DOSAGEM MÉDIA DE COAGULANTE POR HISTÓRICO OPERACIONAL

Nome do Autor Principal
Roberto Fernando Pereira
Nome do Autor
Cleiton Aguiar de Oliveira Sousa
Nome do Autor
Geraldino Flegler
Nome do Autor
Josivane Flávio de Lima Soares
Nome do Autor
Leni Roberto Sarter

Endereço: Av. Marfisa de Barros Leite – nº 536- Bairro Campo Vinte – Afonso Cláudio - ES - CEP: 29600-000 - Brasil - Tel: +55 (27) 99928-6673 - e-mail: roberto.pereira@cesan.com.br.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de colaborar com Operadores de Estações de Tratamento de Água na determinação das dosagens do coagulante $Al_2(SO_4)_3$ (Sulfato de Alumínio), recomendadas e de maior eficiência no tratamento e produção de água potável para consumo humano. Em determinadas situações é periódico que ocorram alterações abruptas da turbidez da água bruta na entrada do ciclo do tratamento de água, e para que não prejudique as demais etapas de coagulação, decantação e filtração, visando a eficiência da clarificação no processo de produção de água potável, é necessário que o operador da Estação de Tratamento de Água altere e ajuste a dosagem de coagulante $Al_2(SO_4)_3$ para que se mantenha a qualidade exigida pela legislação e a quantidade necessária para o abastecimento da população. Neste cenário, conhecer as dosagens que, historicamente, foram mais eficientes facilita e agiliza o processo de trabalho do operador da Estação de Tratamento de Água, reduzindo a necessidade de paralizações do tratamento de água e, subsequentemente, o desabastecimento da população atendida por esta Estação de Tratamento de Água.

PALAVRAS-CHAVE: histórico, dosagem, turbidez.

INTRODUÇÃO

O tratamento de água durante períodos sazonais de chuvas intensas enfrenta desafios críticos devido ao aumento repentino e à alta variabilidade da turbidez na água bruta. A força da enxurrada pode carregar terra, resíduos orgânicos, folhas e galhos para os mananciais, dificultando o processo de potabilização. A turbidez elevada da água bruta pode exceder a capacidade de dimensionamento da estação, tornando impraticável a capacidade de garantir a qualidade da água dentro dos padrões de potabilidade. Para lidar com essas situações, as companhias de saneamento costumam adotar procedimentos emergenciais, como a redução da vazão de tratamento para melhorar a eficiência da clarificação ou a paralisação temporária da captação até a normalização do rio ou até que se reduza a turbidez da água bruta. (Di Bernardo L.; DANTAS, A. D. B., 2005).

A variação ou oscilação da turbidez da água bruta ocasionada principalmente por decorrência de chuvas intensas a montante das captações, é sempre um evento que exige atenção e agilidade para a manutenção da produção de água potável nestas condições. (PAVANELLI, Gerson. 2001, 233 f). Mesmo com a existência de tabela que indica dosagens próximas das indicadas de $Al_2(SO_4)_3$ (Sulfato de Alumínio) para o tratamento de água, conforme consta na Apostila de Análise Físico/Químicas do Curso de Operação de ETA, era observado que certas grandezas não se aplicavam ao tratamento de água realizado na ETA Santa Maria de Jetibá-ES e nas demais Estações de Tratamento de Água do município de Santa Maria de Jetibá e dos municípios circunvizinhos.

LOCALIZAÇÃO - ETA SANTA MARIA DE JETIBÁ/CESAN



Fonte: Google Mapas

Estado do Espírito Santo/BR



Município de
Santa Maria de Jetibá/ES



Fonte: Geobases/IJSN

Neste sentido, foi percebida a necessidade de confeccionar uma tabela equivalente que estabelecesse atrelamento proporcional com as dosagens de coagulante Al2(SO4)3 e os resultados das análises de turbidez de água bruta realizadas, reduzindo os erros na aplicação dos coagulantes e o número de tentativas ou de execuções dos ensaios de tratabilidade, visando potencializar a eficiência do tratamento e agilizar todo o processo de alteração de dosagens de coagulante em relação a variação da turbidez da água bruta. (VERANI, L. H. W.; DIAS, W.; HICKEL, R., (ENQ/UFSC), 1982).

