



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM QUÍMICA TECNOLÓGICA

ANA CAROLINA RIBEIRO MENEZES


RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO
Análise dos parâmetros de turbidez e cor aparente em água tratada na Companhia de
Saneamento de Minas Gerais - COPASA


BELO HORIZONTE
2023



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM QUÍMICA TECNOLÓGICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO
Análise dos parâmetros de turbidez e cor aparente em água tratada na Companhia de
Saneamento de Minas Gerais - COPASA


ANA CAROLINA RIBEIRO MENEZES
(Estagiária)


Prof^a Esther M^a F. Lucas
Depto. de Química
CEFET-MG
ESTHER MARIA FERREIRA LUCAS
(Orientadora)

BELO HORIZONTE
2023



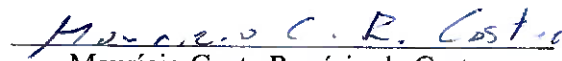
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM QUÍMICA TECNOLÓGICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO
Análise dos parâmetros de turbidez e cor aparente em água tratada na Companhia de
Saneamento de Minas Gerais - COPASA

ANA CAROLINA RIBEIRO MENEZES

DECLARAÇÃO

Eu, Maurício Costa Rogério de Castro, como supervisor do estágio obrigatório, estou ciente deste relatório de estágio supervisionado, redigido pela estagiária Ana Carolina Ribeiro Menezes e concordo com as informações descritas, confirmo a sua veracidade e aprovo o mesmo.


Maurício Costa Rogério de Castro
(Supervisor de Estágio)

BELO HORIZONTE
2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. TURBIDEZ	5
3.2. COR APARENTE	7
4. PARTE EXPERIMENTAL	10
4.1. DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ	10
4.1.1. Vidrarias	10
4.1.2. Equipamentos	10
4.1.3. Reagentes	10
4.1.4. Metodologia	10
4.2. DETERMINAÇÃO DA COR APARENTE	10
4.2.1. Vidrarias	10
4.2.2. Equipamentos	10
4.2.3. Reagentes	10
4.2.4. Metodologia	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
6. CONCLUSÃO	13
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

RESUMO

O presente trabalho tem como foco relatar algumas das atividades realizadas durante o período de estágio curricular obrigatório na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) no setor físico-químico de águas tratadas e poços. Inicialmente, é feito um breve histórico sobre a empresa, sua importância no ramo de tratamento de água e saneamento básico por um olhar ambiental e social, assim como a descrição de sua hierarquia estrutural até o setor foco deste relatório. Em seguida, é tratado o referencial teórico sobre as análises de turbidez e cor aparente realizadas no setor físico-químico de águas tratadas e poços, bem como a parte experimental de análise, os resultados e discussões sobre os parâmetros e suas respectivas importâncias no que diz respeito ao controle de qualidade de água.

1. INTRODUÇÃO

Em 1963, foi fundada a Companhia Mineira de Água e Esgoto (COMAG), uma empresa pública, que tinha como objetivo o fornecimento de água e esgotamento sanitário para os municípios de Minas Gerais, de acordo com as diretrizes do Sistema Financeiro do Saneamento e do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Em 1974, seu nome foi alterado para Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), isto porque, com o crescimento populacional e necessidade de ampliação, a empresa cresceu e incorporou diversas companhias municipais no percurso (COPASA, 2022).

Atualmente, a COPASA é uma das maiores empresas de saneamento do Brasil. Possui economia mista e capital aberto, o maior detentor de suas ações é o estado de Minas Gerais, possuindo 50,04% de seu capital social, e com isso, o estado possui o maior poder decisório sobre a empresa (COPASA, 2022).

As principais atribuições da COPASA são relacionadas ao abastecimento de água potável e o esgotamento sanitário, atuando na captação, tratamento e distribuição, e na coleta, transporte e tratamento, respectivamente. Nestes processos, a empresa tem como foco a sustentabilidade, buscando a preservação dos recursos naturais alinhado com os padrões de qualidade de água estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), sendo essa sua maior importância e contribuição para a sociedade. Além disso, é importante mencionar que um dos propósitos do tratamento de água é o controle da transmissão e a prevenção do adoecimento populacional, que pode ser causado por ingestão ou contato com água contaminada, alinhado aos parâmetros estabelecidos pela portaria nº 888/ 2021 do Ministério da Saúde, que almeja garantir o padrão de potabilidade, ou seja, padrão para consumo humano (COPASA, 2022).

