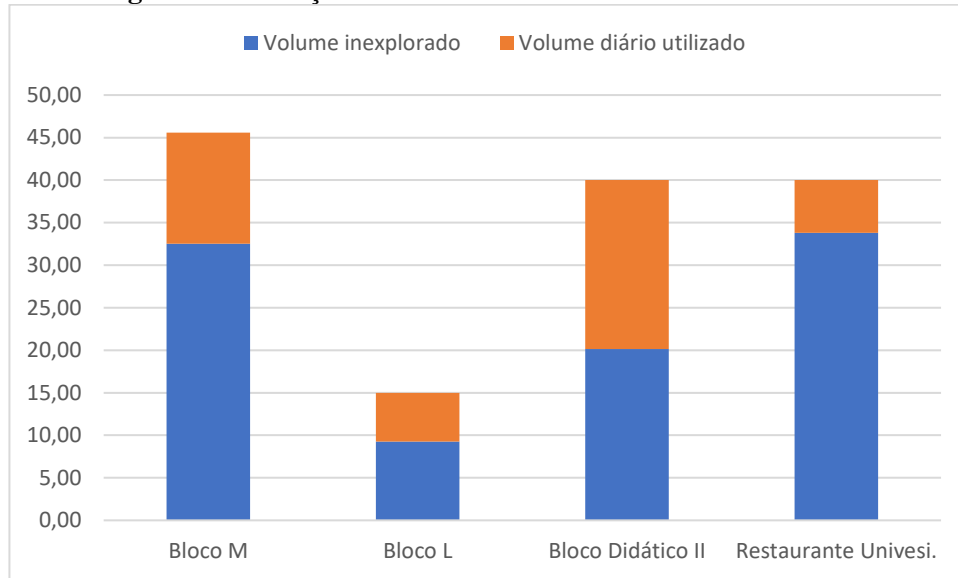
Local	Volume (m ³)					Total	CmD
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro		
Bloco M	335	444	314	425	506	2024	13,06
Bloco L	152	195	142	177	222	888	5,73
Bloco Didático II	510	676	500	644	746	3076	19,85
R. U	159	211	156	201	233	960	6,19

Fonte: Próprio Autor.

A NBR 5626:2020 – Instalações Prediais de Água Fria estabelece que os reservatórios prediais, quando adequadamente dimensionados, devem assegurar uma autonomia mínima de

24 horas para suprir o consumo da edificação em casos de interrupção no fornecimento, sem considerar a reserva de incêndio. A Figura 4.8 apresenta os volumes totais de armazenagem não usado de cada edificação, bem como o consumo diário real de água.

Figura 4.8 - Relação entre volume excedente x volume diário utilizado



Fonte: Próprio Autor.

A análise do Figura gráfico revela um volume significativo de água subutilizado, decorrente do superdimensionamento da rede hidráulica predial. Esse volume excedente pode, segundo Barbosa Junior (2022), contribuir para a deterioração dos parâmetros de potabilidade da água fornecida pela concessionária ao longo do tempo.

Para mitigar esse problema, uma alternativa viável seria a desativação de alguns reservatórios superiores ou inferiores. Durante a pesquisa, identificou-se que os reservatórios inferiores possuem acesso facilitado a curiosos, entre colaboradores e alunos, o que tem resultado em vedação inadequada e, conseqüentemente, na entrada de impurezas, pequenos animais e insetos. Além de otimizar a recirculação da água, a desativação seletiva de reservatórios contribuiria para preservar a qualidade da água armazenada.

4.10 Prognóstico da predial

Conhecendo-se as áreas de cada edificação, foi possível, com simples divisão pelo fator encontrado, estimar a população de cada prédio. Com os projetos hidráulicos obtidos com a Prefeitura universitária da UFCAT, pode-se observar os volumes dos reservatórios

dimensionados para cada edifício. A Tabela 4.4 sintetiza todas essas informações, como observado:

Tabela 4.4 - Caracterização dos blocos analisados

Blocos Analisados	Área Construída total (m ²)	Área considerada (m ²)	Fator	População estimada	Volume reservado (m ³)
Bloco L	1245,59	522,40	7,0	75	40
Bloco M	3.372,37	1.245,00	1,5	830	46,59
Restaurante					
Universitário	1.254,65	528,00	1,5	352	40
Bloco Didático I	3.230,06	2.119,50	1,5	1413	40

Fonte: Próprio Autor.

