



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

JOÃO PEDRO FRANCISCO DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO OPERACIONAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO
MUNICÍPIO DE ALAGOINHA – PB**

JOÃO PESSOA

2022

JOÃO PEDRO FRANCISCO DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO OPERACIONAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO
MUNICÍPIO DE ALAGOINHA – PB**

Trabalho final de curso apresentado
à coordenação do Curso de
Engenharia Química da
Universidade Federal da Paraíba
(Campus I) como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Química

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vivian Stumpf Madeira

JOÃO PESSOA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237a Santos, Joao Pedro Francisco da Silva.
Avaliação operacional da estação de tratamento de
água do município de Alagoinha - PB / Joao Pedro
Francisco da Silva Santos. - João Pessoa, 2022.
59f.

Orientação: VIVIAN STUMPF MADEIRA MADEIRA.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. TRATAMENTO DE ÁGUA. 2. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA. 3. COAGULANTE. I. MADEIRA, VIVIAN STUMPF MADEIRA.
II. Título.

UFPB/CT

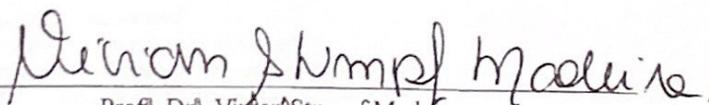
CDU 66.01(043.2)

JOÃO PEDRO FRANCISCO DA SILVA SANTOS

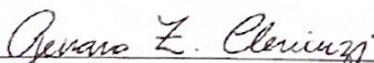
AVALIAÇÃO OPERACIONAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO
MUNICÍPIO DE ALAGOINHA - PB

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal da
Paraíba como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

APROVADO EM: 05/12/2022


Prof.ª. Dr.ª. Vivian Stumpf Madeira


Prof.ª. Dr.ª. Liana Filgueira Albuquerque


Prof. Dr.º. Genaro Zenaide Clericuzi

AGRADECIMENTOS

O caminho para a conclusão de qualquer etapa na vida do ser humano, mesmo o mais simples que seja, deve ser lembrado como ato de esforço e vitória. Somos seres humanos feitos de erros e acertos, solidão e convívio, arranhões e cicatrizes, tristeza e graças a Deus muita alegria. A vida do estudante universitário é uma grande mistura de sensações adoçadas por pessoas fisicamente ou não presentes a quem por meio desse texto venho externar o meu mais sincero obrigado.

De início gostaria de agradecer a Deus que sempre foi presente em minha vida, possibilitando o dom da vida e a saúde tornando a busca por qualquer objetivo alcançável perante seus ensinamentos, atos e preceitos.

Aos meus amigos do curso agradeço imensamente pela amizade, são eles que fizeram o dia a dia na Universidade ser possível. Uma das coisas mais importantes que vi nesses anos é que a nossa união possibilitou que o sucesso profissional e pessoal de todos fosse efetivado.

Agradeço a minha orientadora Vivian Stumpf que conheci através da tela de um computador em período remoto e agora tive o prazer de trabalhar pessoalmente na execução desse trabalho, obrigado pelo suporte e por todos os seus ensinamentos.

Agradeço a minha família. Aos meus pais, Everaldo e Mônica, meus sinceros agradecimentos por terem possibilitado a mim uma vida com qualidade e oportunidades que até os mesmos não tiveram, mas mesmo assim batalharam e conseguiram para si e para todos de minha família. Aos meus irmãos, Alfredo e José Luís, sou grato pela cumplicidade e parceria ao longo da vida, tornando-a mais leve. Sou extremamente grato a minha namorada, Mirella, que esteve presente praticamente em 100% do meu tempo de graduação, sendo exemplo de companheirismo, amor, carinho e respeito em todas as horas. Aos meus demais parentes, avós, tios, primos, sou grato por ter uma família feliz e unida, uma benção do senhor em minha vida. É por todas essas pessoas que durante toda a minha graduação, aos finais de semana pegava o ônibus e voltava para Guarabira com o intuito de revê-los.

RESUMO

A disponibilização de água potável para os cidadãos é um fator de extrema importância para a qualidade de vida do ser humano e deve ser prioridade nas obrigações governamentais nas três esferas de governo, dessa forma o tratamento da água é o meio pelo qual obtêm-se o êxito no quesito saúde na água distribuída à população. O município de Alagoinha – PB conta com uma estação de tratamento de água de ciclo completo composto por coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção que atende aos habitantes através do Sistema autônomo de água e esgoto (SAAE). O presente trabalho possui como objetivo a avaliação de parâmetros importantes na ETA da cidade de Alagoinha através de três etapas, sendo elas o acompanhamento da rotina de operação da ETA, a avaliação da eficiência do tratamento na ETA com base nos parâmetros estabelecidos na pela Portaria Nº 888 de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde e a análise do coagulante utilizado com pontos como análise de sólidos, determinação da concentração de alumínio e a realização de teste de jarros para determinação das melhores dosagens de trabalho. Os resultados da avaliação foram satisfatórios baseados nos parâmetros estabelecidos de cor, turbidez, ph e residual de desinfetante. Na análise de sólidos a quantidade de sólidos em suspensão foi de 647 mg/L e a concentração de alumínio no coagulante foi de 651,25mg/L por método convencional e 670 mg/L através da digestão ácida em solução de 10 g/L com valor teórico esperado de 740 mg/L. A solução coagulante utilizada na ETA com concentração 50g/L apresentou valor de 3100mg/L com valor teórico esperado de 3700 mg/L. Nos testes de jarros a concentração que apresentou melhores resultados foi a de 20mg/L de coagulante sulfato de alumínio com valores finais de turbidez 0 uT, cor 4,9 uH, pH 6,84, ferro total 0,09 mg/L e manganês 0 mg/L. O presente estudo auxiliou a ETA do município de Alagoinha na busca pela excelência na distribuição de água com qualidade para a população abrangida.

Palavras-chave: Tratamento de água, Estação de Tratamento de Água (ETA), Coagulante.

ABSTRACT

The availability of drinking water for citizens is an extremely important factor for the quality of life of human beings and must be a priority in government obligations in the three spheres of government, thus water treatment is the means by which the success in terms of health in the water distributed to the population. The municipality of Alagoinha - PB has a complete cycle water treatment plant consisting of coagulation, flocculation, decantation, filtration and disinfection that serves the inhabitants through the Autonomous Water and Sewage System (SAAE). The present work has as objective the evaluation of important parameters in the ETA of the city of Alagoinha through three stages, being them the follow-up of the operation routine of the ETA, the evaluation of the efficiency of the treatment in the ETA based on the parameters established in the Ordinance No. 888 of May 4, 2021 of the Ministry of Health and the analysis of the coagulant used with points such as analysis of solids, determination of aluminum concentration and the performance of test jars to determine the best working dosages. The results of the evaluation were satisfactory based on the established parameters of color, turbidity, pH and disinfectant residual. In the analysis of solids, the amount of suspended solids was 647 mg/L and the concentration of aluminum in the coagulant was 651.25 mg/L by conventional method and 670 mg/L through acid digestion in a 10 g/L solution with expected theoretical value of 740 mg/L. The coagulant solution used in the ETA with a concentration of 50g/L presented a value of 3100mg/L with a theoretical expected value of 3700 mg/L. In the jar tests, the concentration that showed the best results was 20mg/L of aluminum sulfate coagulant with final values of turbidity 0 uT, color 4.9 uH, pH 6.84, total iron 0.09 mg/L and manganese 0 mg/L. The present study helped the ETA in the municipality of Alagoinha in the search for excellence in the distribution of quality water to the population covered.

Keywords: Water treatment, Water Treatment Station (ETA), Coagulant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Barragem do rio Tauá (a) e sistema de filtração da barragem (b).....	23
Figura 2 - Armazenamento do coagulante (a) e coagulante utilizado na ETA (b).....	24
Figura 3 - Tanques de preparo (a) e dosagem (b) da solução.....	25
Figura 4 - Sistema de mistura do coagulante com água bruta.....	25
Figura 5 - Floculadores 1 e 2 (a) e floculador vazio (b).....	26
Figura 6 - Canal que leva água aos decantadores (a) e furos e limpeza dos decantadores (b).....	27
Figura 7 - Decantadores 1 e 2 (a) e tela de retenção (b).....	27
Figura 8 - Caixas de passagem.....	27
Figura 9 - Filtros ascendentes utilizados na ETA.....	28
Figura 10 - Tanque maior com tubulação de cloro em azul (a) e tanque menor (b).....	29
Figura 11 - Sistema dosador de cloro (a) e bomba de água (b).....	29
Figura 12 - Aparelhos para medição de cloro e pH (a) flúor (b) e teste de E.Coli e Coliformes (c).....	30
Figura 13 - Aparelho para medição de metais (a) e detecção de E. Coli (b).....	30
Figura 14 - Água bruta que chega à estação (a) e água após o processo de filtração (b).....	31
Figura 15 - Esquema geral da estrutura da ETA do município de Alagoinha.....	32
Figura 16 – Valores de pH na água bruta e tratada.....	36
Figura 17 – Valores de cor da água bruta e tratada.....	37
Figura 18 – Valores de Turbidez da água bruta e tratada.....	38
Figura 19 – Valores de residual de desinfetante.....	38
Figura 20 – Controle de turbidez dos decantadores.....	39
Figura 21– Controle de turbidez dos filtros.....	39

Figura 22 – Controle de cor nos decantadores.....	40
Figura 23 – Controle de cor nos filtros.....	40
Figura 24 - Coagulante macerado (a) e papel de filtro seco após 12 horas (b).....	41
Figura 25 - Solução do coagulante 10g/L filtrada (1)	43
Figura 26 - Solução de concentração desconhecida obtida na estação (2).....	43
Figura 27 - Curva de calibração para o método.....	44
Figura 28 - Prova em branco (a), solução 10g/L (1) (b), solução da ETA (2) (c) após adição dos reagentes.....	44
Figura 29 - Sistema de digestão ácida.....	45
Figura 30 - Processo de filtração da digestão ácida.....	45
Figura 31 – Amostra analisada no espectrofotômetro.....	46
Figura 32 - Jarros antes (a) e depois (b) do ensaio. Respectivamente 10, 20, 30, 40, 50, 60 mg/L.....	46
Figuras 33 – Remoção de turbidez (%) em função da dosagem de coagulante.....	47
Figura 34 – Remoção de turbidez em função da dosagem de coagulante.....	47
Figura 35 – Remoção da cor (%) em função da dosagem de coagulante.....	48
Figura 36 – Remoção da cor em função da dosagem de coagulante.....	48
Figura 37 – Remoção de Ferro (%) em função da dosagem do coagulante.....	49
Figura 38 – Remoção de Ferro em função da dosagem de coagulante.....	49
Figura 39 – Remoção de manganês (%) em função da dosagem de coagulante.....	50
Figura 40 – Remoção de manganês em função da dosagem de coagulante.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano.....	33
Tabela 2 - Padrão de turbidez para água pós-desinfecção (para águas subterrâneas) ou pós-fitração.....	34
Tabela 3 - Padrão organoléptico de potabilidade.....	34
Tabela 4 - Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida.....	35
Tabela 5 - Número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.....	35
Tabela 6 - Especificações do coagulante.....	42
Tabela 7 – Parâmetros da água bruta utilizada no teste de jarros.....	47
Tabela 8 – Parâmetros finais obtidos no teste de jarros de acordo com as concentrações de coagulante.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ETA Estação de Tratamento de Água

UTS Unidade de Tratamento Simplificado

CAGEPA Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

SAAE Serviço Autônomo de Água e Esgoto

FUNASA Fundação Nacional de Saúde

SNIS Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Tratamento convencional da água	15
3.1.1 Coagulação	15
3.1.2 Floculação	15
3.1.3 Sedimentação/Decantação	16
3.1.4 Filtração	16
3.1.5 Desinfecção	16
3.2 Parâmetros Básicos Monitorados em uma ETA	17
3.2.1 Turbidez	17
3.2.2 Cor	17
3.2.3 Potencial Hidrogeniônico - pH	17
3.2.4 Residual de Desinfetante	18
3.2.5 Coliformes Totais e E.Coli	18
3.3 Coagulantes	18
3.3.1 Sulfato de alumínio	19
3.4 Teste de jarros	19
4 METODOLOGIA	21
4.1 Acompanhamento da rotina da ETA	21
4.2 Avaliação da eficiência da ETA	21
4.3 Análise da qualidade do coagulante utilizado	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 ETAPA 1 - Acompanhamento da rotina da ETA	23
5.1.1 Captação	23
5.1.2 Armazenamento do coagulante	23
5.1.3 Preparo e dosagem da solução coagulante	24
5.1.4 Floculadores	25
5.1.5 Decantadores e caixas de passagem	26
5.1.7 Tanques de armazenamento e sistema de cloro	28
5.1.8 Laboratório da ETA	29
5.1.9 Dinâmica de abastecimento	30
5.2 ETAPA 2 – Avaliação da eficiência da ETA	33

5.2.1 Levantamento de dados	36
5.2.1.1 Dados da água bruta e tratada.....	36
5.2.1.2 Dados do controle dos decantadores e filtros	39
5.3 ETAPA 3 – Análise da qualidade do coagulante utilizado.....	41
5.3.1 Sólidos em suspensão	41
5.3.2 Determinação da porcentagem de alumínio – Método tradicional.....	41
5.3.3 Determinação da porcentagem de alumínio por digestão ácida.....	45
5.3.4 Teste de jarros	46
5.3.4.1 Remoção da turbidez.....	47
5.3.4.2 Remoção da cor	48
5.3.4.3 Remoção do ferro total	49
5.3.4.4 Remoção do manganês.....	50
6 CONCLUSÃO	52
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO A – VALORES ABSOLUTOS DE PH DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.....	56
ANEXO B - VALORES ABSOLUTOS DE COR DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.....	57
ANEXO C - VALORES ABSOLUTOS DE TURBIDEZ DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.....	58
ANEXO D - VALORES ABSOLUTOS DE CLORO DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA TRATADA.....	59

1 INTRODUÇÃO

O princípio da dignidade da pessoa humana é fundamento primário para os direitos fundamentais que permeiam a convivência dos cidadãos. Na Constituição Federal não se encontra expresso o direito à água potável, entretanto sabe-se que é imprescindível o manejo desse bem principalmente para manutenção da saúde, qualidade de vida e desenvolvimento, haja visto que sem o fornecimento com o devido cuidado, a água pode ser causadora de enfermidades como diarreia, amebíase, esquistossomose, febre tifoide, cólera, entre tantas outras (DEALESSANDRI, 2013).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) no ano de 2020 o número de pessoas atendidas com abastecimento de água foi de 175,5 milhões de pessoas de um total de 211,8 milhões, dessa forma aproximadamente 17% da população nacional usufrui de uma água sem nenhum tipo de tratamento. Em relação ao índice de atendimento de esgotamento sanitário apenas 55% da população é contemplada. Leva-se em conta também que para a água esses dados abarcam apenas a distribuição e não a qualidade em si da mesma, ou seja, se somados os 17% com as águas que não atendem padrões de potabilidade preestabelecidos essa porcentagem aumenta consideravelmente, além do esgoto não tratado que contribui para falta de qualidade da água de consumo diário.

A PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 traz em seu artigo quinto a seguinte definição acerca do que é sistema de abastecimento de água para consumo humano,

“Art. 5º Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

VI - sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;” (BRASIL, 2011).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2017 foi realizada a Pesquisa Nacional de Saneamento no qual se constatou um volume de 43.645.542 m³ de água tratada por dia dos quais 32.795.766 m³ passam por um tratamento convencional antes de sua distribuição. Dos municípios que possuem rede de distribuição de água, 88,3% (4873) possuíam ETAs e/ou Unidades de tratamento

simplificado (UTS), porém a região Nordeste possui um percentual de 75,8% de ETAs existentes em funcionamento.

A regulamentação dos padrões de potabilidade da água no Brasil é regida pela Portaria GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Tal documento Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, dessa forma a portaria é o espelho a ser seguido por todas as entidades que trabalham diretamente com o fornecimento de água para a população.

Nesse contexto, o tratamento da água é tido como ponto principal para disponibilidade de uma água de qualidade que atenda os padrões estabelecidos de qualidade, sendo as estações de tratamento de água (ETAs) os locais em que ocorre o processo de tratamento de água bruta advinda de mananciais para produção de água potável.

O município de Alagoinha – PB, distante 97 km da capital João Pessoa, localizado na região metropolitana de Guarabira, conta com uma população estimada de 14.629 pessoas (IBGE, 2021) e não é atendida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) que atua em grande parte do território paraibano. A localidade conta com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) que realiza tratamento convencional da água e abastece toda a população municipal, além de parte do distrito de Canafístula pertencente ao município de Araçagi - PB. Como qualquer outra ETA a distribuição de uma água que atenda aos padrões e população é o que se almeja.

Em consonância com essa realidade a ETA do município de Alagoinha - PB deve ser local em que o emprego de tecnologia, métodos científicos, procedimentos operacionais e o zelo pela água devem ser postos como parâmetro a serem alcançados dentro da realidade do município, observando suas limitações, porém esgotando ao máximo todos os recursos presentes para destinação desse bem tão necessário à vida humana. Assim sendo, a realização de atividades de avaliação operacional, desde o processo de captação da água do manancial até sua distribuição para a população passando por todas as operações presentes no tratamento convencional é de extrema importância principalmente na esfera da saúde da população Alagoinhense.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a operação da estação de tratamento de água (ETA), da cidade de Alagoinha – PB, de maneira a verificar a qualidade da água com base nos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021.

2.2 Objetivos Específicos

- Acompanhamento da rotina da ETA.
- Avaliação da eficiência do tratamento da ETA.
- Análise da qualidade do coagulante.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Tratamento convencional da água

O tratamento convencional da água é constituído pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção.

3.1.1 Coagulação

A coagulação é a primeira operação unitária presente em uma ETA e é responsável pelo processo de desestabilização das partículas coloidais presentes na água bruta que posteriormente serão removidas. Para estações de tratamento convencionais o mecanismo de coagulação que prevalece no processo de desestabilização das partículas coloidais é de varredura. Simplificadamente, quando o coagulante é adicionado à água bruta com uma quantidade superior ao seu coeficiente de solubilidade a precipitação do hidróxido insolúvel é feita sobre as partículas coloidais desestabilizando-as. Com intuito de possibilitar o mecanismo de varredura, quando utilizados sais de alumínio como agentes coagulantes são empregadas geralmente concentrações superiores a 10 mg/L em um pH entre 6 e 7 (SECKLER, 2017). Na coagulação além de submeter o sistema a um gradiente de velocidade é necessária a adição, com eficiente mistura e homogeneização, de um coagulante químico que pode ser inorgânico, dos quais os mais utilizados são o sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico, policloreto de alumínio (PAC), ou um orgânico nos quais se destacam o tanino, quitosana e a moringa com algumas características específicas voltadas para a área ambiental, como menor toxicidade e menor produção de lodo (SORIANI, 2015).

3.1.2 Floculação

Com as partículas com cargas desestabilizadas advindas da coagulação, ocorre a floculação, que se bem feita leva à formação de flocos de tamanho considerável. Nesse processo, a água passa por compartimentos que fazem com que o gradiente de velocidade de mistura seja diminuído, possibilitando a aglomeração das partículas induzidas por seu movimento (RICHTER, 1991). Na floculação a água bruta coagulada passa por mudanças em sua distribuição granulométrica de suas partículas coloidais, na qual o diâmetro médio das partículas aumenta e sua concentração diminui, possibilitando uma remoção adequada nos decantadores, em uma ETA de tratamento convencional, podendo acontecer através de três

mecanismos, sendo eles, floculação pericinetica, ortocinetica e sedimentação diferencial (LETTERMAN; YACOUMI, 2011).

3.1.3 Sedimentação/Decantação

O processo de decantação é responsável pela separação da parte sólida correspondente aos flocos formados e a parte líquida. Agora com um tamanho maior, as partículas agregadas podem sofrer o efeito de uma velocidade de sedimentação elevada, sendo passíveis de remoção (SECKLER, 2017).

3.1.4 Filtração

A filtração é uma operação unitária utilizada para separação da parte sólida presente em uma suspensão através de um meio poroso. De maneira simplificada no processo de filtração a água pós sedimentação atravessa o filtro, deixando suas impurezas retidas no leito utilizado, que geralmente é composto por carvão antracito e uma camada de areia, podendo ser também utilizado granada ou ilmenite, um tipo de mineral mais denso que a areia, além do carvão ativado granular. A maioria das águas captadas de mananciais superficiais apresentam argila, algas, sedimentos e partículas orgânicas ou inorgânicas, dessa forma o processo de filtração melhora a transparência da água ao remover essas partículas e contribui para o processo de desinfecção química (HOWE *et. al*, 2016). Os filtros podem ser classificados como lentos ou rápidos, sendo os últimos mais eficientes trabalhando com 40 vezes a taxa que operam os filtros lentos. Filtros rápidos são compostos pelos meios filtrantes de maneira estratificada e devido a sua alta taxa de trabalho são lavados regularmente com uma frequência que pode variar de um até três dias (RICHTER, 2009).

3.1.5 Desinfecção

Durante os processos anteriores de coagulação, floculação e sedimentação as partículas coloidais são removidas fisicamente juntamente com uma determinada quantidade de microrganismos. A desinfecção pode ser entendida num contexto geral como aquela realizada em um conjunto de fases, como nas etapas anteriores do tratamento, na escolha do manancial adequado, no sistema de distribuição e por fim através de agentes desinfetantes. A desinfecção realizada por esses agentes é o procedimento responsável por tornar a água segura do ponto de vista microbiológico, inativando microrganismos patogênicos causadores de transtornos ao ser humano. Entre os principais compostos utilizados no processo de desinfecção estão o cloro, cloraminas e o dióxido de cloro. No Brasil o cloro o principal agente desinfetante

utilizado devido a seu baixo custo e alta eficiência. As principais características buscadas nos compostos desinfetantes são a atividade microbiana; solubilidade e estabilidade na fase líquida; inocuidade para os seres humanos e animais; ausência de combinação com materiais estranhos; toxicidade para microrganismos em temperatura ambiente; ausência de poderes corrosivos e tintoriais; disponibilidade (SECKLER, 2017).

3.2 Parâmetros Básicos Monitorados em uma ETA

3.2.1 Turbidez

A turbidez é um parâmetro físico que representa a medição da resistência da água à passagem de luz, é um parâmetro prático indicador da qualidade da água disponibilizada para consumo, que está diretamente ligada com os padrões estéticos aceitos pela população. A turbidez da água é originária de materiais sólidos em suspensão que diminuem sua transparência, podendo ser causada também pela presença de impurezas como algas, plânctons, matéria orgânica, zinco, ferro, manganês, areia advindos de ação natural ou antrópica. Se por um lado águas com alta turbidez possuem uma capacidade maior de formar flocos mais pesados e possibilitar uma melhor decantação, a presença dessas impurezas torna o processo de desinfecção menos efetivo, já que a turbidez dificulta o contato direto do agente desinfetante com os microrganismos (FUNASA, 2009).

3.2.2 Cor

Classificada como um parâmetro físico, a cor da água é resultado de partículas dissolvidas de origem orgânica, como ácidos húmicos e fúlvicos, ou mineral, exemplificadas por resíduos industriais, compostos de ferro e manganês. Existem duas formas de medição da cor, a real que é realizada na amostra filtrada e a aparente feita sem o processo de filtração. Assim como a turbidez, a cor é um indicativo direto de grau de poluição da água, sendo as águas de cor elevada portadoras de alta demanda química e bioquímica de oxigênio (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2021)

3.2.3 Potencial Hidrogeniônico - pH

O potencial hidrogeniônico é o indicador de acidez ou basicidade de um sistema. O processo de ionização da água faz com que suas moléculas se dividam em íons H^+ e OH^- , sendo o pH calculado como o valor negativo do logaritmo da

concentração de H^+ . Quando a quantidade de íons H^+ é maior o valor do pH fica abaixo de 7, quando OH^- é maior o valor do pH encontra-se acima de 7, para concentrações iguais desses íons o pH possui valor de 7. Alterações naturais de pH da água que chega às ETAs são explicadas pela decomposição de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, além de despejos domésticos e industriais. No tratamento da água o pH é um parâmetro que necessita de atenção, já que ele afeta diretamente a coagulação, corrosão, abrandamento e desinfecção e até o tratamento biológico de efluentes (SCHORR, 2022).

3.2.4 Residual de Desinfetante

A desinfecção é a etapa na qual ocorre a formação do residual de desinfetante na água, que nada mais é do que a quantidade do agente desinfetante que deve ser mantida na rede de distribuição para que ocorra a proteção contra agentes microbiológicos patogênicos, dessa forma esse parâmetro é imprescindível na saúde coletiva da população. A portaria nº 888 de 04 de Maio de 2021 traz em seu Art. 32 que é obrigatória a manutenção de quantidade mínima de agente desinfetante em reservatórios e rede de distribuição que corrobora para uma água segura e potável.

3.2.5 Coliformes Totais e E.Coli

Coliformes são grupos de bactérias formados pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. Coliformes totais são grupos de bactérias gram-negativas que podem ou não necessitar de oxigênio, que não formam esporos e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral (SCHORR, 2022). No tratamento de água o parâmetro dos coliformes é indicador direto de contaminação fecal, sendo sua presença ligada com a existência de organismos patogênicos (RICHTER, 2009). A principal representante do grupo das bactérias coliformes é a *Escherichia coli*, causadora de doenças como gastroenterites agudas e diarreia. Nesse contexto o objetivo da realização de exames microbiológicos no controle da qualidade da água é fornecer subsídio a respeito de sua potabilidade, ou seja, ausência do risco de ingestão de microrganismos causadores de doença, geralmente advindos de fezes humanas e outros animais de sangue quente (FUNASA 2013).

3.3 Coagulantes

Os coagulantes podem ser definidos como qualquer agente que produza a coagulação, sendo eles sais que geram hidróxidos em contato com a água e compostos orgânicos naturais ou artificiais. O coagulante mais difundido no

tratamento de água é o sulfato de alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ e entre os férricos são o sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ e o cloreto férrico FeCl_3 . Grande parte dos coagulantes metálicos em contato com água reagem e formam H^+ , com a presença da alcalinidade natural das águas de abastecimento o pH do meio tende a diminuir após interação H^+ e OH^- . Dependendo alcalinidade do manancial, o pH pode baixar a um valor em que o próprio coagulante não desempenha seu papel de maneira adequada, dessa forma a coagulação e todas as suas etapas subsequentes são prejudicadas (RICHTER, 2009).