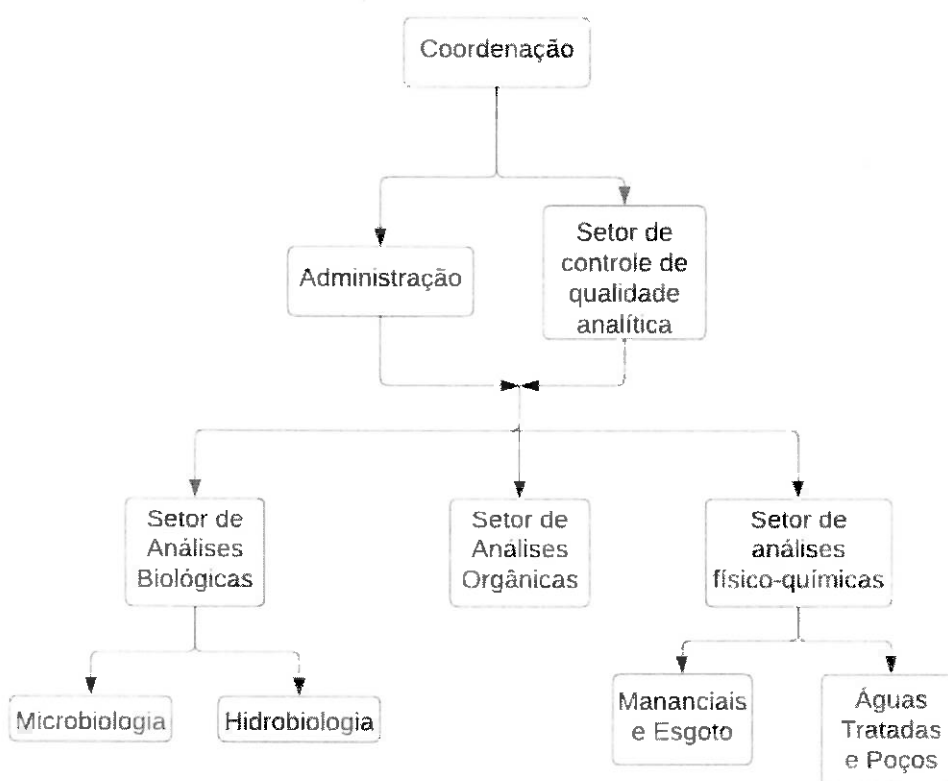
Dentro da gestão ambiental, um dos pilares do planejamento estratégico da COPASA é a manutenção dos recursos hídricos, considerando sempre a preservação dos mananciais, bem como a proteção de reservas ambientais e de áreas de preservação permanente, buscando a conservação da biodiversidade e garantindo a máxima disponibilidade dos recursos naturais. Dessa forma, a empresa atua no desenvolvimento de soluções para problemas ambientais com foco em adequar e melhorar os processos de tratamento, recuperar áreas ambientais devastadas e reverter a degradação dos solos, de maneira a promover a sustentabilidade em Minas Gerais (COPASA, 2022).

A rede de laboratórios da COPASA, é formada por um laboratório central em Belo Horizonte (Unidade Cercadinho) e outras seis unidades regionais localizadas em cidades

polo, além de outros vinte laboratórios de menor porte em distritos do interior do estado. Reconhecidos internacionalmente pela gestão da qualidade e pela tecnologia, quatro dos laboratórios principais e o laboratório da ETE Arrudas são acreditados pelo Inmetro na norma ISO 17025 e outros três estão passando pelo processo de acreditação, todos seguindo metodologias de análise padronizadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (COPASA, 2022).