Enfatiza-se que para cálculo do dimensionamento máximo da população, de acordo com o item 5.3.2.2 da referida norma, são excluídas áreas frias, halls, elevadores, escadas e corredores de circulação. Embora o cálculo não represente o balanço diário real de cada prédio, a estimativa permite, somado ao consumo diário que foi registrado, avaliar a propensão de determinado bloco no que tange a renovação de água do sistema hidráulico predial, validando ou não, hipóteses sobre a conexão entre a qualidade da água fornecida e o período de reservação.

4.11 Identificação e Avaliação de riscos

Uma importante ferramenta apresentada no módulo 6 do *Water Safety Plan Manual* (WHO, 2009) é a identificação e avaliação de riscos, com o objetivo de implementar estratégias eficazes de mitigação. Para o primeiro critério foi adotado a tipologia proposta por Barbosa Junior (2022), foi possível caracterizar cada edificação com base na interação dos usuários com a água.

Assim, edifícios classificados como Tipo 1 são aqueles que possuem dispositivos hidrossanitários destinados exclusivamente a bebedouros e banheiros; Tipo 2 se referem a ambientes nos quais há contato da água com a pele, como é o caso de chuveiros; e Tipo 3 engloba edificações com espaços voltados à preparação de alimentos, como copas, cozinhas, entre outros. A Tabela 4.5 apresenta o levantamento atualizado dos dispositivos hidrossanitários prediais, já acrescido da classificação de Barbosa Junior (2022).

Tabela 4.5 - Levantamento de dispositivos hidráulicos dos prédios

Blocos	Dispositivos hidráulicos	Quantidade	Tipo
BL	Bacias sanitárias	21	1
	Lavatórios	18	
	Mictórios	6	
	Pias	4	
	Ducha lava olhos	3	
	Bebedouro	3	
BM	Bacias sanitárias	16	3
	Lavatórios	20	
	Mictórios	5	
	Pias	7	
	Tanques	3	
BDII	Bacias sanitárias	30	1
	Lavatórios	34	
	Mictórios	12	
	Pias	1	
RU	Bacias sanitárias	12	3
	Lavatórios	18	
	Mictórios	2	
	Pias	15	
	Tanques	1	

Fonte: Próprio autor

O aumento na classificação (1, 2 e 3) está diretamente relacionado ao maior grau de interação dos usuários com a água, o que, por sua vez, amplia as possibilidades de danos associados a essa interação. Nesse contexto, a tabela apresentada identifica os edifícios que exigem um controle mais rigoroso — como o Bloco M e o Restaurante Universitário — ou pontos específicos de controle para a etapa subsequente de manutenção e monitoramento da qualidade da água no campus.

Considerando que a qualidade da água fornecida pela concessionária ao campus foi devidamente verificada e se mostrou em conformidade com todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados no presente estudo, as maiores fontes de risco estão, naturalmente, na distribuição ao longo da universidade. Assim, pode-se adotar a Tabela 4.6 elaborada por Vieira e Morais (2005), que estabelece os riscos potenciais ao longo da rede de distribuição de água, para orientar ações preventivas e corretivas necessárias.

Tabela 4.6 - Exemplos de eventos perigosos associados à distribuição

Componente do Sistema	Evento perigoso
Sistema de distribuição	Reservatório e aquedutos não cobertos Acesso não autorizado de pessoas e animais Utilização de materiais e de revestimentos inadequados Corrosão em reservatórios e em redes de condutos Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos Rupturas de condutos/fissuras Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios Desinfecção deficiente após operações de reparação Residual de cloro inadequado Formação de subprodutos da desinfecção Sabotagem e desastres naturais Ligações ilegais Deterioração da qualidade da qualidade da água nos reservatórios

Fonte: Adaptado de Vieira e Morais (2005).

Dentre os principais eventos descritos na tabela, destacam-se problemas já mencionados ao longo do texto, como reservatórios mal vedados, acesso não autorizado de pessoas e animais, corrosão de reservatórios metálicos, inadequação do residual de cloro e deterioração da qualidade nas reservatório. Essas questões resultam de fatores análogos que comprometem a manutenção dos parâmetros normativos de qualidade da água, evidenciando a necessidade de medidas corretivas e preventivas para garantir a potabilidade do recurso ao longo de sua distribuição no campus.