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi desenvolver uma ferramenta para auxiliar no ajuste de dosagem de coagulante na ETA, em decorrência da alteração relevante de turbidez, visando reduzir erros e tentativas nos ensaios de floculação (Jar-Test), aumentando a eficiência, a agilidade na adequação das dosagens e a continuidade do tratamento de água mesmo em situações severas e abruptas de variação da turbidez da água bruta.

METODOLOGIA

Este trabalho de foi desenvolvido na ETA Santa Maria de Jetibá – ES, uma Estação de Tratamento de Água do tipo Filtração Direta, localizada na Região Serrana do Estado onde a incidência de chuvas é regular e bem distribuída durante todo ano. Foram realizados levantamento e compilação das dosagens de $Al_2(SO_4)_3$ recomendadas para o tratamento de água nesta localidade, por meio dos ensaios de floculação (Jar-Test) efetivados entre de 2010 e junho de 2013 que constava no arquivo digital da Planilhas de Controle Diário de ETA desta unidade. O ensaio determina a escolha da dosagem ótima: é aquela que atingiu os padrões de potabilidade (ou descarte) com o menor consumo de produtos químicos. “Este ensaio de floculação é amplamente utilizado para simular em escala de laboratório (bancada) as etapas de tratamento físico-químico que ocorrem na Estação de Tratamento de Água (ETA) ou de efluentes (ETE)” – (Westphal Verani et al – 1982).

Esta prática foi utilizada com excelentes resultados do segundo semestre de 2013 até o segundo semestre de 2017, quando por motivo de ampliação da ETA Santa Maria de Jetibá – ES, foram construídas e colocadas em

operação novas unidades de tratamento de água, passando a ser do tipo Convencional (com Decantadores) e trabalhando exclusivamente com o coagulante PAC (Policloreto de Alumínio).

Como comparação de melhora nos indicadores de qualidade foi utilizado o Índice de Qualidade de Água - I.Q.A da CESAN – Companhia Espírito-santense de Saneamento -ES.

O desenvolvimento do trabalho se fundamentou em observar e determinar quais dosagens de Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$, estavam relacionadas com a maior eficiência na clarificação do processo de tratamento de água na ETA Santa Maria de Jetibá, quando da incidência de chuvas e a alteração da turbidez na faixa de variação entre 50 e 1.000 NTU. Sendo esta alteração de turbidez abrupta ou escalonada no decorrer do período de tratamento e produção de água potável.

Utilizando os ensaios de floculação (Jar Test), do arquivo digital presente na ETA Santa Maria de Jetibá entre 2010 e o início de 2013, foram compiladas e organizadas as alterações de turbidez, em períodos de ocorrências de chuvas, e proporcionalmente as dosagens que foram determinadas pelos ensaios de floculação nos períodos acima mencionados. Estas informações foram utilizadas para fazer previsões de dosagens que seriam mais eficientes tanto na aplicação, quanto na execução de novos ensaios de floculação.

As informações compiladas foram inseridas em planilha Excel que forneceu um gráfico com a relação entre a curva proporcional de dosagem de coagulante pela turbidez analisada nos ensaios de floculação (Jar Test), e a tendência linear de dosagem. Conforme Gráfico1 gerado com dados da nova tabela Recomendada para a ETA Santa Maria de Jetibá. O mesmo gráfico proporcionou uma equação que demonstra a correlação entre a curva de dosagem e a tendência linear de dosagem de coagulante $Al_2(SO_4)_3$. O resultado foi R^2 menor que 1,0, e uma equação de difícil assimilação pela equipe operacional local. Foi necessário adequar uma fórmula mais simples e com menos variáveis; transformando o resultado inicial (R^2) em dosagem média ou (D) e utilizando cálculos geométricos de área em gráficos e invertendo a função quadrática de R; foi possível correlacionar com os valores referentes as grandezas específicas de turbidez apresentada em cada análise de água bruta. Uma vez que R^2 possui valor menor que 1,0 era necessário que calibrasse a fórmula com um segundo termo que equalizasse esta diferença, agindo como fator de correção linear, sendo distribuído no segundo termo reduzindo gradualmente o valor de D com a relação da elevação da turbidez apresentada em cada análise. Conforme demonstrado na Equação 1.

