ESTUDO DA VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO *IN LOCO* NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA SABESP DO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ DO PARAITINGA

Felipe Gomes dos Santos
Técnico em química, discente em processos gerenciais pela UNIVESP e física pela Universidade Cruzeiro do Sul, atua como técnico em sistemas de saneamento na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP desde 2018, com foco em gestão ambiental e operações em estações de tratamento de água.

Endereço: Rua Anísio Martins do Prado, 15 – Jardim Maria Amélia - Jacareí – São Paulo - CEP: 12318-630 - Brasil - Tel: +55 (12) 98200-0003 - e-mail: santosfg@sabesp.com.br.

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar a viabilidade da implantação de sistema de geração de hipoclorito de sódio na estação de tratamento de água da SABESP do município de São Luiz do Paraitinga, com a finalidade de otimizar o processo em relação a custos, acessibilidade com matéria prima e segurança. O gerador de hipoclorito de sódio utilizado foi cedido pela empresa DiFiltro. Foi observado que é viável em termos financeiros, tendo uma economia média de aproximadamente 80% em relação à utilização de hipoclorito de sódio 12%, além de conservação de equipamentos pelo fato de o produto químico possuir uma concentração de Cl^- menor em relação ao hipoclorito de sódio a ser substituído (0,7% e 12% respectivamente), o que também indica uma melhora na segurança do manuseio do produto. A partir dos dados obtidos é possível projetar outras utilizações como transporte para outras estações de pequeno porte, reduzindo ainda mais o custo de produção de água da empresa como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: ETA, hipoclorito de sódio, geração *in loco*

INTRODUÇÃO

Estações de tratamento de água (ETA) são instalações que tem por objetivo captar água de mananciais e torná-la potável para a população de uma determinada região.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) do município de São Luiz do Paraitinga opera com uma vazão média de 27 L/s durante 16 horas/dia. A ETA conta com sistemas de: caixa de areia (para retenção de particulados maiores provenientes da captação), três câmaras de floculação em série, dois decantadores e quatro filtros.

São utilizados sulfato de alumínio ferroso (coagulante), carbonato de sódio (barrilha como alcalinizante), hipoclorito de sódio 12% (desinfecção) e ácido fluossilícico (fluoretação). Utiliza-se também como auxiliar de floculação polímero não iônico.

A aplicação de hipoclorito de sódio acontece em duas etapas do tratamento: na parte inicial da câmara de floculação (cloro "pré") e após os filtros, na caixa de mistura (cloro pós). A vazão de aplicação do cloro na fase pré-tratamento, de maneira geral, é diretamente proporcional a duas outras variáveis de processo: vazão e turbidez (água "bruta").
A necessidade de desinfecção da água passou a ser efetiva já em meados do século passado. A aplicação de cloro na água para consumo humano destaca-se principalmente pela eficiência biocida além de ter custo relativamente mais baixo se comparado a outros métodos, como ozônio ou ultravioleta.

A produção de hipoclorito de sódio a partir de água salobra dá-se por processo eletroquímico, onde a solução com determinada concentração de cloreto de sódio passa por um reator, contendo uma haste de metal ligados em polos positivos (catodo) e polos negativos (anodo) para a eletrólise do cloreto de sódio, mostrado na equação abaixo:

$$NaCl + H_2O \rightarrow NaClO + H_2$$
$$2Cl^- \rightarrow Cl2 + 2e^-$$
$$2Na+ + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2NaOH + H_2$$
$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaClO + NaCl + H_2O$$

A principal vantagem da geração de hipoclorito no local de seu uso dá-se pela facilidade do manuseio do cloreto de sódio em relação ao hipoclorito, principalmente por ser menos nocivo.

OBJETIVO

Implantar geração de hipoclorito in loco para performance da qualidade e economia do processo de tratamento de água, visando a redução de custo de processo, manutenção de equipamentos, qualidade e segurança, substituindo o uso de hipoclorito de sódio 12%.

METODOLOGIA

A geração local de hipoclorito de sódio ocorrerá e será ajustada, portanto, baseado nas necessidades das etapas do tratamento citadas acima.