A implementação de manutenções periódicas, incluindo a limpeza dos reservatórios, a verificação da integridade das tampas de vedação e a desativação de reservatórios inferiores que contribuem para a estagnação da água, representa um conjunto de medidas simples, porém eficazes, que podem resultar em melhorias significativas ao sistema de reservação a curto e médio prazo.

Adicionalmente, a adoção de pontos estratégicos de controle, como o Restaurante Universitário, o Bloco Didático II e o Bloco M, com monitoramento quinzenal dos parâmetros de cloro residual e turbidez, está alinhada às diretrizes do *Water Safety Plan Manual*. Essas ações, de fácil implementação e baixa demanda operacional, possibilitam uma gestão mais eficiente da qualidade da água, considerando a limitação de recursos humanos disponíveis na universidade.

4.12 Implementação do Plano de Manutenções Predial de Água para consumo da UFCAT

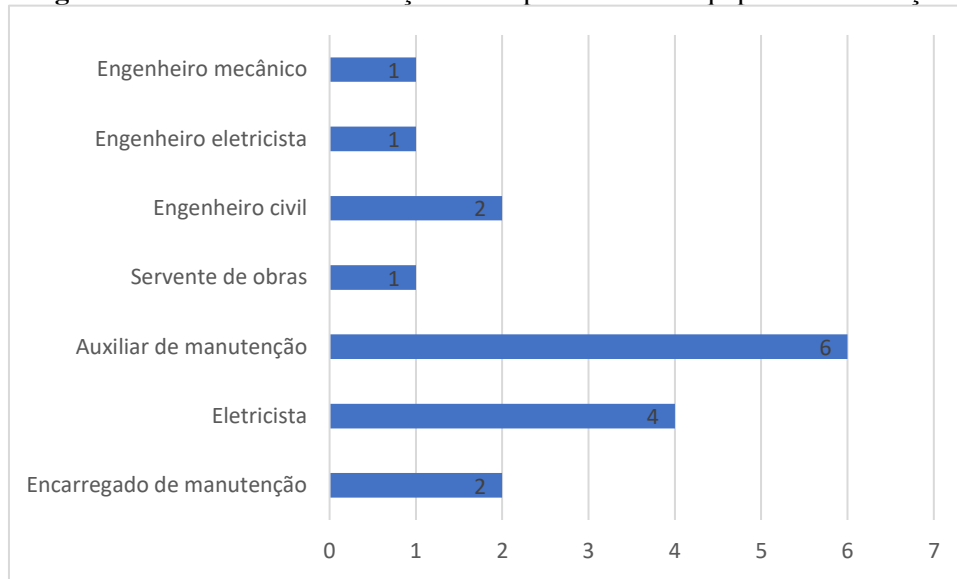
A implementação de um Plano de Manutenção Predial da Água para Consumo em uma universidade é fundamental para garantir a qualidade da água, preservar a infraestrutura, reduzir custos e atender às exigências normativas. Além disso, reforça o compromisso da instituição com a sustentabilidade e a saúde da comunidade acadêmica, promovendo um ambiente mais seguro e eficiente.

Atualmente, a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) não possui um plano de manutenção preventiva para o sistema de abastecimento de água, operando exclusivamente com um modelo de manutenção corretiva. Esse modelo baseia-se no acionamento da equipe técnica por meio de Ordens de Serviço (OS), emitidas pelos membros da comunidade acadêmica apenas após a identificação de um problema.

A ausência de uma abordagem preventiva impede a antecipação e mitigação de falhas, resultando em um fluxo contínuo de demandas emergenciais. Conseqüentemente, a equipe de manutenção, que já conta com recursos humanos limitados, opera constantemente no limite de sua capacidade, priorizando reparos urgentes em detrimento de ações planejadas que poderiam evitar falhas estruturais e garantir maior eficiência operacional.

4.12.1 Quadro técnico de colaboradores da manutenção na UFCAT

A equipe técnica da UFCAT é composta por 17 colaboradores, incluindo servidores e profissionais terceirizados, responsáveis pela manutenção dos Campus I, Campus II e da Moradia Universitária. A Figura 4.9 apresenta a distribuição desses profissionais de acordo com suas respectivas funções.