RESULTADOS OBTIDOS

Através da observação das dosagens mencionadas na tabela abaixo que indicam as dosagens de $Al_2(SO_4)_3$, utilizadas como norteadoras e presente na Apostila de Operação de Estação de Tratamento de Água; Módulo Análises Físico/Químicas do Curso de Operação de ETA (2013), foi observado que certas quantidades de dosagens de $Al_2(SO_4)_3$ não se aplicavam ao tratamento de água na ETA Santa Maria de Jetibá, em determinadas amplitudes de valores de turbidez que ocorriam nesta ETA, isso tendo como base o histórico operacional, o que acarretava o retardamento dos resultados mais exatos dos ensaios com Jar- Test, assim como dificuldade para alterar dosagens durante o tratamento pelas variações da turbidez da água bruta.

Tabela 1 – Recomendada pela Apostila de Análises Físico/Química

	Dosagem de Sulfato de Alumínio em p.p.m.		
Turbidez	**mínimo**	**máximo**	**Média**
10	5	17	10
15	8	20	14
20	11	22	17
40	13	25	19
60	14	28	21
80	15	30	22
100	16	32	24
150	18	37	27
200	19	42	30
300	21	51	36
400	22	62	39
500	23	70	42

Fonte: Tabela da Apostila do Curso de Operação de Estação de Tratamento de Água. - Manual de Utilização Aparelho Jar-Test PoliControl Flocontrol IV.

Foram compiladas as informações referentes às dosagens recomendadas de $Al_2(SO_4)_3$, com base nos ensaios de tratabilidade (Jar-Test) realizados entre de 2010 e junho de 2013 na ETA Santa Maria de Jetibá - ES. A partir desses dados foi elaborada uma nova tabela de equivalência para as faixas de turbidez observadas nas análises de água bruta, e as dosagens de $Al_2(SO_4)_3$ mais adequadas à realidade operacional desta ETA. Verificou-se ainda que, de acordo com a variação da turbidez da água bruta verificada nas análises de bancada, as dosagens de $Al_2(SO_4)_3$ recomendadas pela Tabela específica para e ETA Santa Maria de Jetibá, apresentaram eficiência superior no processo de clarificação da água em referência à tabela da apostila do Curso de Operação de Estação de Tratamento de Água.