O laboratório central, parte da Unidade Cercadinho-COPASA, localizado no bairro Olhos d'Água em Belo Horizonte, assume papel vital no planejamento e execução do controle de qualidade e monitoramento químico e biológico de águas e efluentes, além da organização da coleta de amostras pelo estado e gestão operacional e estratégica das informações ali geradas para seus clientes. Algumas análises específicas, como a de compostos orgânicos e de metais, são feitas somente por essa unidade, o que evidencia sua robustez e importância dentro da empresa. A estrutura organizacional do laboratório central pode ser visualizada no diagrama de blocos demonstrado pela Figura 1.

Figura 1 – Representação da estrutura organizacional do laboratório central



Fonte: autoria própria

As análises tratadas no presente relatório foram realizadas no Setor Físico-Químico de Águas Tratadas e Poços (SFQ-TP), composto por uma analista, responsável pela coordenação do setor, 6 técnicos em química e uma estagiária. O setor é responsável

pela realização de análises de rotina e de metais em amostras de água tratada e de poços artesianos. É o único da estrutura laboratorial da companhia equipado com espectrômetros de emissão óptica e de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES e ICP-MS), equipamentos em que são realizadas as análises de metais como alumínio, cobre, prata, selênio, mercúrio, chumbo, ferro, manganês, cobalto, etc. Além dessas, o setor é responsável pelas determinações de pH, dureza, cloreto, fluoreto, sulfato, cor, turbidez e alcalinidade, possibilitando a investigação de possíveis problemas ao longo do processo de tratamento e mantendo a segurança no consumo da água tratada. Neste relatório o foco será as análises de turbidez e cor aparente, assim como o entrelaçamento e a importância destes dois parâmetros.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho é descrever as atividades realizadas durante o estágio supervisionado com foco na análise de água tratada através dos parâmetros de turbidez e cor aparente relacionando-os e demonstrando sua importância na garantia da qualidade da água distribuída pela empresa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

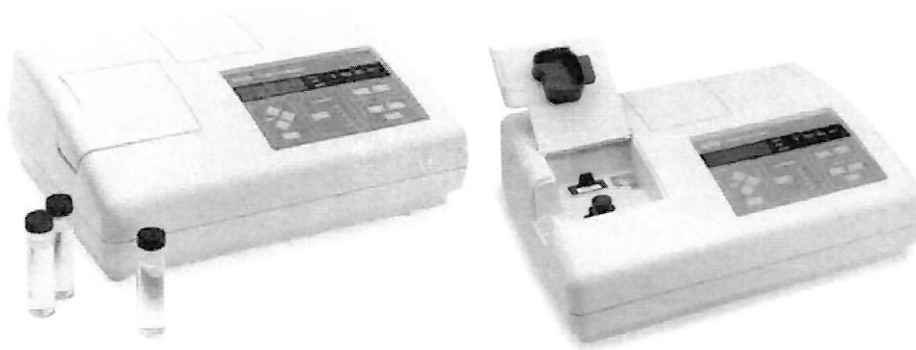
3.1. TURBIDEZ

A turbidez é definida como o grau de atenuação que a luz sofre ao atravessar a água. Isto ocorre devido aos fenômenos de espalhamento e absorção da luz pela presença de sólidos em suspensão (areia, argila, silte, etc), matéria orgânica, metais, algas, bactérias e plâncton. A erosão do solo e as chuvas contribuem para o aumento da turbidez pelo arraste de detritos para os rios, bem como o lançamento irregular de esgoto nas vias pluviais. A portaria nº 888/2021 do MS estabelece um valor máximo de 5,0 NTU de turbidez na água para consumo humano (BRASIL, 2021; PAVANELLI, 2001; FUNASA, 2013).