Figura 4.9 - Gráfico com a relação do corpo técnico da equipe de manutenção

Fonte: Próprio Autor.

Atualmente, os encarregados de manutenção recebem as OS e organizam as equipes conforme a complexidade das tarefas a serem executadas. Os engenheiros oferecem suporte técnico para atividades que demandam maior grau de especialização e também realizam a verificação e certificação da qualidade dos serviços prestados.

Com a implementação do primeiro Plano de Manutenção, pretende-se formar uma equipe especializada, composta por um engenheiro civil e dois auxiliares de manutenção, garantindo que as atividades rotineiras da equipe principal não sejam gravemente comprometidas. Essa equipe será responsável por elaborar e executar um cronograma estruturado de manutenção preventiva dos dispositivos hidráulicos prediais para consumo humano, com base nos levantamentos técnicos realizados.

4.12.2 Levantamento dos bebedouros do Campus I

Um dos aspectos fundamentais para garantir a qualidade da água para consumo é a manutenção adequada dos bebedouros, uma vez que estudos conduzidos por Brito *et al.* (2021) demonstraram que esses equipamentos podem atuar como focos de contaminação bacteriológica, representando um risco significativo à saúde dos usuários.

Diante dessa preocupação, a Tabela 4.7 apresenta um levantamento quantitativo dos bebedouros instalados na instituição, além de seu atual status em relação às práticas de manutenção preventiva.

Tabela 4.7 - Levantamento quantitativo de bebedouros do Campus I

Ordem	Local	Andar	Quant.	Data da troca	Próxima manutenção
1	Bloco administrativo	Subsolo	1	Atrasado	
2	Bloco administrativo	Térreo	2	Atrasado	
3	Bloco administrativo	1º pto.	2	20/02/2025	20/08/2025
4	Bloco administrativo	2º pto.	2	Atrasado	-
5	Bloco Didático I	Térreo	2	13/09/2024	Atrasado
6	Bloco Didático I	1º pto.	2	13/09/2024	Atrasado
7	Bloco Didático I	2º pto.	2	Atrasado	-
8	Bloco Didático II	Térreo	2	Atrasado	-
9	Bloco Didático II	1º pto.	2	Atrasado	-
10	Bloco Didático II	2º pto.	2	Atrasado	-
11	Bloco A	Térreo	1	Atrasado	-
12	Bloco B	Térreo	2	Atrasado	-
13	Bloco C	Térreo	1	Atrasado	-
14	Bloco D	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
15	Bloco F	Térreo	1	Atrasado	-
16	Bloco G	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
17	Bloco H	Térreo	1	Atrasado	-
18	Bloco J	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
19	Bloco K	Térreo	2	Atrasado	-
20	Bloco L	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
21	Bloco L	1º pto.	1	Atrasado	-
22	Bloco M	Térreo	2	13/09/2024	Atrasado
23	Bloco M	1º pto.	2	Atrasado	-
24	Bloco M	2º pto.	2	Atrasado	-
25	Bloco N	Térreo	1	Atrasado	-
26	Bloco N	1º pto.	1	Atrasado	-
27	Bloco O	Térreo	1	Atrasado	-
28	Bloco O	1º pto.	1	Atrasado	-
29	Bloco O	2º pto.	1	Atrasado	-
30	Auditório Paulo Bastos	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
31	Biblioteca	Térreo	2	13/09/2024	Atrasado
32	Biblioteca	1º pto.	1	Atrasado	-
33	Restaurante Universitário	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado
34	CCE	Térreo	1	Atrasado	-
35	Prefeitura	Térreo	1	13/09/2024	Atrasado

Fonte: Próprio Autor.

O levantamento realizado aponta que apenas 34% dos bebedouros possuem a troca dos filtros em conformidade com as recomendações do fabricante. Segundo as especificações técnicas, o prazo recomendado para substituição dos filtros é de seis meses, desde que não haja fatores que demandem uma troca antecipada.

Dessa forma, com um plano de manutenção adequado e disponibilidade suficiente de materiais, é plenamente viável manter a conservação dos bebedouros em conformidade ao longo de todo o ano, garantindo a segurança da água fornecida à comunidade acadêmica.