Tabela 2 – Tabela Recomendada para ETA Santa Maria de Jetibá

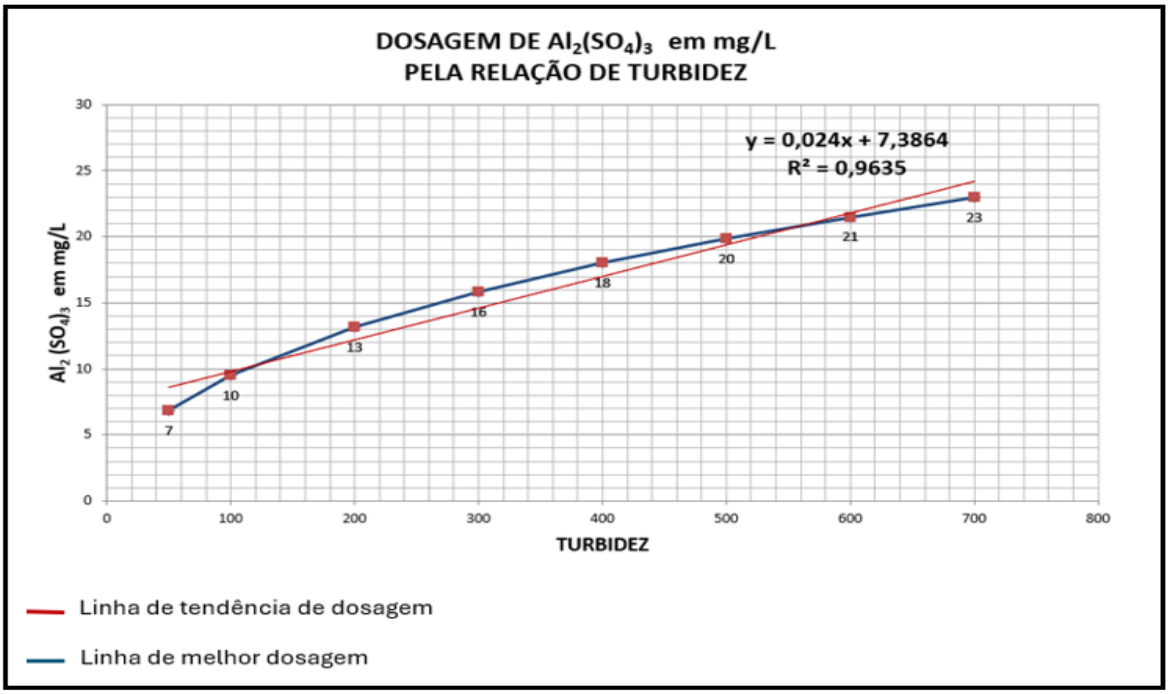
Dosagem de Coagulante Al2 (SO4)3, Recomendadas para a ETA Santa Maria de Jetibá/I-PSM/I-DSE

	Dosagem de Sulfato de Alumínio em mg/L			
Turbidez em NTU	**Intervalo do pH**	**Mínima**	**Melhor Dosagem**	**Máxima**
<5	6,0 ==> 7,0	3 mg/L	4 mg/L	5 mg/L
5 < > 20	6,0 ==> 7,0	4 mg/L	5 mg/L	6 mg/L
20 < > 40	6,0 ==> 7,0	5 mg/L	6 mg/L	7 mg/L
40 < > 60	6,0 ==> 7,0	6 mg/L	7 mg/L	8 mg/L
60 < > 80	6,0 ==> 7,0	7 mg/L	8 mg/L	9 mg/L
80 < >100	6,0 ==> 7,0	8 mg/L	10 mg/L	12 mg/L
100 < > 150	6,0 ==> 7,0	10 mg/L	11 mg/L	13 mg/L
150 < > 200	6,0 ==> 7,0	11 mg/L	13 mg/L	15 mg/L
200 < > 300	6,0 ==> 7,0	13 mg/L	15 mg/L	17 mg/L
300 < > 400	6,0 ==> 7,0	15 mg/L	17 mg/L	19 mg/L
400 < > 500	6,0 ==> 7,0	17 mg/L	19 mg/L	21 mg/L
500 < > 600	6,0 ==> 7,0	19 mg/L	21 mg/L	23 mg/L
600 < > 800	5,0 ==> 7,0	21 mg/L	23 mg/L	25 mg/L
800 < > 1000	5,0 ==> 7,0	23 mg/L	25 mg/L	28 mg/L
1000 < > 1500	5,0 ==> 7,0	25 mg/L	28 Mg/L	32 mg/L
1500 < > 2000	5,0 ==> 7,0	28 mg/L	32 mg/L	35 mg/L
2000 < > 2500	5,0 ==> 7,0	32 mg/L	35mg/L	40 mg/L

Fonte: Tabela de dosagem por histórico operacional da ETA Santa Maria de Jetibá.

As informações compiladas na tabela possibilitaram a elaboração de um gráfico representativo da curva de dosagens referente à coagulação/floculação mais eficiente, desenvolvido com base nos resultados das análises de turbidez da água bruta. Essa curva permitiu correlacionar as variações de turbidez com as dosagens mais adequadas de coagulante, dinamizando e contribuindo para a otimização do processo de tratamento. Além disso, o gráfico serviu como ferramenta de apoio operacional, auxiliando na definição de parâmetros mais eficientes para a clarificação da água, promovendo maior estabilidade no processo e mantendo a qualidade da água tratada produzida.