A água captada para tratamento pode possuir partículas em suspensão e zooplânctons que variam de 10^{-3} mm a 10^{-1} mm de diâmetro, e partículas coloidais que possuem diâmetro de 10^{-3} a 10^{-6} mm. As primeiras, que possuem maior tamanho podem sofrer o processo de decantação relativamente fácil, porém, as partículas em dispersões coloidais levariam muito tempo para sofrer o processo de sedimentação, inviabilizando o processo. Como forma de torna-lo possível, são utilizadas substâncias coagulantes no processo de tratamento de água. Após adicionadas, a mistura deve ser agitada vigorosamente buscando a dispersão do agente coagulante e a desestabilização coloidal. Em seguida, é feito o processo de flotação em que a mistura é submetida a uma agitação branda para que as partículas se juntem formando flocos. Posteriormente, estes são decantados nos tanques de decantação, em um processo que o meio deve ser deixado em repouso. Assim, são retiradas as partículas que elevam a turbidez da água, uma vez que, causariam efeitos de espalhamento e absorção da luz. Portanto, a análise pretende garantir que o processo realizado para o tratamento de água ocorreu de forma satisfatória (PAVANELLI, 2001).

A turbidez é medida no turbidímetro de HACH modelo 2100 AN, a figura 2 representa o equipamento utilizado na análise.

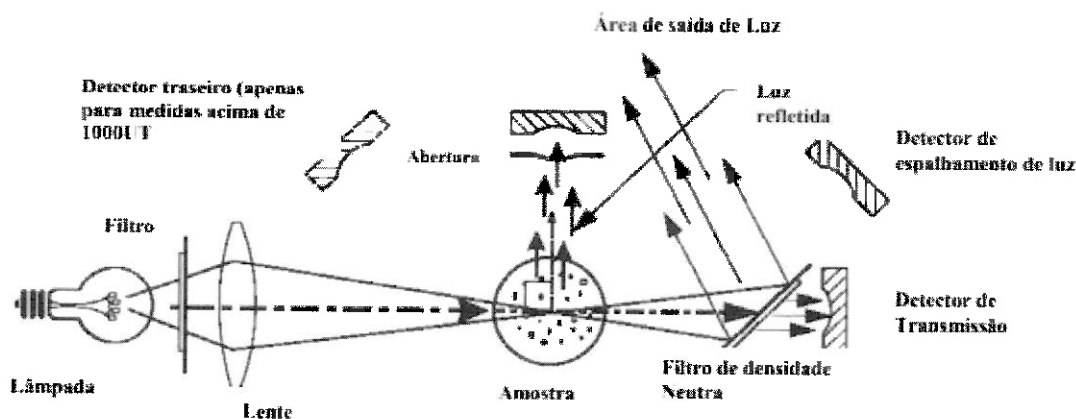
Figura 2 – Turbidímetro de HACH modelo 2100 AN



Fonte: ArchiExpo¹.

O método se baseia na medida do espalhamento de um feixe de luz ao ser incidido em uma amostra com o espalhamento de um feixe de luz de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Portanto, quando maior a turbidez da água maior será essa diferença e assim, menor será a quantidade de luz identificada pelo detector. A seguir, é apresentado um esquema, figura 3, ilustrando o sistema óptico do turbidímetro para ajudar na elucidação de seu funcionamento.

Figura 3 – Esquema óptico do turbidímetro HACH modelo 2100 AN



Fonte: LOPES, 2008, p. 14.

O sistema óptico ilustrado apresenta uma lâmpada com filamento de tungstênio, lentes e abertura para focalizar a luz. Existe um detector para monitorar o espalhamento de luz a 90°, dois detectores de espalhamento claro e um detector de transmissão de luz. Neste caso, para o método em questão é utilizado o detector a 90°, que mede o espalhamento de luz realizado pelas partículas da amostra. Isto porque, ele atua de forma satisfatória em amostras com turbidez até 0 a 40 NTU, e portanto, mede um valor bem acima do limite permitido pelo Ministério da Saúde, 5 NTU (LOPES, 2008).

¹ Disponível em: <https://www.archiexpo.com/pt/prod/hach/product-79815-1551489.html>. Acesso em 04 de novembro de 2023.

Para que o turbidímetro realize a relação de luz espalhada pela amostra e unidade de turbidez, NTU, é necessário que o equipamento seja calibrado, conforme procedimento descrito na metodologia, no item 4.1.4. Portanto, padrões com turbidez conhecidas são inseridos no equipamento e o mesmo realiza a leitura do espalhamento de luz causada por cada uma das amostras. Estes valores são gravados no equipamento e a curva de calibração que determina a relação espalhamento de lux x turbidez, é utilizada para calcular a turbidez de amostras desconhecidas.

