

PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO POR FLOCO DECANTAÇÃO COM USO DE COAGULANTES QUÍMICOS E NATURAIS

Cristian Fabiano de Sá Rodrigues

Graduado em Gestão Ambiental pela Universidade Norte do Paraná, Técnico em Química pelo Instituto Educacional Belo Horizonte. Desde 2014, atua na gestão técnica e operacional das Estações de Tratamento de Esgoto operadas pela Copasa na região de abrangência da Gerência Regional Curvelo.

Aldair Martins Veiga

Técnico em Química pelo Instituto Educacional Belo Horizonte. Desde 2020, atua na gestão técnica e operacional das Estações de Tratamento de Esgoto operadas pela Copasa na região de abrangência da Gerência Regional Curvelo.

Douglas da Silva Santos

Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade Santo Agostinho – FASA, Montes Claros/MG (2021). Atualmente, exerce o cargo de Assistente Administrativo na Companhia de Saneamento de Minas Geras (Copasa).

Endereço: Avenida Antônio Olinto, 297 – Bairro Centro – Curvelo – Minas Gerais – CEP: 35790-001 – Brasil – Tel.: (38) 3729-4044 – e-mail: cristian.rodrigues@copasa.com.br

RESUMO

Este artigo descreve um projeto pioneiro e inovador de pós-tratamento de esgoto por floco decantação com uso de coagulantes químicos e naturais na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade de Curvelo, Minas Gerais, Brasil. O objetivo principal do projeto foi melhorar a qualidade do efluente tratado, atendendo a condicionantes ambientais para licenciamento e melhorando a imagem da companhia perante a população e poder concedente. A metodologia envolveu testes de modelos de tratamento, interação com os envolvidos, benchmarking, consulta à bibliografia sanitária e seguimento das diretrizes estabelecidas pela DN COPAM 01/2008. Os resultados obtidos mostraram uma eficiência significativa na remoção de DBO e DQO, bem como na redução da turbidez, não apenas em Curvelo, mas também em outras cidades onde o projeto foi replicado.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, Pós-tratamento por floco decantação, Coagulantes químicos e naturais, Eficiência do tratamento, Qualidade do efluente.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto desempenha um papel fundamental na promoção da saúde pública, na preservação do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável das cidades. Sua importância se reflete em diversos aspectos, dos quais destacamos os seguintes:

Proteção da Saúde Pública: O tratamento adequado do esgoto reduz significativamente o risco de disseminação de doenças transmitidas pela água, como cólera, febre tifoide, hepatite e outras infecções gastrointestinais. Ao remover microrganismos patogênicos e poluentes do esgoto, evita-se a contaminação de corpos d'água e o consequente comprometimento da qualidade da água potável.

Preservação do Meio Ambiente: O esgoto não tratado é uma fonte significativa de poluição ambiental. Ele contém uma variedade de substâncias tóxicas, como metais pesados, produtos químicos e nutrientes em excesso, que podem causar danos aos ecossistemas aquáticos, afetando a vida selvagem e a biodiversidade. O tratamento adequado do esgoto minimiza esses impactos negativos, protegendo os recursos hídricos e os habitats naturais.

Melhoria da Qualidade de Vida: O acesso a serviços de saneamento básico, incluindo o tratamento de esgoto, está diretamente relacionado à qualidade de vida das comunidades urbanas. Ao garantir a

disponibilidade de água limpa e segura para consumo humano, reduz-se a incidência de doenças e melhora-se as condições de higiene e bem-estar da população.

Desenvolvimento Econômico: O tratamento de esgoto é essencial para o desenvolvimento econômico sustentável das cidades. Ele promove a valorização dos imóveis, atrai investimentos e estimula o turismo, ao criar ambientes urbanos mais saudáveis e agradáveis. Além disso, o reúso de água tratada para fins não potáveis, como irrigação agrícola e uso industrial, contribui para a conservação dos recursos hídricos e a redução dos custos operacionais.

Atendimento a Legislação Ambiental: O tratamento de esgoto é uma exigência legal em muitos países, estabelecida para proteger o meio ambiente e garantir a saúde pública. O não cumprimento das normas ambientais pode resultar em penalidades legais e danos à reputação das organizações responsáveis pelo tratamento do esgoto.