Gráfico 1 – Gráfico gerado com dados da Nova Tabela de dosagens



Fonte: Gráfico1 gerado com dados da nova tabela Recomendada para a ETA Santa Maria de Jetibá.

O gráfico nos apresenta uma equação de regressão linear, que para ser utilizada pelos operadores no tratamento poderia causar dificuldades em seu entendimento e sua aplicação, por esse motivo foi necessário ajustar esta equação para uma de melhor entendimento e que possa ser ajustada caso necessário, alterando ou calibrando o segundo termo da equação. Com isso, encontramos a equação ou fórmula, que pode ser utilizada para encontrar a dosagem média aproximada para iniciar um ensaio de floculação (Jar-Test).

$$\mathbf{D = \sqrt{T} - (T \times 0{,}005)} \qquad \text{equação (1)}$$

Onde:
D é a dosagem média ideal de acordo com o histórico operacional.
T é o valor da turbidez analisada nos aparelhos de bancada pela unidade de referência NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).
(T x 0,005), fator de correção linear, para ajuste de dosagem de coagulante $Al_2(SO_4)_3$.

A Equação (1) utiliza um modelo não linear logaritmizado ou de raiz quadrada para o cálculo de dosagem $Al_2(SO_4)_3$ O termo $\sqrt{T}$ representa o crescimento proporcional decrescente da demanda de coagulante em relação ao aumento da turbidez da água bruta, enquanto a subtração do fator de correção linear (T x 0,005) atua como um fator de amortecimento para impedir que a dosagem supere parâmetros históricos de dosagem, causando o excesso de coagulante na aplicação para floculação.

Exemplo: água bruta analisada = 196 NTU. Então, D = 14 – 0,98, sendo D = 13,02, logo D = 13mg de coagulante $Al_2(SO_4)_3$ por litro de água.

Na equação, a única variável é (T) de turbidez em NTU, ou seja, ao realizar a análise de água bruta encontramos o valor da turbidez que deverá substituir o valo de (T) e ao realizar os cálculos encontramos o resultado, sendo (D) a dosagem média histórica de aplicação de coagulante $Al_2(SO_4)_3$ para o tratamento de água em condições semelhantes ao histórico operacional.

O Manual Prático de Análise de Água da FUNASA descreve a Unidade Nefelométrica de Turbidez (uNT ou NTU) como o padrão para medir a transparência da água, utilizando a técnica de nefelometria para detectar o espalhamento de luz por partículas suspensas.

A fórmula citada acima está atribuída à ETA Santa Maria de Jetibá. Para outras unidades circunvizinhas, se

faz necessário ajustar a fórmula, alterando o segundo termo para calibrá-la com as dosagens médias históricas de cada unidade, devido às propriedades intrínsecas do corpo hídrico de onde é captada água, e às características estruturais de cada ETA. Isso, ainda que de forma sutil, causa uma pequena variação na fórmula, que pode ser ajustada para qualquer ETA de acordo com a necessidade de cada unidade, com base no histórico operacional preexistente, bem como em possíveis substituições ou contribuições de outros mananciais que venham a ser inseridos no montante de água tratada por essa ETA. O ajuste é realizado exclusivamente no segundo termo da fórmula.

Quadro 1 – Conversor de Dosagem de Coagulante

Encontrando a dosagem mais próxima da Recomendada para Floculação	
Turbidez da Água Bruta em NTU	Dosagem mais próxima da recomendada para floculação com $Al_2(SO_4)_3$ em mg/L.
196	13

Conversor de dosagem de $Al_2(SO_4)_3$.