O teste da geração de hipoclorito de sódio foi iniciado em dezembro de 2023, com duração até maio de 2024. O equipamento de geração de hipoclorito de sódio é fornecido pela empresa DIFILTRO, modelo DGHS12K.

Após a implantação do gerador de hipoclorito de sódio a Estação de Tratamento de Água passou por alterações em sua dosagem do desinfetante na fase pré-tratamento e pós-tratamento.

A quantidade produzida por dia foi baseada apenas na quantidade utilizada, uma vez que o excedente é armazenado em tanque para o caso de utilização em eventuais situações ou necessidade da parada do funcionamento do equipamento.

Foi então criado uma planilha para acompanhamento dos dados, registrando volume do produto químico utilizado na fase pré-tratamento e pós-tratamento, assim como o total diário, registrado também o consumo de cloreto de sódio utilizado por dia. Juntamente com o registro do volume de hipoclorito de sódio utilizado por dia, foi também registrado os valores médios obtidos em análises diárias de cloro residual livre em ambas as situações.

Os valores foram registrados do período de 14 de dezembro de 2023 até 14 de maio de 2024, período este em que o equipamento permaneceu em operação ininterruptamente, com pausas periódicas apenas para manutenção preventiva do mesmo.

A partir destes valores, foram registrados também o volume de água captada diária para fins de cálculos proporcionais de: quantidade de quilograma de cloreto de sódio por cada metro cúbico de água captada; quantidade de litros de hipoclorito utilizados por dia e a quantidade, em litros, de hipoclorito de sódio utilizados por metro cúbico de água captada e o valor gasto para a desinfecção da água por dia (expresso na moeda corrente do país, ou seja, Real).

Os dados obtidos foram então comparados com os dados do mesmo período do ano anterior, considerando o volume de água captada do período e a quantidade de hipoclorito de sódio 12% utilizado. A comparação “por metro cúbico de água captada” faz-se importante, uma vez que o volume captado na ETA não é fixo, podendo variar em dias, semanas e meses. Deste modo, procurou-se manter a quantidade de “kg/m³” de ambos os períodos para comparação final.

RESULTADOS OBTIDOS

Com a geração de hipoclorito de sódio 0,7% *in loco* (densidade entre 1,000 g/L e 1,005 g/L), no primeiro mês (período de 30 dias), o consumo foi de aproximadamente 28793 litros (valor obtido a partir da média de dosagem do produto químico, por hora, multiplicado pela quantidade de horas da estação em operação) para um volume de água captada de 54455 m³, havendo picos de dosagem por conta dos ajustes necessários para a adaptação do equipamento e dos operadores.

A partir do segundo mês, a dosagem de salmoura se estabilizou num valor ideal de 2,64 litros para cada 100 litros de hipoclorito de sódio produzido *in loco*.

No segundo mês (período de 30 dias) o consumo foi de aproximadamente 28269 litros para um volume de água captada de 56463 m³.

No terceiro mês (período de 30 dias) o consumo foi de aproximadamente 28246 litros para um volume de água captada de 54895 m³.

A partir do 3º mês (período de dos últimos 90 dias) o consumo foi de 38982 litros para um volume de água captada de 154533 m³. Os valores de consumo foram calculados com base no volume dosado por hora, multiplicado pela quantidade de horas que a ETA manteve em operação.

As dosagens sofreram pequenas alterações durante os períodos devido à oscilação da turbidez da água captada.

Não houve relato de anomalias de cloro residual livre no período, seja para mais ou para menos, durante estes dias, ou seja, respeitando os parâmetros de qualidade determinados pela Portaria GM/MS nº888/2021.

1º mês:

- Saturação de NaCl em água a 20°C: 360 g/L;
- Para produção de 100 L/hora (conforme estabelecido pela empresa) foram utilizados 6,6 L/hora;

Deste modo, temos:

360 g/L x 6,6 L = 2,376 kg para cada 100 litros de hipoclorito de sódio (hora)
28793 litros = 684,12 kg de cloreto de sódio.

2º mês:

- Para produção de 100 L/hora, utilizados 2,64 L/hora de solução de salmoura;

Deste modo, temos:

360 g/L x 2,64 L = 0,950 kg para cada 100 litros de hipoclorito de sódio (hora)
28269 litros = 268,7 kg de cloreto de sódio.