É importante verificar se o equipamento está operando de maneira adequada, ou seja, fornecendo valores de turbidez que estejam coerentes com a realidade. Para isso, é realizada a leitura de uma amostra padrão de controle de qualidade analítico (CQA) com turbidez conhecida, 5 NTU. O padrão CQA deve ser preparado com um lote de padrão diferente do lote utilizado na curva, para que, caso os padrões da curva tenham sido degradados ou não estejam fornecendo uma curva de qualidade, seja possível verificar neste teste.

Para leitura das amostras é importante verificar se as cubetas possuem ranhuras que podem afetar o espalhamento da luz, e assim, alterar a veracidade dos resultados. Além disso, deve-se atentar para que a amostra seja homogeneizada e adicionada rapidamente no turbidímetro para leitura, uma vez que, o atraso na leitura pode alterar os resultados devido a sedimentação do material em suspensão.

3.2.COR APARENTE

A cor da água pode ser caracteriza como cor verdadeira ou cor aparente. A primeira, está relacionada a água sem a presença de materiais em suspensão e a segunda é obtida a partir da cor verdadeira acrescida dos materiais em suspensão, que geram a turbidez.

A portaria nº 888/2021 do MS estabelece que o valor máximo permitido para cor aparente na água tratada é de 15,0 uH. Neste caso, a unidade H é determinado como Unidade de Hazen, que é uma comparação realizada com um padrão de platina-cobalto (BRASIL, 2021; SOUZA, 2021)

O princípio do método está relacionado ao impedimento da passagem da luz pelas partículas suspensas ou pela absorção da radiação, levando a uma diferença entre a radiação incidida na amostra e a radiação identificada pelo detector. Um baixo índice de cor aparente é um indicativo da ausência de materiais em suspensão e materiais solúveis que apresentem cor, como compostos que apresentem alguns metais como ferro em sua composição ou compostos orgânicos como ácidos húmicos (fração das substâncias

húmicas, caracterizados como compostos orgânicos complexos e hidrofóbicos, originados pela decomposição da matéria orgânica) que exibem coloração. Portanto, é um parâmetro importante para atestar a qualidade da água (SOUZA, 2021).

A cor aparente é medida pelo colorímetro digital DIGIMED DM-COR, a figura 4 representa o equipamento utilizado na análise.

Figura 4 – Turbidímetro de HACH modelo 2100 AN



Fonte: Gênese Científica Laboratorial².

O princípio do método está relacionado ao impedimento da passagem da luz pelas partículas suspensas ou pela absorção da radiação, levando a uma diferença entre a radiação incidida na amostra e a radiação identificada pelo detector.

A medida neste equipamento é dada pela unidade de Pt-Co, que se refere a uma mistura de platina-cobalto de concentração conhecida, este padrão exibe colorações amarelas mais intensas com o incremento de sua concentração. Para que o equipamento relacione de forma satisfatória a quantidade de luz identificada pelo detector e a cor da amostra é feita a calibração do mesmo utilizando padrões de concentração conhecida de Pt-Co. Com objetivo de verificar se o equipamento está funcionando corretamente, ou possíveis erros durante o processo, é realizado leituras de padrão de CQA de concentração de 15 Pt-Co, conforme descrito anteriormente, este padrão deve ser preparado com lote diferente do utilizado no preparo da curva de calibração. Outros fatores que podem alterar o resultado, são as ranhuras nas cubetas ou sujidades que possam alterar o caminho óptico da luz. Assim, como na análise de turbidez, é necessário realizar a homogeneização da

² Disponível em: < <https://www.genesiscientifica.com.br/dm-cor-colorimetro-medidor-de-cor-para-agua-0-500-uc-digimed-sistema-rgb-tri-estimulo-dm-cor-p201>>. Acesso em 04 de novembro de 2023.

amostra e realizar a leitura rapidamente, uma vez que, queremos detectar a cor aparente que inclui matéria em suspensão que pode sofrer sedimentação.