4.12.3 Manutenção de reservatórios

Dentre os principais problemas identificados nas redes hidrossanitárias, destaca-se a presença de sujeira nos reservatórios de água, onde foram encontrados desde pequenos animais mortos até dejetos de aves. Essa condição pode ter sido um fator determinante para as análises positivas de *Escherichia coli*, indicando possível contaminação microbiológica da água.

Diante desse cenário, a implementação de um cronograma regular de limpeza dos reservatórios torna-se essencial para garantir a segurança da água destinada ao consumo. De acordo com o Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2014), o intervalo adequado para a higienização dos reservatórios de edificações públicas é de seis meses.

Atualmente, a Universidade Federal de Catalão possui 23 reservatório, além de dois reservatórios centrais com capacidade de aproximadamente 30 mil litros cada, responsáveis pelo armazenamento e distribuição de água para todo o campus.

4.12.4 Proposta de um Plano de Manutenção Predial Preditiva de Água de Abastecimento

O Plano de Manutenção Predial Preventiva do Sistema Hidrossanitário da UFCAT foi elaborado com base nas diretrizes estabelecidas pela NBR 5674 – Manutenção de Edificações: Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção. Esse plano inclui um checklist detalhado das manutenções necessárias nos dispositivos hidráulicos, bem como a definição dos prazos para reavaliação periódica do sistema.

O Quadro 4.1 apresenta de forma estruturada as informações pertinentes, incluindo os componentes inspecionados, a frequência das manutenções e as ações recomendadas para garantir a preservação da qualidade da água e o funcionamento adequado das instalações.

Quadro 4.1 - Plano de manutenções prediais de água da UFCAT

		Periodicidade				
Item	Descrição	Diária	Semanal	Mensal	Semestral	Annual
1	INSTALAÇÕES HIDRÁLICAS					
1.1	Verificar, registrar e analisar a leitura do medidor de água. Analisar o consumo de água e efetuar teste de verificação de vazamentos, quando identificado na leitura do medidor aumento injustificado de consumo.			X		
1.2	Verificar a regulação do mecanismo de descargas. Quando necessário, realizar a regulação ou substituição de reparos.					X
1.3	Inspecionar os registros de gaveta para evitar vazamentos			X		
1.4	Dos bebedouros: verificar e substituir, quando necessário, vazamentos nas torneiras e esguichos, entupimentos dreno. Substituir do elemento filtrante a cada 6.000 litros/6 meses ou quando observado redução do fluxo de água. Recomendação do fabricante				X	
1.5	Reservatórios: Limpeza, lavagem interna e desinfecção				X	
1.6	Inspecção e reparos do medidor de nível, torneira de bóia, extravasor, sistema automático de funcionamento das bombas, registros de válvulas de pé e de retenção	X				
1.7	Controle do nível de água para verificação de vazamentos	X				
1.8	Inspecção de tubulações imersas na água			X		
1.9	Tubulações: Inspecção de corrosão, vazamentos, serviços de limpeza e desobstrução			X		
1.10	Inspecção das uniões dos tubos e conexões			X		
1.11	Verificar as tubulações de água potável para detectar obstruções, perda de estanqueidade e sua fixação, recuperar sua integridade onde necessário					X
1.12	Verificar e se necessário substituir os vedantes (courinhos) das torneiras, misturadores e registros de pressão para garantir a vedação e evitar vazamentos					X
1.13	Verificar a funcionalidade do extravasor dos reservatórios, evitando entupimentos por incrustações ou sujeiras					X

Fonte: Adaptado da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2014)

Embora o foco principal seja a manutenção dos dispositivos que impactam diretamente na qualidade da água para consumo fornecida à instituição, o conceito de segurança da água abrange não apenas a qualidade, mas também o uso consciente desse recurso. Dessa forma, o plano considerou a inspeção dos dispositivos de armazenamento e distribuição de água potável, com o objetivo de assegurar a preservação da qualidade da água. Essa iniciativa está alinhada ao compromisso institucional da universidade com a sustentabilidade ambiental, já evidenciado por meio da implementação do Plano Diretor de Logística Sustentável (PLS). Entre as diretrizes previstas nesse plano, destacam-se o monitoramento do consumo de água na instituição, a realização de manutenções preventivas nas instalações hidrossanitárias e a promoção de campanhas de conscientização sobre o uso racional da água.