3.3.1 Sulfato de alumínio

A sulfato de alumínio pode ser fornecido seco, em pedras/granular ou em solução. O produto seco possui quantidade de óxido de alumínio que varia entre 14% e 18%, já no estado líquido apresenta quantidade de Al_2O_3 de 8% com densidade de 1,33 (RICHTER, 2009). O sulfato de alumínio possui faixa de aplicação em pH variando entre 5,5 e 8,5, sendo o intervalo ótimo compreendido entre 6,8 e 7,5. Em valores inferiores a 5,5 de pH a alcalinidade da água é insuficiente, pois os íons Al^{3+} ficam solúveis e não precipitam, o que acontece também acima do pH 8,5. (ROSALINO, 2011). Da reação do sulfato de alumínio com a alcalinidade natural ou adicionada é produzido o polímero insolúvel hidróxido de alumínio que possui carga positiva, dessa forma essa espécie química será responsável por neutralizar as cargas das impurezas, somando-as a sua superfície que originarão os flocos densos que decantarão. A seguir são apresentadas reações do sulfato de alumínio com a alcalinidade natural e adicionada: (MENEZES, 2018)

- Reação com a alcalinidade natural

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4 + 6\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$$
- Reação com a alcalinidade adicionada (Carbonato de sódio)

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Reação com a alcalinidade adicionada (Cal Hidratada)

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CaSO}_4$$

3.4 Teste de jarros

Ensaio jar-test ou teste de jarro é um procedimento utilizado em laboratórios diversos que possuem como principal intuito a determinação da dosagem ótima de coagulante em função de pH e da qualidade da água bruta utilizada no processo de

tratamento da água (FUNASA 2020). Os testes de jarros reproduzem as condições de operações utilizadas durante todo o tratamento físico-químico do efluente em questão. Dessa forma o procedimento realizado no jar-test pode ser dividido em três partes principais, sendo elas, a agitação rápida que contribui para a dispersão do produto químico adicionado, a agitação lenta que promove a junção dos flocos formados e por fim um tempo de decantação no qual ocorre a deposição das partículas formadas no fundo do jarro (ROSA, 2015).

4 METODOLOGIA

Com o objetivo da realização de melhorias na estação de tratamento de água da cidade de Alagoinha, foi elaborado um cronograma com atividades a serem realizadas na ETA a fim de possibilitar o conhecimento tanto da rotina como das condições de trabalho da estação. O cronograma foi dividido em seis etapas descritas a seguir.

4.1 Acompanhamento da rotina da ETA.

Nesta primeira etapa o contato inicial é feito através do acompanhamento do dia a dia de operação da ETA. Os principais pontos relatados foram a descrição dos processos e instalações da estação.

- Aspectos inicial e final da água que chega e sai da ETA.
- Informações sobre o pedido, armazenamento, dosagem e preparo do coagulante.
- Condições dos equipamentos, tanque de preparo da solução do coagulante, sistema de dosagem e mistura do coagulante com água bruta, floculadores, decantadores, caixas de passagem, filtros, sistema de desinfecção, caixas de armazenamento de água tratada, funcionamento, estado e instrumentos presentes no laboratório.
- Atividades rotineiras dos operadores.

4.2 Avaliação da eficiência da ETA.

O ponto principal da segunda etapa foi a análise dos instrumentos normativos e a comparação entre características da água distribuída à população como cor, turbidez, pH, padrão bacteriológico, residual de cloro, entre outros parâmetros estabelecidos pela portaria Nº 888 de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde. Tal portaria traz a normatização dos parâmetros considerados importantes e seus níveis de tolerância a determinados contaminantes, aspectos químicos e físicos da água, bem como frequência de análises com base na variável analisada em questão, na população atendida, tipo de manancial utilizado no abastecimento da ETA, entre outras providências.

4.3 Análise da qualidade do coagulante utilizado.

O processo de coagulação é a alma de uma estação de tratamento de água, por consequência uma má coagulação irá comprometer todas as etapas subsequentes prejudicando a qualidade da água que chega ao consumidor. Tendo em vista essa realidade o coagulante utilizado deve ser selecionado de acordo com as características da água bruta que chega para o tratamento, sendo imprescindível a qualidade entregue pelo mesmo. Para atestar a qualidade do coagulante foram analisados alguns parâmetros do produto, são estes:

- Análise de sólidos em suspensão, porcentagem de alumínio contido no coagulante conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22^o Ed. 2012. 3500 B. 3-61.
- Solubilidade.
- Capacidade de coagulação, capacidade de floculação, capacidade de sedimentação através do teste de jarro com a determinação das melhores concentrações de coagulante.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ETAPA 1 - Acompanhamento da rotina da ETA

5.1.1 Captação

A estação de tratamento de água do município de Alagoinha/PB é abastecida com o manancial superficial do Rio Tauá com vazão de 34 L/s que chega por gravidade a uma distância de 5100 metros até chegar à estação. O período de seca na região varia alguns meses de acordo com os anos, o relato dos operadores diz que pode apresentar uma variação de dois a seis meses de seca. Nesses tempos a vazão de trabalho normal é reduzida a vazões críticas que circulam entre 14 L/s e situações extremas com valores entre 1 e 6L/s. Como solução para essa realidade a barragem da cidade de Cuitegi fornece abastecimento de apoio com uma vazão aproximada de 14 L/s que chega com auxílio de bombas à ETA.

Figura 1 - Barragem do rio Tauá (a) e sistema de filtração da barragem (b).



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022).

Na estação de tratamento acontece o processo de tratamento convencional da água composto pela captação, coagulação, floculação, sedimentação/decantação e desinfecção com cloro gasoso. Não ocorre correção de pH devido à falta de necessidade baseada em dados de análise do pH de anos passados, 2018 – 2020, onde a água bruta chega com pH na faixa de 7,5 a 8 e sai tratada com um pH em torno de 6,5 a 7. Não ocorre também a fluoretação da água.

5.1.2 Armazenamento do coagulante

O coagulante utilizado na estação é o sulfato de alumínio sólido fornecido em sacos de 25 kg, armazenados sobre estrutura simples de madeira e em parte

encostados na parede. A estrutura do local não suporta chuvas fortes e é corriqueiro que nessas situações hajam goteiras. Essa realidade faz com quem o sulfato de alumínio absorva a umidade do ambiente e perca sua melhor aplicabilidade.

Figura 2 - Armazenamento do coagulante (a) e coagulante utilizado na ETA (b)



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022)

O coagulante utilizado na ETA sempre tem como principal componente o $Al_2(SO_4)_3$ mas muda a linha ou algo semelhante de acordo com o tempo. Quando acaba eles solicitam um novo coagulante e a empresa Bauminas que manda o coagulante específico. Em tempos passados era utilizado o Indusfloc G90 e atualmente emprega-se o Bausan G70, que aos olhos dos operadores possui uma qualidade superior em relação ao anterior. A quantidade de sulfato gasto é de 9000 quilos, custando 40000 mil reais o carregamento. Se utilizados quatro sacos diários o carregamento dura 4 meses, porém em meses de baixa qualidade da água, somente dura 1 mês e meio. São gastos de quatro a cinco cilindros de cloro gás que duram de um mês e meio até 2 meses que possuem conteúdo que corresponde a aproximadamente 68 kg de cloro por cilindro.

5.1.3 Preparo e dosagem da solução coagulante

Como o coagulante da ETA é fornecido em sacos com o conteúdo em pó, é necessário o preparo da solução do coagulante. Para tal um saco com 25 kg do composto é despejado de uma vez em uma caixa com água e seu volume é completado até atingir 500 litros, além disso com auxílio de um agitador e um rodo com força manual a solução fica pronta. A estação conta com dois tanques de mistura de 500L de solução coagulante que são utilizados de maneira intercalada, sendo a

reposição da solução de 6 em 6 horas nos tanques, sendo gastos 4 sacos por dia, dependendo da vazão e da qualidade da água bruta que chega a ETA. Para que a solução coagulante entre em contato com a água é utilizado uma tubulação com saída única em que é despejado a mistura preparada do coagulante com a água em um único ponto

Figura 3 - Tanques de preparo (a) e dosagem (b) da solução.



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022). etapa/Problema encontrado/solução

Figura 4 - Sistema de mistura do coagulante com água bruta.



Fonte: Autor (2022).

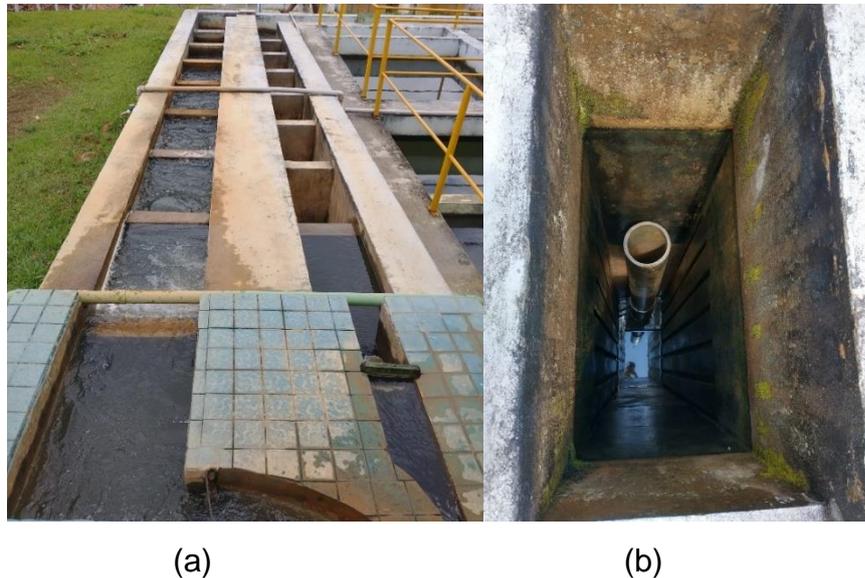
No sistema de mistura do coagulante com água bruta o canal da direita é obstruído com uma tábua para que a água volte e realize esse processo de maneira mais eficiente.

5.1.4 Floculadores

A ETA possui dois canais de floculadores com 4 metros de profundidade e uma tubulação que joga água em sentido ascendente, o (1) que é o principal e o (2) que é

o de apoio, porém a maior parte do tempo é utilizado apenas o (1). Quando a limpeza é necessária um canal de flocculador para e o outro entra em ação, sendo a limpeza feita apenas em período de seca, já que o canal (2) não suporta a vazão do canal (1) em épocas de normalidade. Na limpeza são retirados lodo proveniente da ação do coagulante e areia que vem junto à água de abastecimento.

Figura 5 - Flocculadores 1 e 2 (a) e flocculador vazio (b).



Fonte: Autor (2022).

5.1.5 Decantadores e caixas de passagem

Após a flocculação a água é conduzida por um canal que possui abertura para os decantadores, onde é feita a distribuição. A ETA conta com 4 decantadores com um volume de 90m³ cada, com 360m³ de capacidade total. A água entra através das estruturas circulares nos decantadores. Dois dos decantadores possuem tela de retenção e dois não possuem. Dessa forma os dois que possuem as telas conseguem deixar a água que sai mais límpida por mais tempo sem flocos de sulfato que saem da decantação e descem para os filtros. Em relação à limpeza dos decantadores cada um é lavado em dias diferentes com uma frequência aproximada de 10 dias. Para a limpeza ele é esvaziado aos poucos e com auxílio de uma mangueira de alta pressão e uma vassoura é esfregada a parede dos decantador. Com o tanque totalmente vazio o operador desce e retira o remanescente de lodo gerado. Como a posição dos decantadores é alta em relação à dos filtros existem quatro caixas de passagem, que tem como função diminuir a velocidade que a água chega aos filtros para que o leito não seja levantado.

Figura 6 - Canal que leva água aos decantadores (a) e furos e limpeza dos decantadores (b).



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022).

Figura 7 - Decantadores 1 e 2 (a) e tela de retenção (b).



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022).

Figura 8 - Caixas de passagem



Fonte: Autor (2022).

5.1.6 Filtros

A ETA conta com 4 filtros ascendentes formados por um leito formado por pedras com aproximadamente 10 cm de diâmetro que vão diminuindo gradativamente. Ao final da camada de pedras encontra-se uma camada de areia. Os filtros são limpos com uma frequência de 15 dias e são gastos cerca de 85 m³ para a lavagem de cada filtro, com a água sendo despejada diretamente no sistema de esgoto que segue para o rio.

Figura 9 - Filtros ascendentes utilizados na ETA



Fonte: Autor (2022)

5.1.7 Tanques de armazenamento e sistema de cloro

A água segue para o tanque de armazenamento onde é feito o processo de desinfecção com cloro gasoso originado de cilindros que utilizam sistema com uma vazão de 200g/h. O contato com o cloro ocorre em contra corrente através de uma tubulação azul que chega ao tanque de armazenamento de maior volume que possui um 360 m³ e o menor de 85m³ é alimentado com a água já passada pelo processo de desinfecção. Existe também um cloro granulado para possíveis faltas de emergência do cloro gasoso.