Por fim, este é um parâmetro importante, uma vez que, engloba turbidez e cor verdadeira. Logo, é uma análise rápida que verifica dois parâmetros essenciais para assegurar a qualidade de água tratada.

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ

4.1.1. Vidrarias

- Cubetas de vidro para turbidímetro HACH modelo 2100 AN

4.1.2. Equipamentos

- Turbidímetro HACH modelo 2100 AN

4.1.3. Reagentes

- Padrão de Turbidez MRC para calibração – Faixa: < 0,1 (branco); 20; 200; 1000 e 4000 NTU;
- Solução padrão para controle de qualidade analítico (CQA) de turbidez – Faixa: 5,0 NTU.

4.1.4. Metodologia

Após conectar o equipamento no ponto de energia, pressionar o botão I/O localizado atrás do equipamento e aguardar 30 minutos para estabilização. Em seguida, selecionar a unidade NTU, por meio da tecla “UNITS”, homogeneizar o padrão de <0,1 NTU evitando a formação de bolhas, secar a cubeta com papel absorvente, colocá-la no compartimento de cubeta, fechar a tampa e apertar a tecla “CAL”, e em seguida, a tecla “ENTER”. Aguardar a leitura de 60 segundos mostrada no *display*. Repetir os passos para os padrões de 20, 200, 1000 e 4000 NTU. Ao final, apertar a tecla “CAL” para finalizar o processo de calibração.

Em seguida, é feita a leitura do padrão CQA de 5,0 NTU, para isso, o padrão é homogeneizado e colocado na mesma cubeta em que será feita a leitura das amostras. A cubeta é seca com papel absorvente e colocada no compartimento para leitura. O compartimento é fechado e a tecla “ENTER” é pressionada. O primeiro resultado mostrado no display é anotado e registrado em meio eletrônico. Por fim, cada amostra deve ser analisada repetindo-se os passos do CQA, os resultados são registrados nas folhas de trabalho e, posteriormente, transcritos para meio eletrônico.

4.2. DETERMINAÇÃO DA COR APARENTE

4.2.1. Vidrarias

- Cubetas para colorímetro Digimed modelo DM-COR
- Béqueres

4.2.2. Equipamentos

- Colorímetro Digimed modelo DM-COR

4.2.3. Reagentes

- Solução padrão de cor para calibração – Faixa: 0 (branco), 10,0 e 100,0 Pt-Co.
- Solução padrão CQA de 15,0 Pt-Co.

4.2.4. Metodologia

Com o equipamento ligado no ponto de energia, pressionar a tecla “*Entrar*” (verde) para inicia-lo. Apertar a tecla “*Scape*” (vermelha) até aparecer a opção “*Calibrar*”, no visor, pressionar a tecla “*Seleção*” para seleciona-la e, em seguida, “*Entrar*”. O aparelho irá requisitar a solução padrão de 100,0 Pt-Co, faça sua homogeneização, seque com papel absorvente e coloque-a no compartimento para leitura, pressionando a tecla “*Entrar*”. Após a leitura o equipamento irá solicitar os outros pontos, repita os procedimentos para leitura da solução padrão de cor de 0 e 10,0 Pt-Co.

Após a calibração o equipamento, irá solicitar as amostras. Faça a homogeneização do CQA e insira-o no compartimento para leitura, aperte a tecla “*Entrar*” e espere a leitura. Registrar o resultado em meio eletrônico. Repetir o procedimento de análise do CQA para leitura de todas as amostras, anotando os resultados na folha de trabalho e, posteriormente, transcrevendo-os para meio eletrônico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A COPASA possui políticas de confidencialidade e os resultados obtidos nas análises não poderão ser divulgados no presente relatório. A empresa realiza todas as análises buscando comprovar que a água tratada por ela está dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da portaria nº 888 de 2021. Ou seja, as análises são feitas de forma a atestar a eficiência do processo e, portanto, é esperado que os resultados estejam abaixo dos níveis estabelecidos. Sendo assim, o tópico de resultados não abordará os resultados das análises em si, mas as atividades realizadas durante o período de estágio.