Além do Guia Nacional para a Elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações, duas outras referências foram fundamentais para a elaboração do plano: a NBR 5674:2024 e o Manual de Obras Públicas – Edificações: Práticas da SEAP Manutenções. O quadro foi estruturado de modo a refletir as particularidades e necessidades da instituição, considerando os desafios identificados e a atual infraestrutura disponível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle da qualidade da água no campus universitário é uma medida essencial para instituições que buscam garantir a segurança e o bem-estar de seus usuários. A realização de testes periódicos, a definição de pontos de controle estratégicos e a atuação de uma equipe técnica qualificada para a manutenção preventiva e corretiva são fundamentais para assegurar a eficiência do sistema de distribuição.

No que se refere aos projetos de abastecimento, o monitoramento do consumo nos edifícios demonstrou que, considerando a população de projeto estabelecida e a redução anual no número de alunos na instituição federal, o volume de água reservado pode estar superior ao efetivamente consumido pelos usuários. Essa discrepância resulta em um tempo de detenção excessivo da água armazenada, o que compromete a manutenção das características físico-químicas originalmente fornecidas pela concessionária, como pH, concentração de cloro residual e condutividade elétrica. Tal constatação evidencia a necessidade de ajustes do funcionamento de dispositivos hidráulicos do sistema de reservação e abastecimento.

Adicionalmente, a análise da acessibilidade aos reservatórios constatou dificuldades de acesso em diversas edificações, o que impacta diretamente a realização da manutenção preventiva. Esse problema, de natureza arquitetônica, compromete a periodicidade das intervenções técnicas necessárias para garantir a potabilidade da água distribuída.

Com relação à qualidade da água, os resultados demonstraram que, embora tenham sido identificadas algumas não conformidades pontuais, de forma geral, a água fornecida à instituição atende aos padrões estabelecidos pelas portarias vigentes. No entanto, a perda de qualidade ocorre dentro da rede de distribuição interna do campus, devido a fatores como ausência de manutenção e limpeza dos reservatórios e tubulações e falta de intervenções corretivas em tanques metálicos corroídos, os quais impactam diretamente os parâmetros analisados.

A interrupção no fornecimento de água ocorrida na última semana do estudo evidenciou o impacto da higienização dos reservatórios, uma vez que os parâmetros analisados apresentaram alterações significativas em relação às semanas anteriores. Esse episódio chamou atenção para a influência do tempo de retenção da água e reforçou a necessidade de atenção contínua à limpeza dos reservatórios.

Durante o período de três meses de monitoramento, foram relatadas ocorrências similares em outros edifícios, especialmente em laboratórios, onde os usuários relataram a necessidade de substituição dos filtros de equipamentos em um intervalo inferior ao

recomendado pelo fabricante, sugerindo possíveis deficiências na qualidade da água da rede interna. No entanto, devido às limitações de tempo e recursos, não foi possível realizar um acompanhamento aprofundado desses casos.

A relação direta entre a ausência de cloro residual e a contaminação microbiológica reforça a importância do monitoramento contínuo desse parâmetro, visto que sua manutenção é essencial para garantir a segurança microbiológica da água consumida. Embora alguns parâmetros físico-químicos tenham apresentado variações ao longo do estudo, essas alterações não representam, no momento, um risco imediato à qualidade da água consumida, mas sinalizam a possibilidade de problemas futuros, como a intensificação dos processos corrosivos nos reservatórios metálicos.

Além disso, a análise da infraestrutura de bebedouros revelou a necessidade de um maior controle sobre esses dispositivos. Estudos supracitados indicam a importância da manutenção periódica desses equipamentos, e a vistoria realizada constatou que 66% dos bebedouros da instituição possuíam filtros vencidos, o que pode comprometer a qualidade da água fornecida à comunidade acadêmica.

Outro aspecto relevante identificado foi a necessidade de monitoramento contínuo do consumo de água nos edifícios universitários, tanto para a detecção de vazamentos e falhas na rede hidráulica quanto para a identificação dos setores com maior consumo, possibilitando a implementação de estratégias de conscientização e uso racional do recurso. O elevado custo mensal associado ao consumo de água na instituição reforça a importância de ações voltadas para a educação ambiental e a otimização do sistema de abastecimento.