Figura 10 - Tanque maior com tubulação de cloro em azul (a) e tanque menor (b).



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022).

Figura 11 - Sistema dosador de cloro (a) e bomba de água (b).



(a)

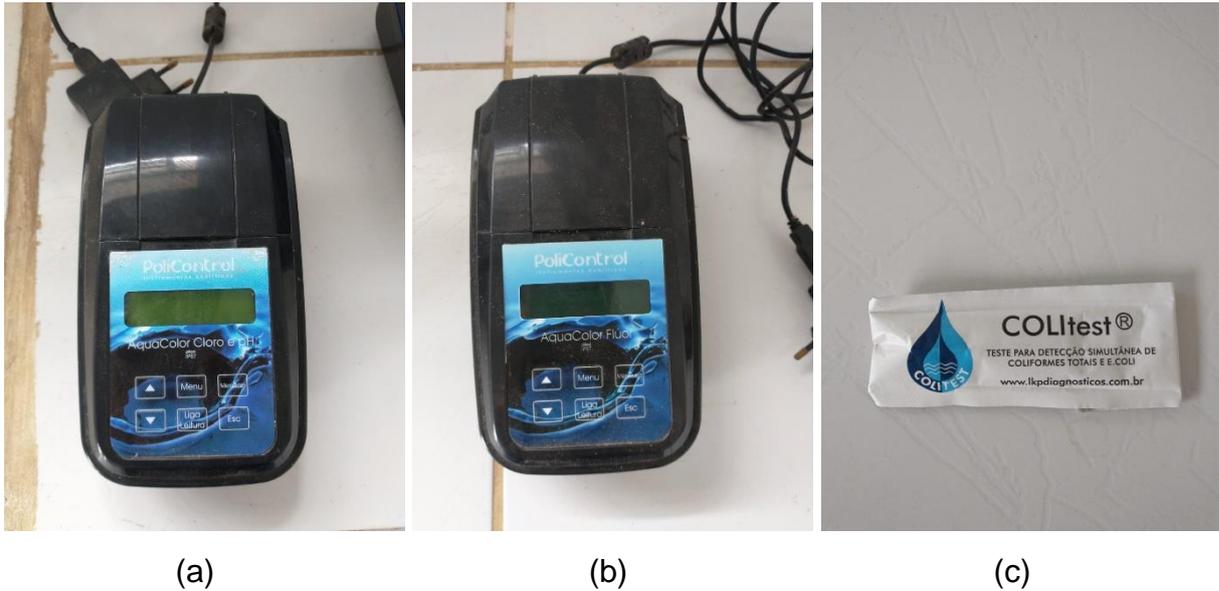
(b)

Fonte: Autor (2022).

5.1.8 Laboratório da ETA

O laboratório da estação de tratamento conta com utensílios básicos como béquer, pipeta, bureta, suporte para tubos de ensaio que possibilitam análises de medição de flúor, pH, cloro, metais como ferro, manganês, alumínio, coliformes fecais e E. Coli, porém todos sem funcionamento, ou por aparelhagem específica quebrada ou faltando componentes como cubetas, soluções padrão para calibração e reagentes que tornam os métodos possíveis de serem realizados.

Figura 12 - Aparelhos para medição de cloro e pH (a) flúor (b) e teste de E.Coli e Coliformes (c).



Fonte: Autor (2022).

Figura 13 - Aparelho para medição de metais (a) e detecção de E. Coli (b).



Fonte: Autor (2022).

5.1.9 Dinâmica de abastecimento

Em tempos normais de abastecimento quando a vazão fica por volta dos 34 L/s é feito um abastecimento dividido. Existem três listas com nome de ruas na cidade, listas A, B e C. Em um dia são abastecidas as ruas da lista A e no outro as ruas das listas B e C. Quando a vazão de operação diminui o abastecimento torna-se dinâmico, sendo abastecidas quantidade de ruas específicas por um período de 2 horas. A água após passar pelo processo de filtração apresenta o aspecto apresentado a seguir:

Figura 14 - Água bruta que chega à estação (a) e água após o processo de filtração (b)

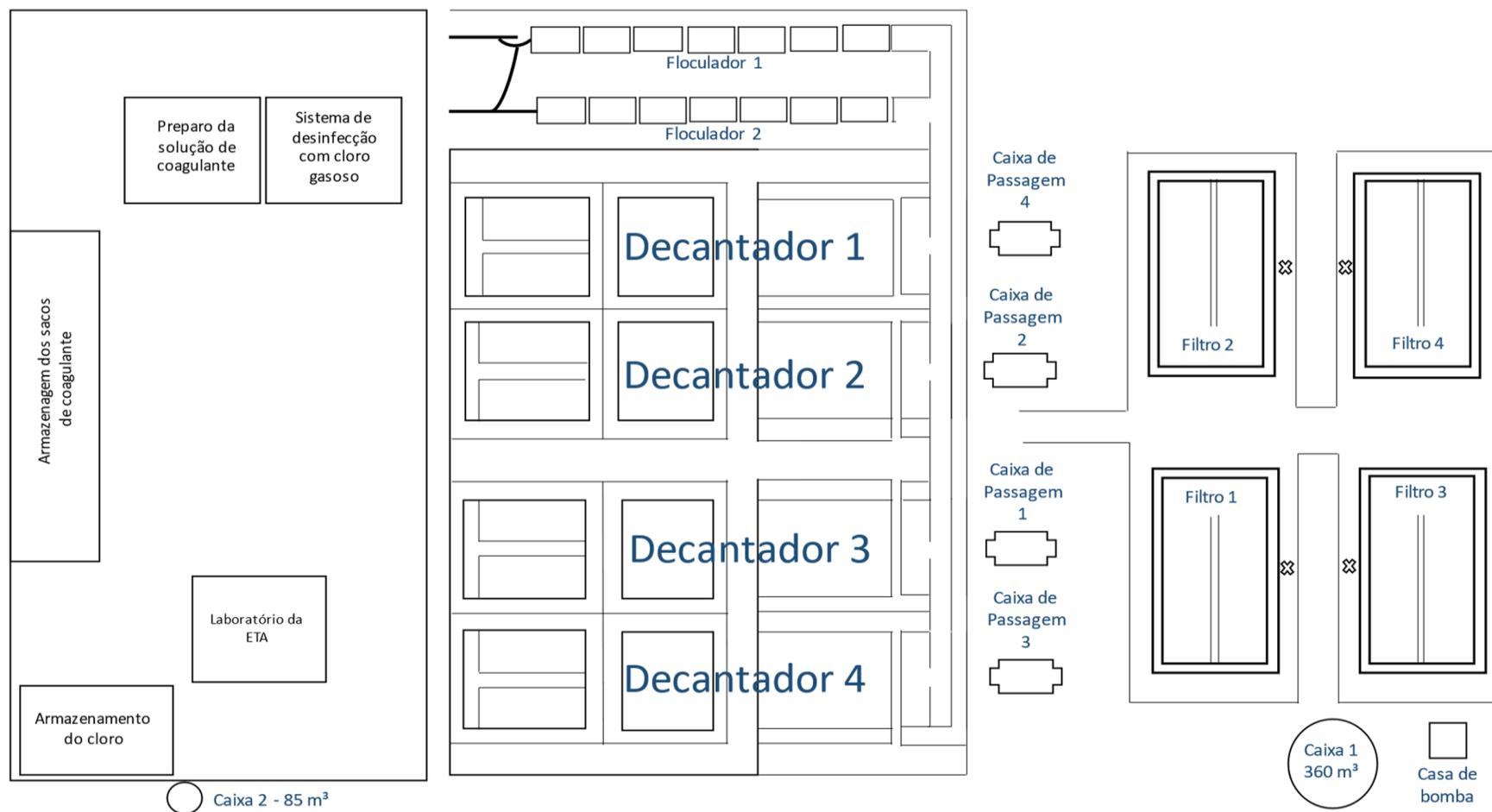


(a)

(b)

Fonte: Autor (2022)

Figura 15 - Esquema geral da estrutura da ETA do município de Alagoinha.



Fonte: Autor (2022).

5.2 ETAPA 2 – Avaliação da eficiência da ETA.

Na realização da segunda etapa as fontes normativas utilizadas como base são a portaria Nº 888 de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde, Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017 do Ministério da Saúde e a portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, onde são encontrados os dados relativos à análise de parâmetros de interesse para a ETA. Os padrões básicos monitorados foram: são os de pH, turbidez, cor, cloro residual, Escherichia Coli e coliformes totais. Dessa forma a portaria traz os seguintes quantitativos máximos permitidos para esses parâmetros e quantidade de análises necessárias resumidos nos quadros a seguir adaptados para o município, ou seja, nas tabelas são mostradas as partes que se adequam ao município de Alagoinha.

É importante salientar que segundo a portaria o município de Alagoinha – PB se enquadra como sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA) e sua população estimada segundo o IBGE em 2021 é de 14.629 pessoas.

Escherichia Coli e Coliformes Totais

Tabela 1 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano

Forma de abastecimento - SAA			
	Parâmetro		Valor máximo permitido
Na saída do tratamento	Coliformes totais (1)		Ausência em 100 mL
Sistema de distribuição e pontos específicos	Escherichia Coli (2)		Ausência em 100 mL
	Coliformes totais	Abastecimento menor que 20000 habitantes	Apenas uma amostra entre as analisadas no mês pode apresentar resultado positivo

Notas:

(1) Indicador de eficiência no tratamento

(2) Indicador de contaminação fecal

Fonte: Ministério da Saúde (2021).

Turbidez e cor

Tabela 2 - Padrão de turbidez para água pós-desinfecção (para águas subterrâneas) ou pós-fitração

Tratamento da água	Valor máximo permitido	Números de amostra	Frequência
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT(1) em 95% das amostras 1,0 uT no restante das amostras mensais coletadas	1	A cada 2 horas

(1) Unidades de turbidez

Fonte: Ministério da Saúde (2021)

Tabela 3 - Padrão organoléptico de potabilidade

Parâmetro	Unidade	Valor máximo permitido
Cor aparente (1)	uH	15
Turbidez (2)	uT	5

(1) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).

(2) Unidade de Turbidez

Fonte: Ministério da Saúde (2021)

Cloro Residual

Para o cloro residual especificamente o padrão estabelecido pelo Artigo 32 da portaria nº 888 de 04 de Maio de 2021 é que o teor mínimo seja de 0,2 mg/L em toda a extensão do sistema de distribuição, ou seja, reservatórios, redes e pontos de consumo.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Pela portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 em seu artigo 39, parágrafo primeiro, é recomendado que o valor do pH no sistema de distribuição seja mantido entre 6 – 9,5.

Tabela 4 - Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida.

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)
			População estimada
			10000 a 50000
Coliformes totais	Superficial	Duas amostras semanais	1 para cada 1000 habitantes
Escherichia Coli	Superficial	Duas amostras semanais	1 para cada 1000 habitantes

Fonte: Ministério da saúde (2021).

Tabela 5 - Número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e rede)
Turbidez, residual de desinfetante, cor aparente, pH	Superficial	Nº de amostras	Frequência	menos de 50000 habitantes
		1	a cada 2 horas	Conforme § 3º Art. 42 (que é retirado da portaria de consolidação nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Art. 41 § 3º) = 1 a cada 1000 habitantes

Fonte: Ministério da saúde (2021).

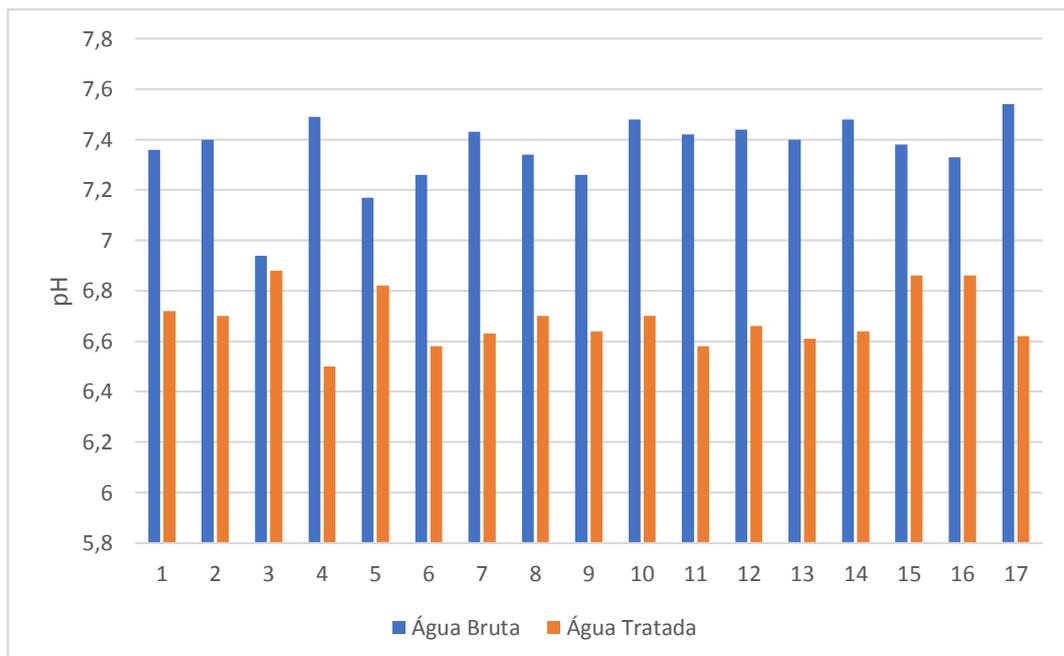
5.2.1 Levantamento de dados

O levantamento de dados feito na ETA do município de Alagoinha foi do dia 28/11/2022 ao dia 30/11/2022 e tomou como base os dados extraídos das tabelas e artigos das portarias nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 e nº 888 de 04 de Maio de 2021, sendo analisados pH, cor, turbidez e residual de desinfetante a cada 2 horas como proposto pelas normatizações citadas anteriormente. Para um maior controle operacional as medidas foram realizadas em dez pontos na ETA, sendo eles com a água bruta, nos quatro decantadores, nos quatro filtros e na saída com a água tratada, sendo o residual de desinfetante analisado apenas na água tratada, após o processo de desinfecção.