3º mês:

- Para produção de 100 L/hora, utilizados 2,64 L/hora de solução de salmoura;

Deste modo, temos:

360 g/L x 2,64 L = 0,950 kg para cada 100 litros de hipoclorito de sódio (hora)
28246 litros = 268,3 kg de cloreto de sódio.

Últimos 90 dias:

- Para produção de 100 L/hora, utilizados 2,64 L/hora de solução de salmoura;

Deste modo, temos:

360 g/L x 2,64 L = 0,950 kg para cada 100 litros de hipoclorito de sódio (hora)
28246 litros = 268,3 kg de cloreto de sódio.

Consumo e valor de sal no período de 90 dias (fev/24 a mai/24):
Sal grosso: R$ 2,17/kg
509,37 kg x 2,17 = R$ 1105,34

Consumo de hipoclorito de sódio a granel em 90 dias (fev/23 a mai/23):
Custo do hipoclorito de sódio no período: R$ 2,14/kg
4811 kg x 2,14 = R$ 10295,54

Diferença Sal x Hipoclorito de sódio 12%:
Em 90 dias, o volume de água captada foi de 154533 m³, portanto:

Sal grosso: R$ 0,007*/ m³
Hipoclorito de sódio: R$ 0,10/m³
Diferença: R$0,09/m³

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

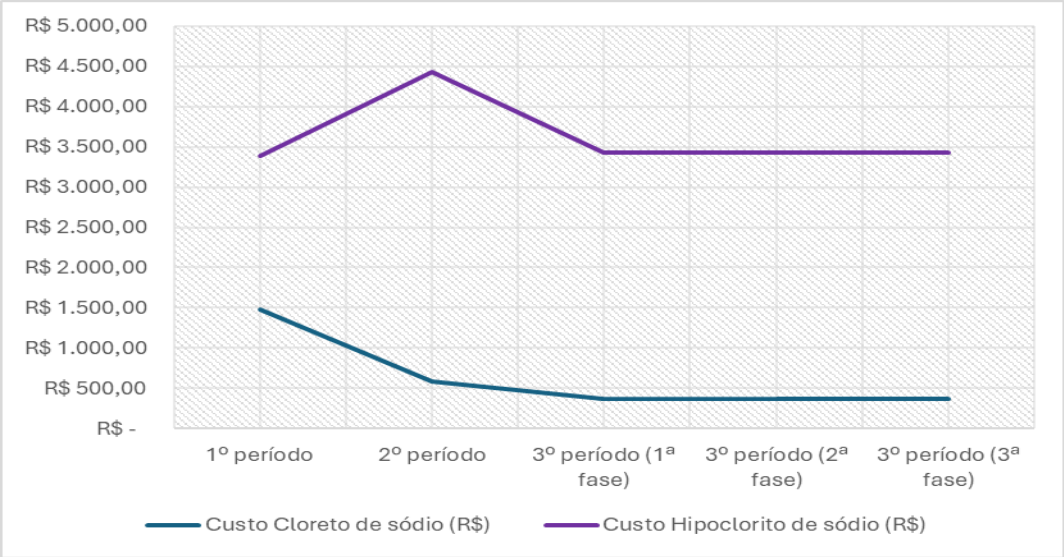
Como observado, o volume usado de hipoclorito de sódio gerado na ETA foi maior devido sua baixa concentração (0,7% segundo fabricante do equipamento) em relação ao hipoclorito de sódio à granel que era recebido na estação (12%). Contudo, o produto se mostrou viável com relação ao seu custo pelo insumo, mostrado na tabela abaixo:

Tabela 1 – Comparação entre custo de consumo de hipoclorito de sódio gerado (NaCl) e hipoclorito de sódio 12% (NaOCl)

Períodos	Consumo de NaCl (kg)	Custo NaCl (R$)	Consumo de NaOCl (kg)	Custo NaOCl (R$)	Redução de custo (R$)
1º período	684,12	1.484,54	1.581,25	3.383,88	1.899,33
2º período	268,45	582,54	207,20	4.434,08	3.851,54
3º período	509,37	1105,33	481,10	10.295,54	9.190,21
Total (150 dias)	1461,94	3.172,41	8.464,25	18.113,50	14.941,09

Fonte: Própria

Figura 1 – Custos de hipoclorito de sódio gerado *in loco* (NaCl) e hipoclorito de sódio 12% (NaOCl)



Fonte: Própria.