Diante do exposto, recomenda-se que estudos futuros sejam conduzidos com foco no monitoramento do consumo hídrico dos prédios, bem como na avaliação do comportamento dos usuários no que se refere ao uso da água. Compreender essa relação permitirá a proposição de medidas educativas e preventivas, além da identificação de falhas hidráulicas, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência do sistema de abastecimento.

Por fim, espera-se que este estudo contribua para a melhoria da qualidade dos serviços prestados à comunidade acadêmica, garantindo água segura, de qualidade e economicamente viável, ao mesmo tempo em que promove a qualidade de vida dos usuários do campus.

REFERÊNCIAS

AFROZE, S.; SIDDIQUI, S. A.; FATAMA, B. Presence of Coliform and Fecal Coliform and Evaluation of the Drinking Water Quality in Chittagong University Campus. **Frontiers in Environmental Microbiology**, v. 5, n. 1, p. 8-13, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>. Acesso em: 12 jul 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 26 jul 2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 2012. 1120 p.

ARAUJO, L. F. de; CAMARGO, F. P.; NETTO, A. T.; VERNIN, N. S.; ANDRADE, R. C. de. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 7, p. 2935-2947, 2022.

ARAÚJO, D. L.; ANDRADE, R. F. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 7301-7324. 2020.

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. São Paulo. CETESB, 1987. v. 2. 320 p.

BARBOSA JÚNIOR, N. **Elaboração do Plano Institucional de Segurança da Água para Instituição de Ensino Superior**. 2021. 111 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2021.

BRATBY, J. **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment**. IWA Publishing: UK, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/bvs>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa. 112 p. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n° 888**, de 04 de maio de 2021. Dispõe sobre 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, n. 86, 04 maio 2021.

BRASIL. Ministério das cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)** - Série Histórica. Brasília: MS; 2019. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre 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, 14 dez. 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 31 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sctie/farmaciapopular%20old/legislacao/prc-5-portaria-de-consolida-o-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_agua_consumo_humano.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 60 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf. Acesso em: 31 abr. 2025

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Agenda 2030**. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/>. Acesso em: 12 jul. 2024.

BRITO, F. S. L.; SILVA, A. I. M.; DIAS, É. C.; RABELO, M. F.; AVIZ, M. D.; FERREIRA, R. S. Qualidade da água consumida no setor profissional da cidade universitária Prof. José da Silveira Netto-UFPA. **Nature and Conservation**, v.14, n.2, p.73-83, 2021.

CABRAL, R; GEHRE, T. **Guia agenda 2030: integrando ODS, educação e sociedade**. 1. ed. São Paulo: Lucas Fúrio Melara; Raquel Cabral, 2020. Disponível em: https://www.guiaagenda2030.org/_files/ugd/9d6116_6a17e1773a19464684cab3197d92d349.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2014. 185 p.

CESAN. **Apostila de tratamento de água**. Espírito Santo. 2020. 18 p. Disponível em: <http://www.cesan.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Histórico da legislação hídrica no Brasil**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/historico-da-legislacao-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 26 jul 2024.

CORRÊA, R. F. M.; VENTURA, K. S. Plano de Segurança da Água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 369-379, 2021.

FERNANDES CORREIA, G. de. O. S.; BERTOLINO, S. M.; BAFFI, M. A. Qualidade microbiológica e físico-química da água de bebedouros da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 7, n. 1, p. 56-68. 2022.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 429 p.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Wast management**. v. 53, p. 3-11, 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 2. 428 p.

HOWARD, G.; BARTRAM, J. **Domestic water quantity, service level and health**. Geneva: World Health Organization, 2003. (WHO/SDE/WSH/3.02).

INKINEN, J.; KAUNISTO, T.; PURSIAINEN, A.; MIETTINEN, I. T.; KUSNETSOV, J.; RIIHINEN, K.; KEINANEN-TOIVOLA, M. M. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. **Water Research**, v. 49, p. 83-91. 2014.