As análises foram realizadas no espaço físico do laboratório da estação de tratamento de água da cidade de Alagoinha com a utilização de medidor de cloro próprio do SAAE e turbidímetro, colorímetro e medidor de pH próprios da Universidade Federal da Paraíba.

5.2.1.1 Dados da água bruta e tratada

Figura 16 – Valores de pH na água bruta e tratada

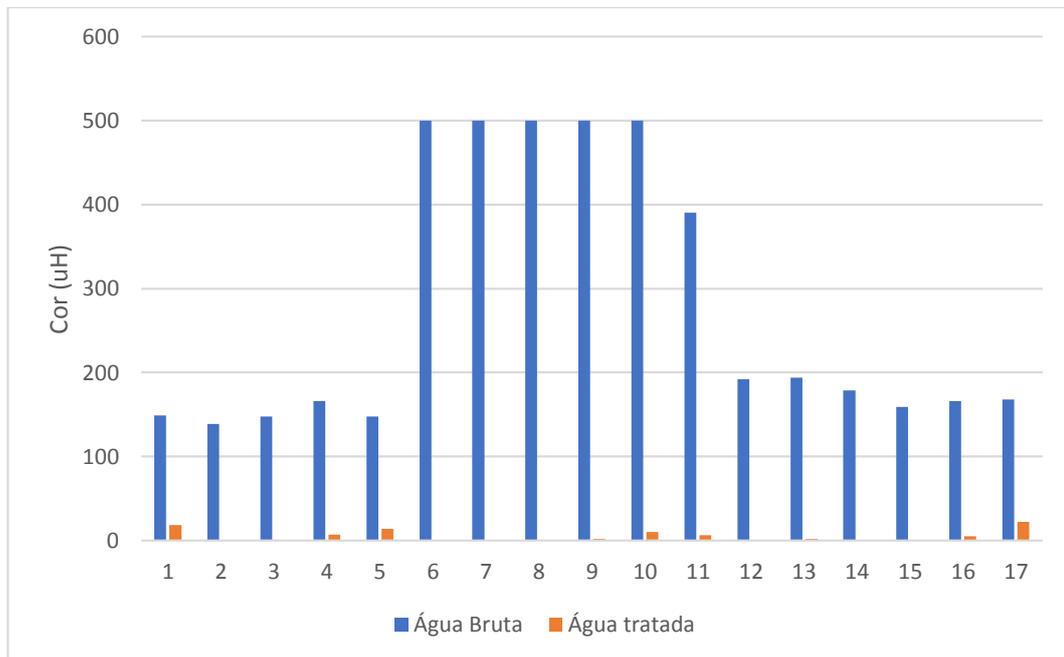


Fonte: Autor (2022).

Observa-se uma diminuição natural do pH durante o processo de tratamento devido ao consumo de alcalinidade pelo coagulante. Os valores obtidos para água

tratada são considerados satisfatórios dentro dos parâmetros estabelecidos, sempre dentro da faixa recomendável de 6 – 9,5.

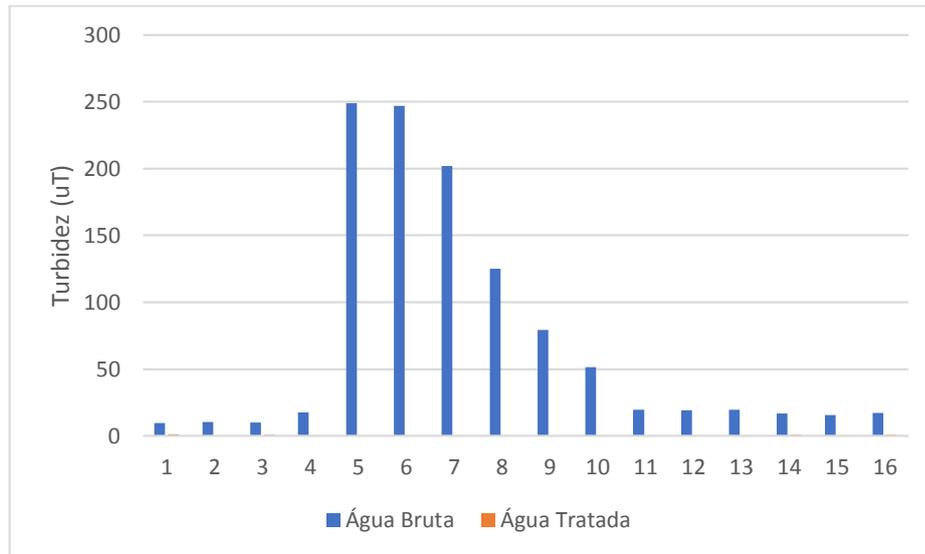
Figura 17 – Valores de cor da água bruta e tratada



Fonte: Autor (2022).

A maioria dos valores obtidos para as análises de cor são satisfatórios, já que esse parâmetro possui um valor máximo permitido de 15 uH, ultrapassado nas análises 1 e 17, com valores respectivamente de 18,4 uH e 22,7 uH. É observado que das amostras 6 a 11 os valores de cor da água bruta tiveram um aumento substancial devido à chuva ocorrida na barragem do rio Tauá, porém os parâmetros de cor da água tratada para essas amostras ficaram abaixo do limite máximo. Em contrapartida as amostras que excederam a concentração máxima possuíam valores muito inferiores de cor para água bruta e mesmo assim a remoção não foi eficiente. Essa realidade demonstra que a ETA deve estar preparada para a oscilação das características da água bruta, sendo imprescindível as análises laboratoriais e os testes de jarros para determinação das melhores concentrações de coagulante a serem utilizadas a fim de possibilitar a disponibilização de uma água dentro dos padrões de qualidade exigidos pelas normatizações existentes.

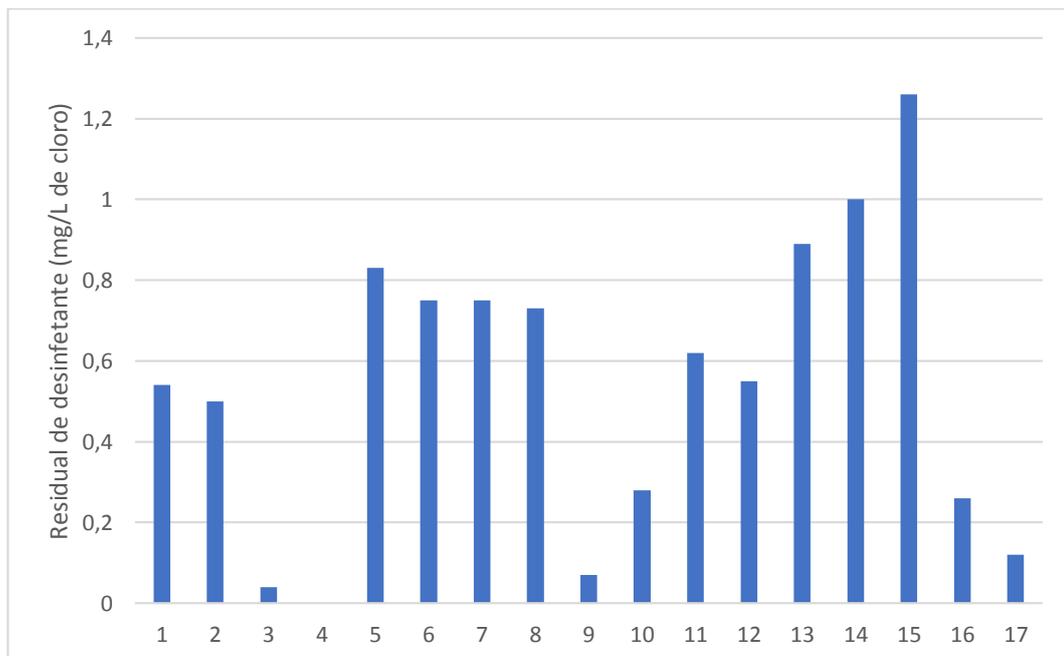
Figura 18 – Valores de Turbidez da água bruta e tratada



Fonte: Autor (2022).

No parâmetro de turbidez o valor máximo permitido é de 1 uT, o qual foi excedido apenas na amostra 1, com um valor um pouco acima do permitido, de 1,06 uT.

Figura 19 – Valores de residual de desinfetante

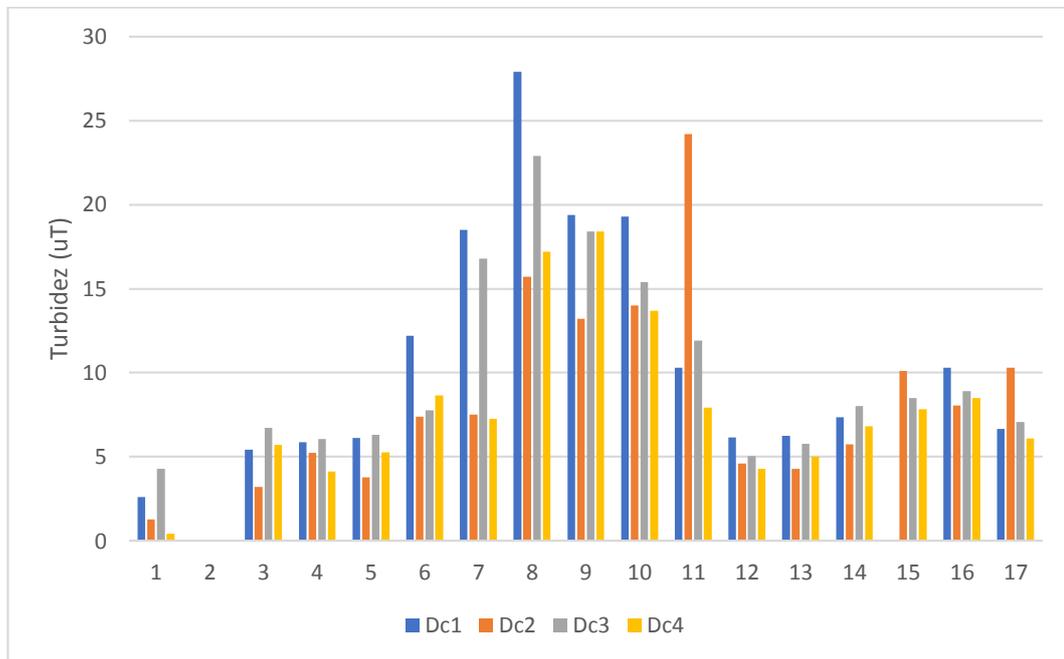


Fonte: Autor (2022).

O valor mínimo permitido no caso do residual de desinfetante ser o cloro é de 0,2 mg/L. O valor não foi satisfatório nas amostras 3, 4, 9, 17, além de apresentar valores com alto desvio, o que merece atenção no processo da dosagem de cloro.