Anteriormente, os ensaios de coagulação (Jar-Test), variavam em combinações de dosagens de $Al_2(SO_4)_3$, superiores a 5 mg/L para cada jarro. Por exemplo: Para uma turbidez de 200 NTU era necessário preparar os seis jarros do ensaio de coagulação com dosagem em sequência 10, 20, 30, 40, 50 e 60 mg/L seguindo a orientação da tabela tradicional (Tabela 1). Sabendo que, historicamente, a dosagem média para a turbidez de 200 NTU é de cerca de 12 mg/L, seria necessário realizar um segundo ensaio com dosagens entre 10 e 20 mg/L para alcançar a dosagem ótima de tratamento. Enquanto utilizado este procedimento, o máximo de oscilação de dosagem de $Al_2(SO_4)_3$ entre os jarros é de 2 mg/L, seguindo a orientação da Tabela recomendada para a ETA Santa Maria de Jetibá (Tabela 2), aproximando a exatidão da dosagem e limitando qualquer conferência de dosagem utilizada no tratamento a um único ensaio de Jar-Test. Os seja, a partir desta observação os ensaios para uma turbidez encontrada em torno de 200 NTU, os jarros do ensaio recebem dosagem de $Al_2(SO_4)_3$ na sequência de 9, 11, 13, 15, 17, 19 mg/L. acelerando o procedimento e a alteração das dosagens de $Al_2(SO_4)_3$.

Com a implantação dessa fórmula no Excel, tornou-se possível realizar a verificação automática da melhor dosagem média recomendada a partir da inserção do valor de turbidez obtido na análise de bancada. Ao informar o valor na célula localizada imediatamente abaixo da identificação "TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA EM NTU", o sistema fornece instantaneamente, na célula correspondente abaixo da inscrição "DOSAGEM MAIS PRÓXIMA DA RECOMENDADA PARA FLOCULAÇÃO COM $Al_2(SO_4)_3$ EM mg/L", a dosagem média mais adequada com base no histórico operacional da estação. Dessa forma, para qualquer valor de turbidez inserido, é possível obter rapidamente uma referência confiável de dosagem para a realização do ensaio de floculação (Jar-Test), proporcionando maior agilidade na operação, padronização dos procedimentos e otimização do processo de clarificação da água.

A utilização do Conversor de Dosagem de Coagulante e da Tabela a Dosagem facilitou a alteração de dosagem de coagulante ficando mais precisa, e isto refletiu no índice de qualidade da água distribuída no ano anterior (2012), no mesmo período o Índice de Qualidade de Água - I.Q.A era de 97,5% e neste primeiro ano de utilização desta técnica (2013), com uso da tabela e o conversor de dosagem apresentou um I.Q.A de 99% em 2014. E mesmo com a reforma e ampliação da ETA Santa Maria de Jetibá em andamento, e os período de escassez hídrica de 2014 a 2017, o IQA se mostrou-se acima do que em anos anteriores ao início da utilização das ferramentas apresentadas neste trabalho.

Tabela 3 – Índice de Qualidade de Água – IQA

E.T.A.	***Ano***	***Índice De Qualidade De Água – IQA***
Santa Maria de Jetibá	2011	97,1
	2012	97,3
	2013	97,5
	2014	99,0
	2015	98,7
	2016	98,8

Fonte: Elaborado a partir de dados das análises de indicadores de qualidade de água produzida http://www.indicadores.sistemas.cesan.com.br/valorindicador/valorindicador_consultar.php?acao=mostra_consulta

Outros resultados apresentados:

- Melhora na exatidão da dosagem de $Al_2(SO_4)_3$, nos ensaios de floculação (Jar-Test);
- Facilidade e agilidade na alteração de dosagens mais apropriadas de $Al_2(SO_4)_3$ pela alteração de turbidez encontrada nas análises;
- Economia de $Al_2(SO_4)_3$;
- Diminuição das horas de paralização do tratamento de água devido a turbidez elevada ou acima de 500 700 NTU;
- Possibilidade de colaborar com a automação de dosagens do $Al_2(SO_4)_3$.