JOLLY, S. N.; MUBASSARA, S.; PRAMANIK, M. K.; AKOND, M. A. Current Status on Bacteriological Quality of Drinking Water of the Jahangirnagar University Campus, Dhaka,

Bangladesh. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 3, n. 6, p. 14-19, 2013.

KURITZA, J. C. **Aplicação da coagulação, floculação e sedimentação como pós-tratamento de efluente de uma indústria de papel e celulose**. Irati, PR: UNICENTRO, 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamento de Qualidade e Tratamento de Água**. 2. ed. Campinas, SP: Átomo, 2008.

MEYER, S. T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99–110. 1994.

NETTO, G F. **Planos de Segurança da Água no cenário internacional e nacional**. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 2013, Belo Horizonte. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. 2013. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2013/05/Guilherme_franco.pdf.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O direito humano à água e ao saneamento**. Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2011. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/08/human-right-to-water-and-sanitation-media-brief-por.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2024.

OGELEKA, D. F.; EMEGHA, M. C. Characterization of Water Quality on University Campus. **Chemical Science International Journal**, v. 30, n. 4, p. 20-28, 2021.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011.

PEDRO, N. A. R. et al. **Avaliação de filtros domésticos comerciais para purificação de águas e retenção de contaminantes inorgânicos**. Química Nova, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 208–212, abr. 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/cnq37wvWd9DhdghfD69TnqC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 abr. 2025.

QUEIROZ, Â. M. de; MENDES, C. G; SILVA, L. B; BERG, A. J. Qualidade da água de bebedouros em escolas públicas de Mossoró. **Revista Biociências**, v. 23, n. 1, p. 46-52, 2017.

RAHMAN, M. A.; SULTANA, S.; SALAM, M. A. Comparative Analysis of Some Water Quality Parameters of Three Lakes in Jahangirnagar University Campus, Savar, Bangladesh. **Bangladesh Journal of Zoology**, v. 43, n. 2, p. 239-250, 2015.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. **A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária: cinquenta anos no Brasil.** *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/YhvQKg7yNkYxqkkGyg4rNLz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 abr. 2025.

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS E SANEAMENTO S/A. **Plano de Segurança da Água (PSA).** Campinas. 2024. Disponível em: https://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=SA&par_nrod=1901. Acesso em: 5 ago. 2024.

SILVA, D. R. R. da. **Qualidade microbiológica da água em bebedouros públicos no Município de Araçatuba-SP.** Araçatuba, 2019. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Vigilância Laboratorial em Saúde Pública) – Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, CEFOR/SUS-SP, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2019.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias.** Campina Grande, PB: O Autor, 2001. 266 p.

SOUSA JÚNIOR, S. F. de.; BEZERRA, N. R.; SCALIZE, P. S. **Módulo 5: Saneamento e Saúde Ambiental.** Disponível em: https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5_modulo_saneamento/03-1.html. Acesso em: 26 jul. 2024.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. p. 452.

TANGWANICHAGAPONG, S.; NITIVATTANANON, V.; MOHANTY, B.; VISVANATHAN, C. Greening of a campus through waste management initiatives. Experience from a higher education institution in Thailand. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, p. 203-217. 2017.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. **Da rocha ao solo – intemperismo e pedogênese.** In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F.; CANDEIAS, S. M. F. (org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. cap. 8, p. 128–239.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO. **Relato Integrado de Gestão 2023.** Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F7197623C0171F4AB55A44585&inline=1>. Acesso em: 2 ago. 2024.

UNIVERSITAS INDONESIA. **UI GreenMetric World University Rankings.** Disponível em: <https://greenmetric.ui.ac.id/>. Acesso em: 26 ago. 2024.

VALIATTI, T. B.; SANTANA, J. R.; SANTOS, F. F.; ROMÃO, N. F.; SALVI, J. O.; SOBRAL, F. O. S. Análise microbiológica da água de bebedouros de uma instituição de ensino superior de Rondônia. **Brasil Saúde**. v. 47, 2021.

VIEIRA, J. M. P; MORAIS, C. **Planos de segurança da água em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano**. Universidade do Minho, 2005. 173 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Water Safety Plan Manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers**. Geneva: WHO, 2009. P. 148.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene: special focus on gender**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/progress-on-household-drinking-water--sanitation-and-hygiene-2000-2022---special-focus-on-gender>. Acesso em: 30 jul. 2024.