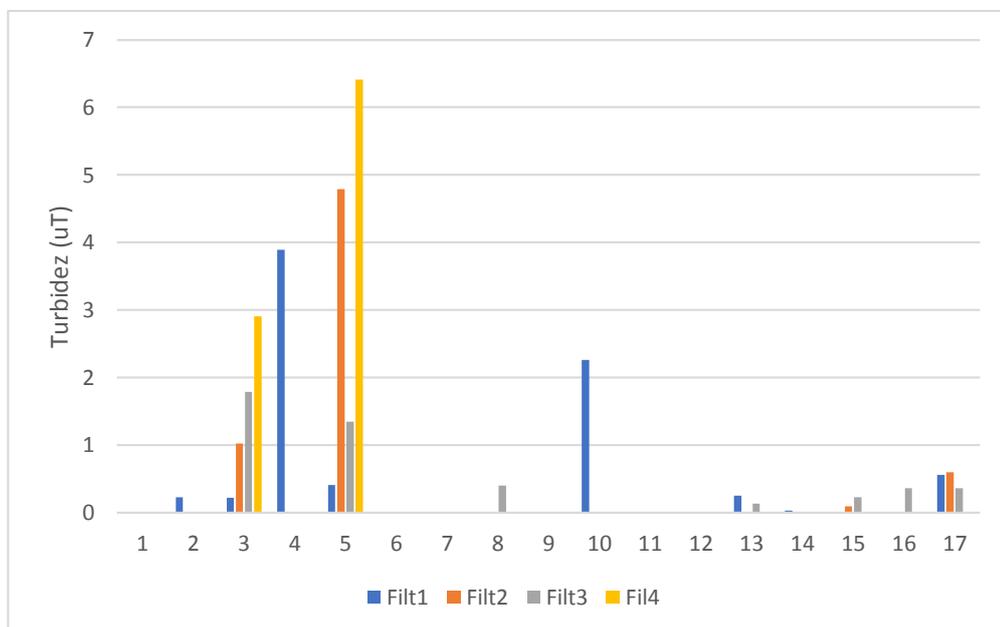
5.2.1.2 Dados do controle dos decantadores e filtros

Figura 20 – Controle de turbidez dos decantadores



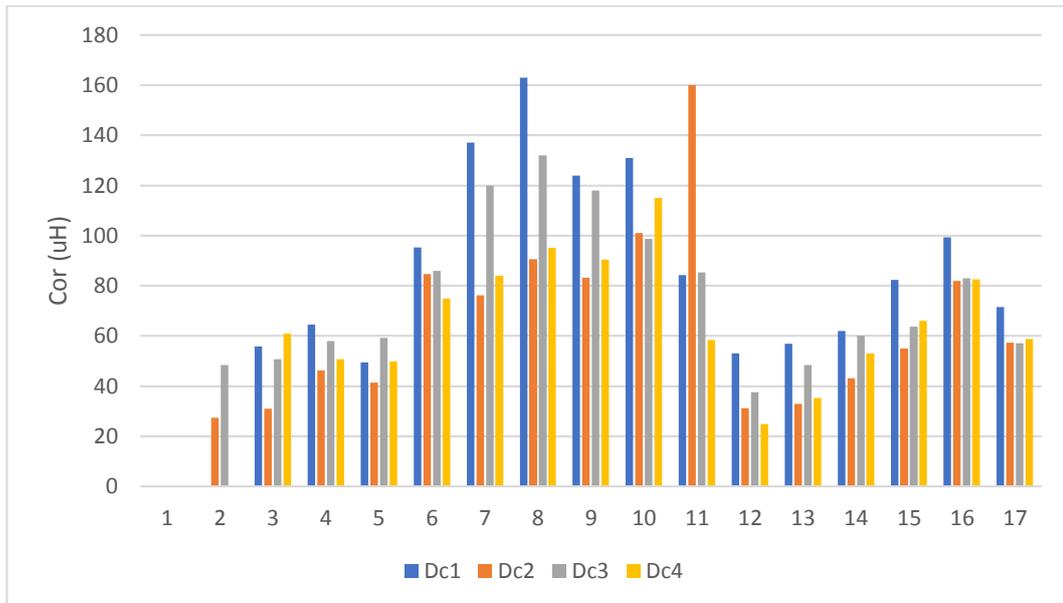
Fonte: Autor (2022).

Figura 21– Controle de turbidez dos filtros



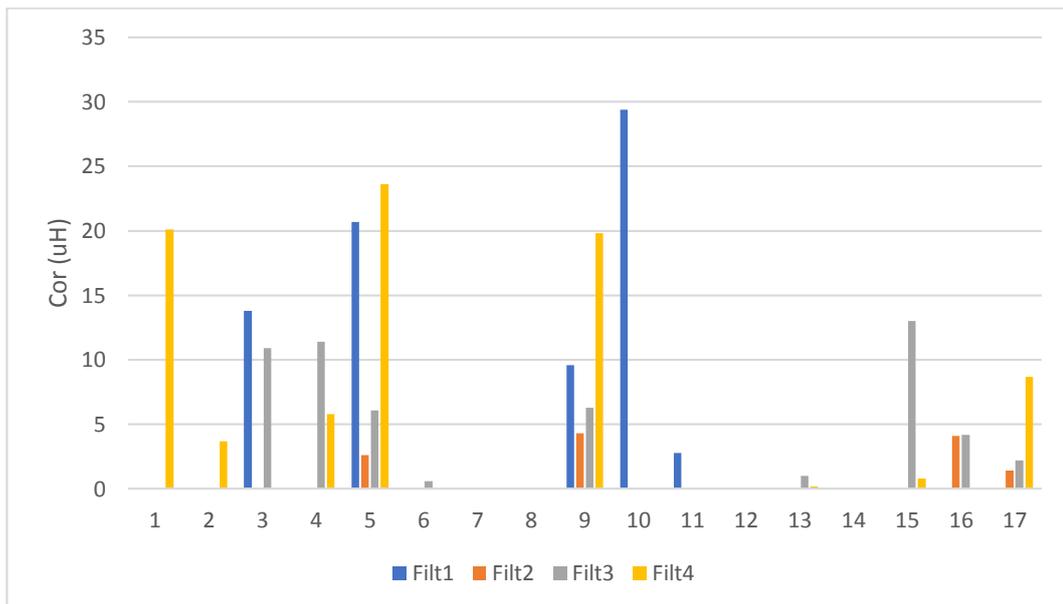
Fonte: Autor (2022).

Figura 22 – Controle de cor nos decantadores



Fonte: Autor (2022).

Figura 23 – Controle de cor nos filtros



Fonte: Autor (2022).

O controle de cor e turbidez nos decantadores e filtros é essencial para a aplicação de boas práticas no tratamento de água, visto que com essas informações ações corretivas podem ser efetuadas de maneira assertiva contribuindo para volta do funcionamento normal da ETA em tempo reduzido, contribuindo para uma boa qualidade da água. É possível observar uma alta variação dos parâmetros de cor e

turbidez para os decantadores e filtros, tal realidade demonstra uma falta de uniformização da operacional.

5.3 ETAPA 3 – Análise da qualidade do coagulante utilizado.

5.3.1 Sólidos em suspensão

Após a realização dos processos necessários para o cálculo dos sólidos em suspensão a massa retida no papel de filtro foi de 0,0647g. Conforme equacionamento a seguir foi calculada a concentração de sólidos em suspensão.

$$\begin{aligned} & \text{Sólidos em Suspensão } \left(\frac{mg}{L} \right) \\ = & \frac{(\text{Peso após secagem do material retido} - \text{Peso do papel previamente seco}) * 1000}{\text{Volume de solução}} \\ & \frac{(0,9082 - 0,8435) * 1000}{0,1} = 647 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Figura 24 - Coagulante macerado (a) e papel de filtro seco após 12 horas (b).



(a)



(b)

Fonte: Autor (2022).

5.3.2 Determinação da porcentagem de alumínio – Método tradicional

Para determinação do alumínio presente no coagulante foram determinadas concentrações de alumínio presentes em soluções diferentes do coagulante, a solução preparada em laboratório (1) para análise dos sólidos suspensos com concentração 10g/L e outra amostra coletada na estação de tratamento de água da cidade de Alagoinha – PB (2) com concentração teórica de 50g/L.

De acordo com a ficha técnica do coagulante utilizado na ETA fornecida pelo fabricante a concentração mínima de alumínio na forma de óxido de alumínio Al_2O_3 é de 14%, conforme figura abaixo.

Tabela 6 - Especificações do coagulante

DADOS TÉCNICOS *

Al_2O_3 (mín.)	Fe_2O_3 (máx.)	Basicidade Livre (máx.)	Insolúveis (máx.)	Densidade (g/cm^3 mín.)
14,00	2,50	0,40	6,00	-

Fonte: Bauminas (2022).

O método utilizado para a medição da concentração de alumínio presente no coagulante abrange concentrações variando entre 0,1 mg/L – 0,8 mg/L. Para que a concentração de alumínio seja determinada de acordo com o método é necessária a realização de uma diluição com base nos dados a seguir:

$$\frac{1g \text{ de coagulante}}{0,1L \text{ de água destilada}} = \frac{10g}{L}$$

O óxido de alumínio de fórmula molecular Al_2O_3 possui massa molar de 102 g/mol, no qual o alumínio corresponde a 52,9% dessa massa, então teremos o seguinte cálculo para a concentração de alumínio:

$$\frac{10g \text{ de sólido}}{L} * \frac{0,14g \text{ de } Al_2O_3}{g \text{ de sólido}} * \frac{0,529g \text{ de } Al}{g \text{ de } Al_2O_3} \cong 0,740 \frac{g}{L} \text{ de } Al = 740 \text{ mg/L}$$

A concentração de alumínio na solução preparada encontra-se muito acima do máximo abrangido pelo método, dessa forma deve ser feita uma diluição ajustando para um volume final de 50 mL e concentração final de 0,5 mg/L de acordo com o equacionamento abaixo:

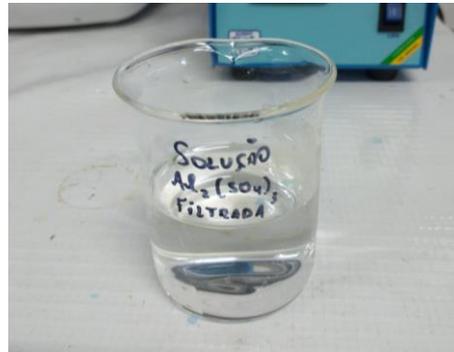
$$C1V1 = C2V2$$

$$\frac{740mg}{L} * V1 = \frac{0,5mg}{L} * 50mL$$

$$V1 = 0,0337mL$$

Com a base de cálculo acima, foi utilizado o filtrado proveniente do preparo da solução 1g/L (1) com uma alíquota de 0,04mL e diluída em balão volumétrico de 50 mL com água destilada.

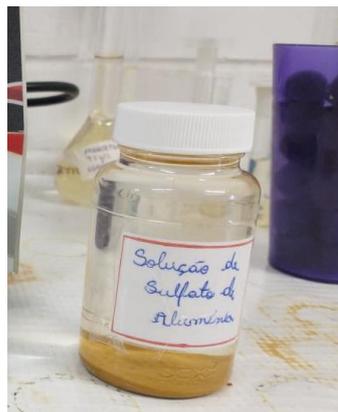
Figura 25 - Solução do coagulante 10g/L filtrada (1)



Fonte: Autor (2022).

Para solução de concentração 50g/L (2) coletada na estação de tratamento foi realizada uma diluição de 0,02mL para 100mL completados em balão volumétrico com água destilada.

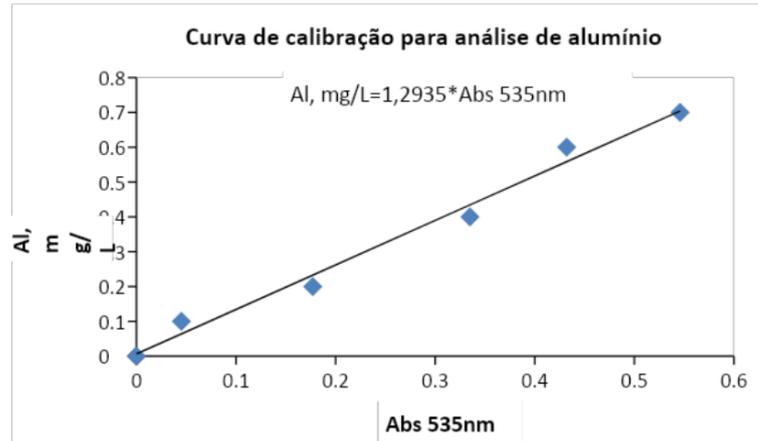
Figura 26 - Solução de concentração desconhecida obtida na estação (2)



Fonte: Autor (2022).

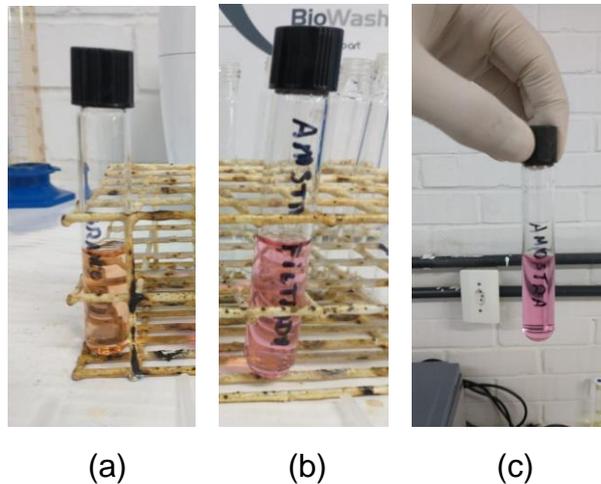
A concentração de alumínio é obtida com auxílio da curva de calibração abaixo:

Figura 27 - Curva de calibração para o método.



Fonte: Autor (2022)

Figura 28 - Prova em branco (a), solução 10g/L (1) (b), solução da ETA (2) (c) após adição dos reagentes.



Fonte: Autor (2022).

Para a solução (1) o valor da absorbância medida foi de 0,403 que utilizando a equação da curva de calibração nos fornece uma concentração de 0,521 mg/L. Como houve uma diluição para leitura da absorbância o valor real da concentração deve ser multiplicado pelo fator dessa diluição, dessa forma teremos:

$$\frac{0,521\text{mg}}{\text{L}} * \frac{50}{0,04} = 651,25\text{mg/L}$$

O valor teórico esperado de alumínio seria de 740mg/L de alumínio.

Para a solução (2) o valor da absorbância medida foi de 0,480 que utilizando a equação da curva de calibração nos fornece uma concentração de 0,620 mg/L. Como

houve uma diluição para leitura da absorbância o valor real da concentração deve ser multiplicado pelo fator dessa diluição, dessa forma teremos:

$$\frac{0,620\text{mg}}{L} * \frac{100}{0,02} = 3100\text{mg/L}$$

Como na ETA a concentração na solução coagulante é 50g/L o valor teórico de alumínio seria de 3700 mg/L

5.3.3 Determinação da porcentagem de alumínio por digestão ácida.

Figura 29 - Sistema de digestão ácida



Fonte: Autor (2022).