Dificuldades encontradas para a implantação do projeto foram:

- Compilação de todos os dados para confeccionar a nova tabela de dosagem;
- Aceitação do uso da nova tabela como norteador e não como verdade absoluta para uso do coagulante (Al2(SO4)3);
- Utilização e registro sistemático dos ensaios de floculação (Jar-Test) realizados para verificação da eficácia da tabela ou reformulação caso fosse necessário.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

É importante ressaltar que este procedimento de compilação dos dados dos ensaios de floculação (Jar-Test) e confecção de tabelas que promovam o melhoramento na exatidão das dosagens de $Al_2(SO_4)_3$, tem a capacidade de ser instituído em todas as Estações de Tratamento de Água (ETA), com o intuito de familiarizar os envolvidos no processo de tratamento, além de não ocorrerem instabilidades de qualidade durante processo de tratamento de água potável para consumo humano.

O reconhecimento das características naturais da água do manancial submetida ao processo de tratamento contribui significativamente para a otimização de todas as etapas do tratamento da água bruta, além de subsidiar a elaboração de tabelas que demonstrem, de forma mais precisa, a real necessidade de utilização e as quantidades adequadas de $Al_2(SO_4)_3$.

Conclui-se que a valorização dos ensaios de Jar-Test é fundamental para a eficiência e a segurança dos processos de tratamento de água, uma vez que essa ferramenta se mostra indispensável para a definição e validação das dosagens de coagulantes aplicadas nas diferentes condições operacionais. Além disso, os ensaios possibilitam maior confiabilidade técnica na elaboração de tabelas de equivalência de coagulantes, promovendo maior precisão no controle do processo.

Esta técnica pode ser por meio de estudos mais aprofundados e dados mais robustos, aplicada para diferentes coagulantes de acordo com as particularidades de cada Estação de Tratamento de Água - ETA e as características naturais de do manancial que abastece esta estação. Otimizando as alterações de dosagem, promovendo maior estabilidade no processo e mantendo a qualidade da água tratada produzida.

Além disso, destaca-se a possibilidade de integrar essa técnica operacional às tecnologias de automação já utilizadas nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), bem como fomentar o desenvolvimento de sistemas de automação específicos para essa finalidade.

Como sugestão, recomenda-se buscar sempre informações relevantes quanto à mudança das características da água no decorrer das estações do ano. Testar os resultados dos ensaios Jar-Test juntamente com o valor declarado na tabela de dosagem de $Al_2(SO_4)_3$. Utilizar este modelo para validação de ensaios em outras ETAS e se possível fazer parte de um programa de informatização das ETAS, além de validar a importância da execução dos ensaios de Jar – Test.

Finalizando o presente trabalho demonstrou que a utilização de do histórico dos ensaios de floculação (Jar Test), possui relevante aplicabilidade no contexto operacional na otimização das dosagens de coagulante nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Destaca-se positivamente a aplicação em escala real e a utilidade das ferramentas desenvolvidas, como a tabela de dosagem, a equação proposta e o conversor de dosagem. Mostrou-se ainda relevante na elevação da qualidade de água distribuída (IQA), e na continuidade do tratamento de água em casos de turbidez elevada em situações severas. Podendo ainda ser aperfeiçoado e viabilizado para o controle automatizado de dosagens de coagulantes em Estações de Tratamento de Água (ETA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Apostila de Operação de Estação de Tratamento de Água; Módulo Análises Físico/Químicas do Curso de Operação de ETA (2013).

2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2ª edição. 2º volume. São Carlos: RiMa, 2005.

4-FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. Manual Prático de Análise de Água. 2. Ed. rev. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006.

5. Índice de Qualidade de água das Unidades da CESAN (IQA) http://www.indicadores.sistemas.cesan.com.br/valorindicador/valorindicador_consultar.php?acao=mostra_consulta . Acessado em 10/07/2013.

6. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. 233 f. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 2001.

7. SANTOS, G. R. Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

8. WESTPHAL VERANI, L. H., DIAS, W., HICKEL, R., Teste dos Jarros, em: Química. Tecnológica Geral B (mimeografado), ENQ/UFSC, 1982.

9. ESPÍRITO SANTO. Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). *Santa Maria de Jetibá*. Vitória: GEOBASES, [2017]. Disponível em: https://one.s3.es.gov.br/pr-geobases-public/DIVISAO_ADMINISTRATIVA_ES/Santa_Maria_de_Jetiba.pdf. Acesso em: 25 jul. 2026.