Uma vez que o equipamento produz hipoclorito de sódio dentro das instalações da ETA, há sim consumo de energia elétrica, porém, seu valor foi desconsiderado para fins de cálculo uma vez que, na comparação de três meses do mesmo período dos anos de 2023 e 2024, o valor não se mostrou alterado, como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 2 – Comparação e relação de consumo energético por metro cúbico de água captada no mesmo período de 2023 e 2024

Período	Consumo ETA São Luiz do Paraitinga (kWh/mês)	Volume Captado no período (m³/mês)	kWh/m³
jan/23	15.459	43465	0,36
jan/24	17.485	53964	0,32
fev/23	13.593	41885	0,32
fev/24	19.818	55394	0,36
mar/23	12.609	44129	0,29
mar/24	17.940	51523	0,35

Fonte: Própria.

Outros pontos considerados foram a logística e segurança da operação. Para a logística, o hipoclorito de sódio comprado à granel era recebido na ETA em média duas vezes a cada 30 dias, acarretando este valor de transporte ao contrato de prestação de serviço para a entrega do produto químico no local, ao passo que, em 150 dias de operação do gerador de hipoclorito de sódio na ETA, houveram apenas duas entregas de insumo, o que indica uma redução no custo de logística.

Vale ressaltar que, após a fase de teste, a ETA poderá armazenar até quantidades maiores de cloreto de sódio no local (uma vez que, como produto sólido não possui necessidade de dique de contenção e por se tratar de uma substância não nociva).

Como quesito segurança, pode ser destacado a diminuição do risco a integridade do operador local uma vez que a concentração do produto químico produzido é de 0,7%, enquanto o outro anterior é de 12%. No caso de derramamentos ou contaminação, seu risco é tendenciosamente menor (porém, não há anulação total do risco).

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A implantação da geração *in loco* de hipoclorito de sódio na ETA de São Luiz do Paraitinga se mostrou eficiente nos períodos analisados, não havendo ressalvas quanto à manutenção ou problemas com parâmetros fora, nem anomalia registradas pela vigilância sanitária do município, muito menos pelo controle sanitário da SABESP, que colhe amostras periodicamente em diversos pontos da rede distribuidora de água no município e também amostras de água na saída da ETA.

Considerando também a economia de quase R$15.000,00 em 150 dias, não havendo redução da economia no período analisado, pode se observar a viabilidade financeira também do equipamento.

A partir dos dados obtidos, é possível inferir que a viabilidade da implantação de um sistema de geração de hipoclorito dentro de uma Estação de Tratamento de Agua torna-se totalmente viável, por diversos fatores, principalmente pela economia financeira no custo final do produto.

Vale ressaltar que, como a geração de hipoclorito é maior que o uso na estação, pode ser estudado também a viabilidade de transporte para sistemas menores, o que poderá acarretar à empresa uma redução maior ainda do gasto com o insumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. Apendice E. Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes, 2021

2. CETESB: Operação e manutenção de ETA, v.02, São Paulo, 1973

3. LEITE, Nelri Ferreira; GONÇALVES, Carlos Cabral. SISTEMA DE CLORAÇÃO DE ANGRA I: HIPOCLORITO DE SÓDIO GERADO A PARTIR DA ÁGUA DO MAR, UMA NOVA REALIDADE. **SISTEMA DE CLORAÇÃO DE ANGRA I**: HIPOCLORITO DE SÓDIO GERADO A PARTIR DA ÁGUA DO MAR, UMA NOVA REALIDADE.

4. LUCCA, Lourenço. Controle de qualidade do hipoclorito de sódio no processo de produção. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Curso de Química - UFSG, 2006.

5. MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Ministério da saúde. Portaria MS. **Portaria MS n.º 888/2021**

6. VON SPERLING, Marcos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995**.**