Figura 30 - Processo de filtração da digestão ácida



Fonte: Autor (2022).

No filtrado foi feito o ajuste do pH para 4 com solução hidróxido de sódio. Utilizando 0,05mL dessa solução em balão volumétrico de 100 mL sendo completado com água destilada. O resultado obtido para absorbância foi 0,259, correspondendo a partir da curva de calibração acima uma concentração de 0,335 mg/L, que quando

corrigido pelo fator de diluição de 100/0,05 resulta em uma concentração de alumínio de 670 mg/L, valor bastante semelhante ao obtido com o método convencional.

Figura 31 – Amostra analisada no espectrofotômetro

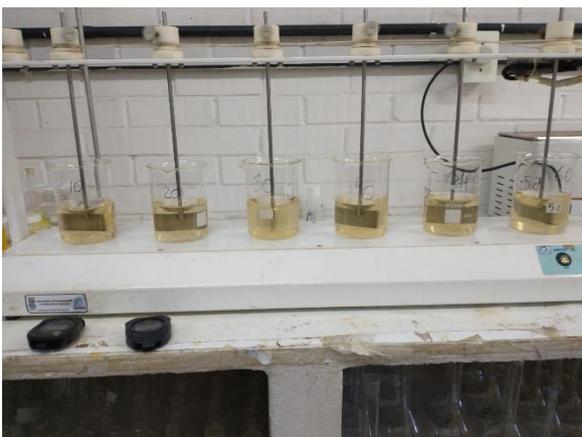


Fonte: Autor (2022).

5.3.4 Teste de jarros

Para o preparo da solução do coagulante foi utilizado a mesma concentração utilizada na ETA, de 50g/L, dissolvendo-se uma massa de 2,5 g do coagulante sólido em 50 mL de água. No teste foram utilizados seis jarros com concentrações de coagulante de 10 (1), 20 (2), 30 (3), 40 (4), 50 (5), 60 (6) mg/L e não foi necessário o ajuste de pH. Inicialmente a água bruta foi submetida a uma agitação de 180 rpm e os volumes adequados de solução coagulante foram adicionados ficando sob esse estado de agitação por 2 minutos. Posteriormente a velocidade de rotação foi diminuída para 90 rpm por 5 minutos e por fim para 30 rpm por mais 5 minutos. Ao fim do tempo a agitação foi desligada e foi dado um tempo de decantação de 1,5 horas. Foram avaliados os parâmetros de pH, cor, turbidez, ferro total e manganês com a coleta do sobrenadante.

Figura 32 - Jarros antes (a) e depois (b) do ensaio. Respectivamente 10, 20, 30, 40, 50, 60 mg/L.



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022)

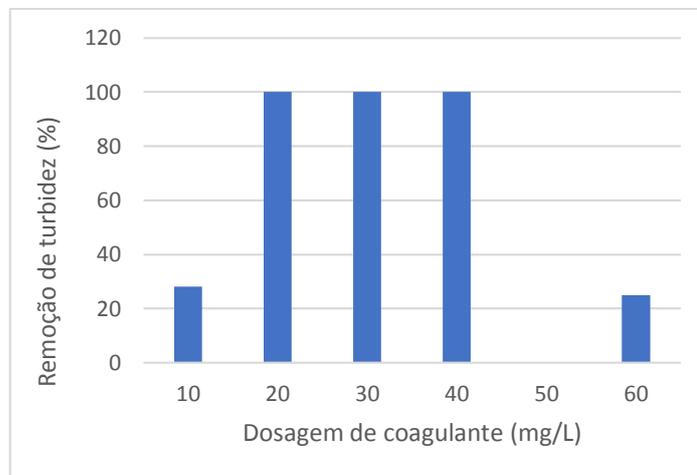
Tabela 7 – Parâmetros da água bruta utilizada no teste de jarros

Parâmetros	Água Bruta
pH	7,43
Turbidez (uT)	16,4
Cor (uH)	178
Ferro total (mg/L)	4,5
Manganês (mg/L)	0,15

De acordo com o teste de jarros os melhores parâmetros foram obtidos com as concentrações das soluções 20mg/L (2) e 30mg/L (3).

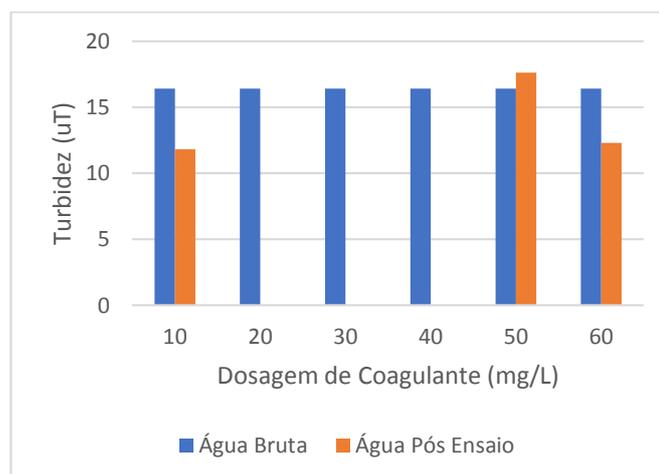
5.3.4.1 Remoção da turbidez

Figuras 33 – Remoção de turbidez (%) em função da dosagem de coagulante.



Fonte: Autor (2022)

Figura 34 – Remoção de turbidez em função da dosagem de coagulante

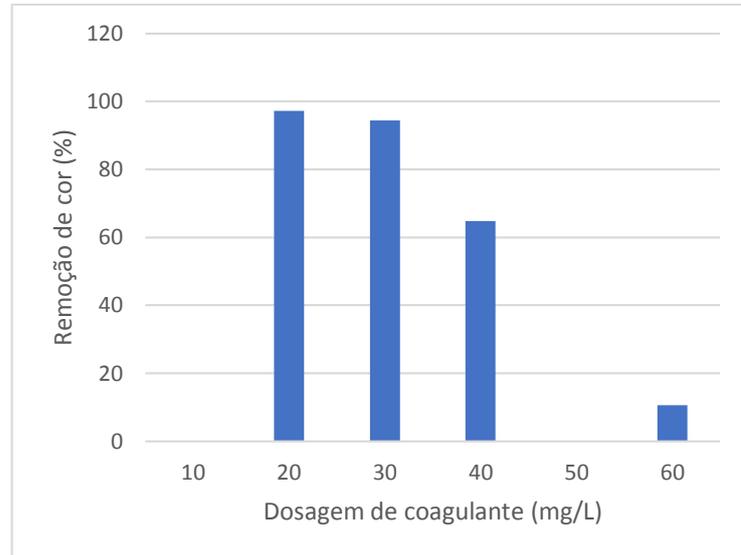


Fonte: Autor (2022).

Como observado nas figuras a remoção de turbidez apresentou resultados satisfatórios em três dosagens, sendo elas 20, 30 e 40 mg/L com remoção total da turbidez presente na água bruta que possuía um valor de 16,4 uT.

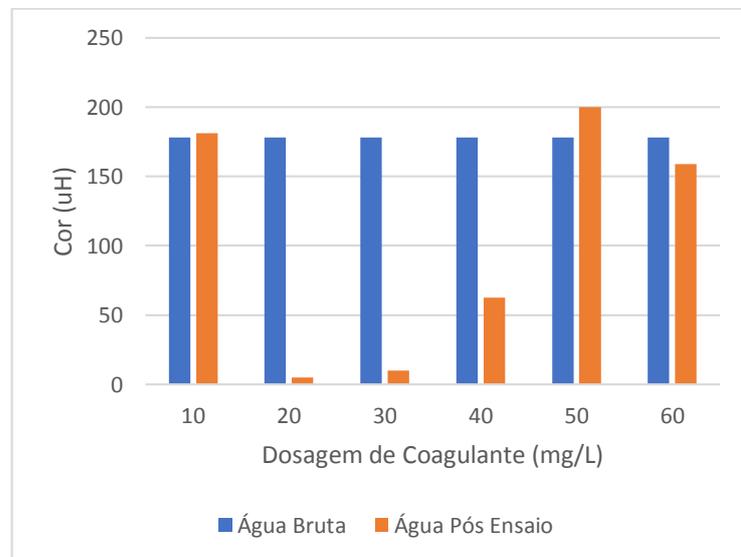
5.3.4.2 Remoção da cor

Figura 35 – Remoção da cor (%) em função da dosagem de coagulante



Fonte: Autor (2022)

Figura 36 – Remoção da cor em função da dosagem de coagulante



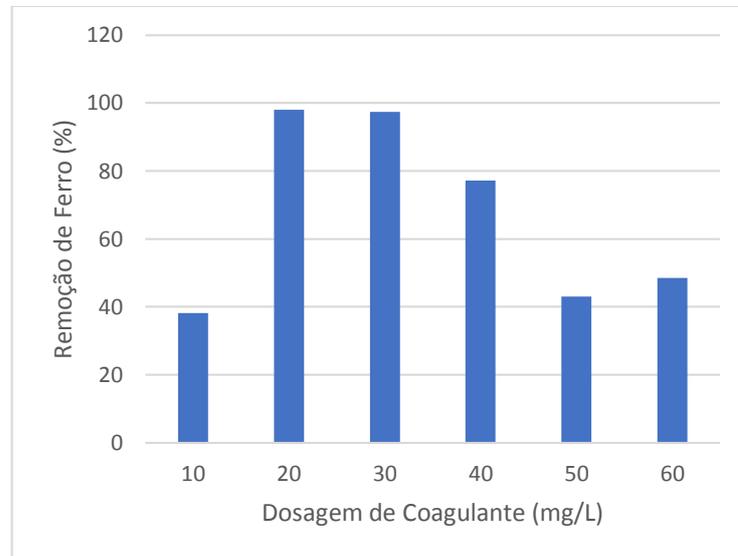
Fonte: Autor (2022)

Para remoção da cor as dosagens que apresentaram resultados satisfatórios foram as de 20 e 30 mg/L com remoção de, respectivamente, 97,24 e 94,43%,

apresentando valor inicial de 178 uH na água bruta e sendo os valores finais de 4,9 para a dosagem de 20 mg/L e 9,9 para dosagem de 30 mg/L.

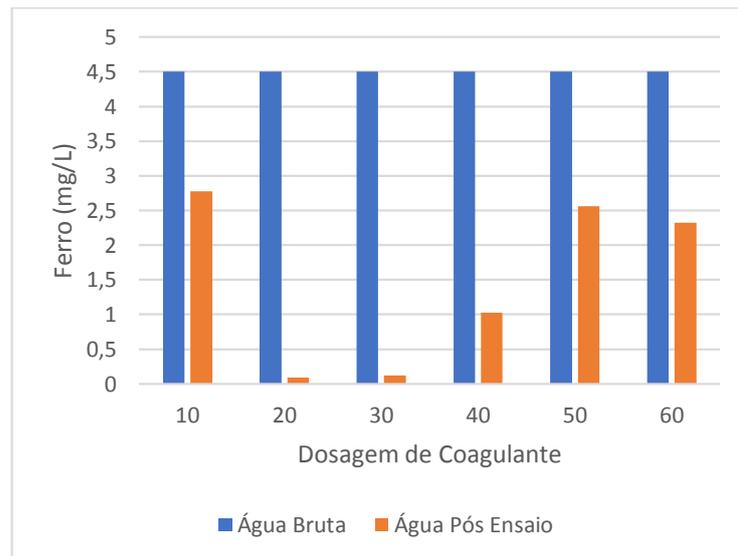
5.3.4.3 Remoção do ferro total

Figura 37 – Remoção de Ferro (%) em função da dosagem do coagulante



Fonte: Autor (2022)

Figura 38 – Remoção de Ferro em função da dosagem de coagulante



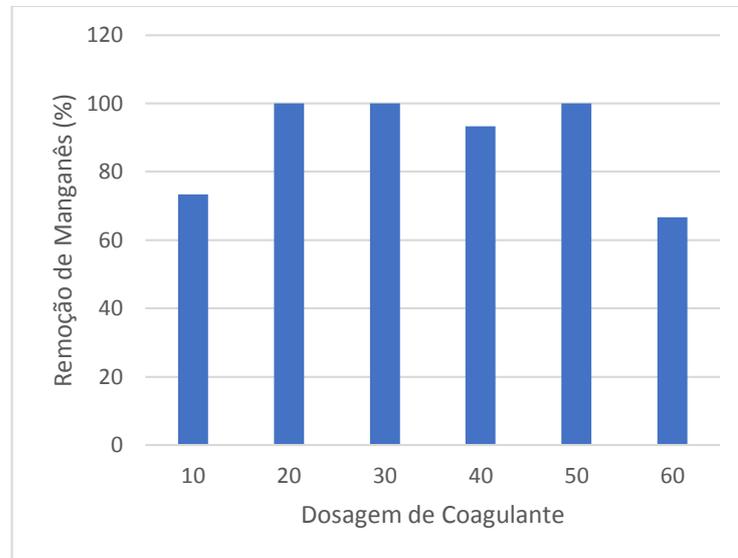
Fonte: Autor (2022).