Geralmente, são realizadas mais de 100 análises para determinação de cor aparente e turbidez. Conforme indica o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, as análises são feitas em até 48 horas após a coleta da amostra, já que não se utiliza nenhum tipo de preservante que garanta que as condições sejam mantidas por um maior período de tempo. Portanto, assim que iniciava o expediente, eu checava as condições dos dois aparelhos utilizando o CQA, caso o desvio apresentado na leitura fosse maior que o definido na carta controle, era feita a recalibração dos aparelhos utilizando os padrões da curva de calibração. Após checar o bom desempenho dos aparelhos, as análises eram iniciadas.

Neste setor pude participar de outros tipos de análises como, por exemplo, determinação de metais por ICP-MS e ICP-OES, determinação de atividade alfa e beta utilizando o cintilador, determinação de sulfatos no turbidímetro. Além disso, durante o período de realização do estágio, pude trabalhar em outros setores, como no setor de controle de qualidade analítico (SQA) e no setor de análises orgânicas (SAO). No SQA, atuei no preparo de soluções e padrões utilizados nos outros setores, sempre com foco na rastreabilidade, além disso, pude acompanhar e aprender sobre o funcionamento dos ensaios de proficiência, que são utilizados como ferramentas externas de avaliação e demonstração da confiabilidade dos resultados analíticos laboratoriais. No SAO, são realizadas diversas análises por cromatografia gasosa e líquida acopladas ao espectrômetro de massas e por cromatografia de troca iônica. Neste setor aprendi sobre os diversos processos que podem ser realizados para preparação de amostras, a depender das características dos analitos, além de, aprender sobre o funcionamento e operação dos cromatógrafos. Em todos os setores busquei aprender sobre as técnicas e entender a teoria por trás das análises realizadas, muitas vezes buscando literaturas externas para me ajudar a assimilar o processo à teoria e aprofundar meus conhecimentos.

6. CONCLUSÃO

O estágio foi uma experiência enriquecedora para minha vida acadêmica e profissional. Nele pude experienciar a importância do desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que tragam retorno para a sociedade, que possam assegurar a qualidade de um produto consumido em altas quantidades pela população. Durante este período, pude utilizar diversos aprendizados adquiridos ao longo do curso, principalmente nas disciplinas de Química Analítica Quantitativa teórica e prática, Química Analítica Qualitativa laboratório e prática, Controle e Legislação Ambiental, Processos Químicos Tecnológicos I e II, Química Instrumental I e II teóricas e práticas, muitos dos quais foram reforçados durante o estágio. Além disso, tive a oportunidade de adquirir conhecimentos novos em questão de aprofundamento de algumas práticas e funcionamento de equipamentos. O estágio foi um ponto de partida fundamental para minha carreira profissional e para obtenção de maior autonomia dentro do laboratório. Sou grata a COPASA pela oportunidade de estágio e aprendizado profissional, bem como, todo o crescimento pessoal que me proporcionou, principalmente, no que diz respeito às relações interpessoais dentro de uma empresa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 85, Seção 1, pt. 127.

BRASIL. **Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990.** Dispõe das normas e do padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano em todo o território nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Artigo 2º do Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977.

COPASA, 2022. **A empresa.** Disponível em: <<https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/a-copasa/a-empresa>>. Acesso em 28 de outubro de 2023.

COPASA, 2022. **Qualidade.** Disponível em: <<https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/abastecimento-de-agua/qualidade>>. Acesso em 28 de outubro de 2023.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4a ed. Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.

LOPES, Gustavo José Rodrigues. **Avaliação de turbidez e do tamanho de partículas como parâmetros indicadores da remoção de oocistos de cryptosporidium spp. nas etapas de clarificação no tratamento da água em ciclo completo.** Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2008.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada.** São Carlos, 2001. 216p. Dissertação (Mestrado) - Escolha de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SOUZA, A. V. **Determinação da concentração de coagulantes orgânicos e inorgânicos para a remoção de turbidez e cor aparente da água do Lago Igapó II.** 2021. 43 p. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.