Com base nas figuras acima as dosagens que apresentam os melhores resultados foram as de 20 e 30mg/L, com remoção de 98 e 97,33% respectivamente, com resultados saindo de 4,5 mg/L de ferro e chegando a 0,09 para a concentração de 20mg/L e 0,12 mg/L para a concentração de 30mg/L, concentrações que atendem

os parâmetros da vigente Portaria Nº 888 de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde de valor máximo permitido de 0,3 mg/L.

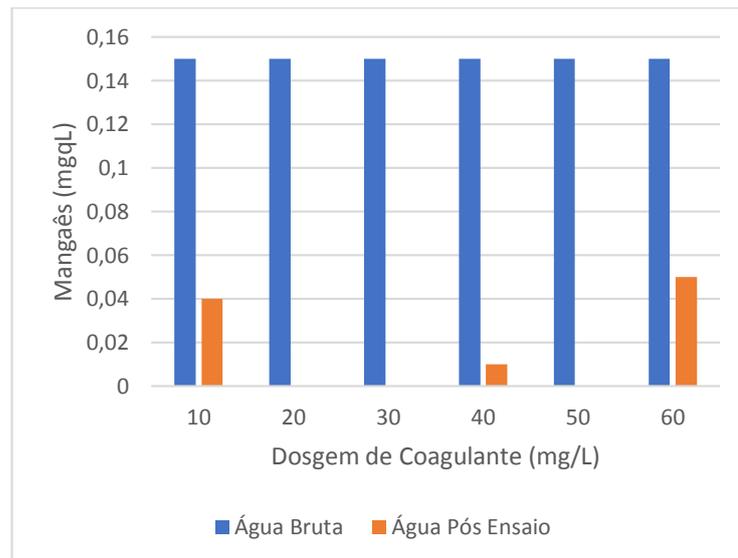
5.3.4.4 Remoção do manganês

Figura 39 – Remoção de manganês (%) em função da dosagem de coagulante



Fonte: Autor (2022)

Figura 40 – Remoção de manganês em função da dosagem de coagulante



Fonte: Autor (2022)

Com base na Portaria Nº 888 de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido para o manganês é de 0,1 mg/L, dessa forma todas as concentrações apresentaram resultados significativos já que o ensaio com pior desempenho, com a dosagem de 60mg/L reduziu a quantidade de manganês até 0,05 mg/L. As concentrações de 20, 30 e 50 mg/L eliminaram 100% a presença do metal.

Tabela 8 – Parâmetros finais obtidos no teste de jarros de acordo com as concentrações de coagulante

Parâmetros	Água Bruta	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pH	7,43	7,3	6,84	6,25	5,75	4,72	4,49
Turbidez (uT)	16,4	11,8	0	0	0	17,6	12,3
Cor (uH)	178	181	4,9	9,9	62,5	200	159
Ferro total (mg/L)	4,5	2,78	0,09	0,12	1,03	2,56	2,32
Manganês (mg/L)	0,15	0,04	0	0	0,01	0	0,05

Fonte: Autor (2022).

6 CONCLUSÃO

O acompanhamento da rotina de operação da ETA é essencial para entender o funcionamento do processo, entendendo as especificidades da estrutura local e dos operadores que cuidam da água. Toda a normatização necessária para o funcionamento da ETA com os parâmetros básicos de cor, ph, turbidez e residual de desinfetante devem ser observados diariamente através de instrumentos especializados para cumprimento das normas e para o bom funcionamento de toda estação.

A alma do processo de tratamento de água encontra-se no processo de coagulação que deve ser feito com coagulante adequado e de forma adequada, um coagulante sem qualidade ou mal preparado ocasiona transtornos em todos os processos envolvidos em uma ETA.

No município de Alagoinha/PB nenhum cidadão recebe água todos os dias da semana devido ao rodízio de abastecimento que acontece na cidade. A ETA conta com uma vazão de água bruta advinda da barragem de Cuitegi de 14L/s que é utilizada em tempos de seca, porém não em tempos de normalidade com vazão de 34 L/s. Com a estrutura atual composta por 4 decantadores e 4 filtros se as vazões de 34 L/s e 14 L/s fossem combinadas para abastecer à população durante todo ano a população seria atendida de maneira melhor pelo rodízio ou não existiria rodízio, porém não receberia uma água de qualidade, haja visto que a ETA não consegue tratar com qualidade os 48 L/s. Uma possível solução seria a construção de mais 2 decantadores e 2 filtros que possibilitariam um tratamento eficiente para essa vazão combinada.

A água é um bem indispensável, porém imperceptível aos olhos de muitos, principalmente aos detentores do poder que possuem o dever de fornecê-la com qualidade à população.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA 2020.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: FUNASA, 2009.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: FUNASA, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021. **Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília (DF), 2021.

DEALESSANDRI, Erica Irene. **CARTILHA: Principais doenças transmitidas e veiculadas pela água**. 2013. Material de Apoio para Professores do Ensino Fundamental. Belo Horizonte, 2013 p.57.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da População**. Rio de Janeiro. IBGE (2021). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/alagoinha.html>>. Acesso em 04 de Outubro de 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2022.

LETTERMAN RD, YIACOUMI S. **Water quality and treatment: a handbook on drinking water**. 6ª ed. Denver: AWWA; 2011

MENEZES, Pedro Henrique Neri. **Estudo do desempenho do sulfato de alumínio no processo de clarificação de água de uma refinaria de petróleo e avaliação do tanfloc como agente coagulante alternativo**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Cor em águas naturais**. São Paulo – SP, 2021.

RICHTER, Carlos A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2009.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de água – Tecnologia atualizada**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1991.

ROSA, Anderson Luis. **TESTE DE JARROS COM EFLUENTE DE UMA EMPRESA DE PRODUTO DE LIMPEZA**. Relatório de estágio – Centro de Educação Profissional curso técnico em Química. Lajeado, 2015.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 2011. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino_2011.pdf> Acesso em 20/10/2022.

SCHORR, Adriano de Souza. **Tratamento de águas e efluentes**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2022.

Seckler, Sidney. **Tratamento de Água - Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Gen – Grupo Editorial Nacional S.A., 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Painel de informações sobre saneamento**. Brasília: SNIS, 2020. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2022.

Soriani, Marcela. **Eficiência da Moringa Oleifera como Coagulante Natural em Solução Salina para Água de Abastecimento**. Trabalho De Conclusão De Curso - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Curso De Engenharia Ambiental. Londrina, 2015.

ANEXOS

ANEXO A – VALORES ABSOLUTOS DE PH DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.

Data	Hora	pH									
		B	D1	D2	D3	D4	F1	F2	F3	F4	T
28.11.22	08:30	7,36	6,68	6,64	6,63	6,58	6,6	6,51	6,7	6,6	6,72
28.11.22	10:30	6,93	7,4	6,53	6,4	6,41	6,62	6,8	6,6	6,83	6,7
28.11.22	12:30	6,94	6,68	6,71	7,28	6,58	6,81	6,71	6,9	6,89	6,88
28.11.22	14:30	7,49	6,73	6,58	6,59	6,58	6,58	6,56	6,54	6,9	6,5
28.11.22	16:30	7,17	6,4	6,4	6,42	6,34	6,64	6,52	6,53	6,58	6,82
29.11.22	07:00	7,26	6,53	6,68	6,48	6,56	6,51	6,56	6,61	6,52	6,58
29.11.22	09:00	7,43	6,61	6,45	6,5	6,49	6,52	6,59	6,54	6,64	6,63
29.11.22	11:00	7,34	6,69	6,54	6,6	6,52	6,61	6,55	6,61	6,61	6,7
29.11.22	13:00	7,26	6,43	6,51	6,31	6,42	6,54	6,53	6,47	6,58	6,64
29.11.22	15:00	7,48	6,6	6,56	6,5	6,71	6,77	6,77	6,57	6,71	6,7
29.11.22	17:00	7,42	6,38	6,84	6,41	6,76	6,72	6,85	6,67	6,88	6,58
30.11.22	07:00	7,44	6,57	6,43	6,41	6,4	6,65	6,47	6,61	6,66	6,66
30.11.22	09:00	7,4	6,5	6,49	6,35	6,38	6,61	6,54	6,63	6,65	6,61
30.11.22	11:00	7,48	6,64	6,65	6,61	6,52	6,55	6,63	6,54	6,71	6,64
30.11.22	13:00	7,38	6,73	7,06	6,77	6,72	6,75	6,75	6,69	7,03	6,86
30.11.22	15:00	7,33	6,8	6,72	6,75	6,71	6,9	6,71	6,86	6,84	6,86
30.11.22	17:00	7,54	6,62	6,5	6,57	6,54	6,91	6,76	6,75	6,8	6,62

ANEXO B - VALORES ABSOLUTOS DE COR DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.

Data	Hora	Cor									
		B	D1	D2	D3	D4	F1	F2	F3	F4	T
28.11.22	08:30	149	60,4	39,4	55,1	39,8	0	0	0	20,1	18,4
28.11.22	10:30	139	39,2	27,3	48,3	40,6	0	0	0	3,7	0
28.11.22	12:30	148	55,8	30,9	50,7	61	13,8	0	10,9	0	0
28.11.22	14:30	166	64,5	46,2	58	50,8	0	0	11,4	5,8	7,4
28.11.22	16:30	148	49,4	41,3	59,3	49,8	20,7	2,6	6,1	23,6	13,9
29.11.22	07:00	500+	95,3	84,7	86	74,9	0	0	0,6	0	0
29.11.22	09:00	500+	137	76,2	120	84,1	0	0	0	0	0
29.11.22	11:00	500+	163	90,7	132	95,1	0	0	0	0	0
29.11.22	13:00	500+	124	83,3	118	90,5	9,6	4,3	6,3	19,8	2,2
29.11.22	15:00	500+	131	101	98,6	115	29,4	0	0	0	10,5
29.11.22	17:00	390	84,3	160	85,4	58,3	2,8	0	0	0	6,4
30.11.22	07:00	192	53	31,2	37,6	24,9	0	0	0	0	0
30.11.22	09:00	194	56,8	32,9	48,3	35,2	0	0	1	0,2	2,1
30.11.22	11:00	179	62	43	60	53,1	0	0	0	0	0
30.11.22	13:00	159	82,4	55	63,7	66,1	0	0	13	0,8	0,4
30.11.22	15:00	166	99,4	82	83	82,5	0	4,1	4,2	0	5,6
30.11.22	17:00	168	71,5	57,3	57,1	58,8	0	1,4	2,2	8,7	22,7

ANEXO C - VALORES ABSOLUTOS DE TURBIDEZ DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA BRUTA, ÁGUA DOS DECANTADORES, ÁGUA DOS FILTROS E ÁGUA TRATADA.

Data	Hora	Turbidez									
		B	D1	D2	D3	D4	F1	F2	F3	F4	T
28.11.22	08:30	7,98	2,62	1,27	4,30	0,41	0	0	0	0	0,34
28.11.22	10:30	9,79	0	0	0	0	0,23	0	0	0	1,06
28.11.22	12:30	10,3	5,42	3,22	6,73	5,72	0,22	1,02	1,79	2,91	0
28.11.22	14:30	9,87	5,87	5,22	6,07	4,12	3,89	0	0	0	0,84
28.11.22	16:30	17,5	6,11	3,78	6,3	5,26	0,41	4,79	1,35	6,41	0,31
29.11.22	07:00	249	12,2	7,38	7,78	8,66	0	0	0	0	0
29.11.22	09:00	247	18,5	7,52	16,8	7,25	0	0	0	0	0
29.11.22	11:00	202	27,9	15,7	22,9	17,2	0	0	0,4	0	0
29.11.22	13:00	125	19,4	13,2	18,4	18,4	0	0	0	0	0,02
29.11.22	15:00	79,2	19,3	14	15,4	13,7	2,26	0	0	0	0
29.11.22	17:00	51,6	10,3	24,2	11,9	7,92	0	0	0	0	0
30.11.22	07:00	19,4	6,15	4,59	5,04	4,28	0	0	0	0	0
30.11.22	09:00	19,1	6,24	4,28	5,77	5	0,25	0	0,13	0	0,23
30.11.22	11:00	19,4	7,35	5,73	8,01	6,81	0,03	0	0	0	0
30.11.22	13:00	16,9	0	10,1	8,49	7,82	0	0,09	0,23	0	0,72
30.11.22	15:00	15,4	10,3	8,05	8,92	8,49	0	0	0,36	0	0,04
30.11.22	17:00	17,1	6,66	10,3	7,06	6,09	0,56	0,6	0,36	0	0,76

ANEXO D - VALORES ABSOLUTOS DE CLORO DO LEVANTAMENTO DE DADOS PARA ÁGUA TRATADA.

Data	Hora	Cl2
28.11.22	08:30	0,54
28.11.22	10:30	0,5
28.11.22	12:30	0,04
28.11.22	14:30	0
28.11.22	16:30	0,83
29.11.22	07:00	0,75
29.11.22	09:00	0,75
29.11.22	11:00	0,73
29.11.22	13:00	0,07
29.11.22	15:00	0,28
29.11.22	17:00	0,62
30.11.22	07:00	0,55
30.11.22	09:00	0,89
30.11.22	11:00	1
30.11.22	13:00	1,26
30.11.22	15:00	0,26
30.11.22	17:00	0,12