Nos dias atuais o tratamento de esgoto é uma prioridade para as cidades, pois contribui para a promoção da saúde, a proteção do meio ambiente, o desenvolvimento socioeconômico e o cumprimento das legislações ambientais. Investir em infraestrutura de saneamento básico, incluindo o tratamento eficiente do esgoto, é essencial para construir comunidades resilientes e sustentáveis para as gerações futuras.

Diante dos desafios enfrentados pela Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Curvelo, em Minas Gerais, que envolviam questionamentos do poder concedente, órgãos fiscalizadores e reguladores, bem como críticas aos serviços de tratamento de esgoto, tornou-se evidente a necessidade urgente de aprimorar a eficiência do tratamento de esgoto na região.

Para renovar a licença ambiental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Curvelo, era necessário aumentar a eficiência do tratamento do efluente final. O método utilizado até então não atendia a esse requisito. Além disso, era essencial melhorar o aspecto visual do efluente tratado para evitar o desgaste da imagem da companhia perante a população.

Após meses de testes com métodos convencionais, para solucionar os problemas relacionados ao tratamento de esgoto, os resultados obtidos não foram satisfatórios. Surgiu então a questão: "Quem sabe simplificar o processo não seria a solução?". Após testes realizados por técnicos químicos na ETE, identificou-se a viabilidade de adotar um tratamento do efluente final semelhante ao processo de tratamento de água, utilizando precipitação química. "Os coagulantes precipitam os sólidos em suspensão não sedimentáveis e parte dos colóides sob a forma de flocos, provocando assim sua sedimentação" (IMHOFF, 1937). O objetivo era melhorar a eficiência do pós-tratamento e o aspecto do efluente lançado no corpo receptor.

Dessa forma, por meio de uma solução simples e de um processo amplamente conhecido na Copasa, os problemas enfrentados foram resolvidos. Além disso, o modelo demonstrou ser altamente replicável, sendo indicado para outras unidades da companhia que enfrentavam desafios semelhantes.

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é relatar o projeto de implementação do sistema de pós-tratamento de esgoto na ETE de Curvelo, detalhando a metodologia utilizada, os resultados obtidos e sua análise, além de discutir as conclusões e recomendações decorrentes do projeto.

METODOLOGIA UTILIZADA

Anteriormente a ETE Curvelo era composta por tratamento preliminar, reatores UASB, filtros biológicos percoladores seguidos de decantadores secundários.

O processo de implementação do Pós-Tratamento envolveu as seguintes etapas:

Testes de Modelos de Tratamento: Avaliação de diferentes métodos de tratamento para identificar a abordagem mais eficaz. Foram conduzidos testes com modelos já utilizados, permitindo avaliar a eficácia desses métodos em relação aos problemas enfrentados.

Interação com os Envolvidos: Reuniões com operadores, técnicos e engenheiros para entender os desafios específicos enfrentados pelas equipes nas ETEs. Essa interação permitiu identificar oportunidades de melhoria e ajustes necessários.

Benchmarking e Pesquisas: Consultas com fornecedores de produtos químicos utilizados no saneamento e revisão da literatura especializada. Essa pesquisa contribuiu para embasar as decisões tomadas durante o projeto

Implementação do Processo: Elaboração de projeto para construção de flocladores, seguido de lagoa/decantador em geomembrana, com instalação de sistema de dosagem de coagulantes na entrada do floclador e monitoramento contínuo. O sistema foi projetado para realizar o processo de precipitação química (dosagem > coagulação > floclação > decantação).

Definição da Dosagem por Meio de Testes em Laboratório: Foram testados vários tipos de coagulantes, na linha química o que apresentou a melhor performance foi o Sulfato de Alumínio, já na linha natural, o Tanfloc apresentou a melhor performance.

Durante o período de 12 meses foram testados os 02 coagulantes, nos 06 primeiros meses foi aplicado o Sulfato de Alumínio, com um consumo de 90.000 litros e um custo final de R\$ 108.000,00. Já nos 06 últimos meses foi aplicado o coagulante Tanfloc, com um consumo total de 31.104 litros a um custo final de R\$ 103.265,00.

Figura 1: Imagens construção de lagoa/decantadores.



Figura 2: Vista Aérea Ampla ETE Curvelo.



Para o acompanhamento do processo de precipitação química o operador é responsável pela verificação da reação do coagulante, a formação de flocos e a sedimentação na lagoa/decantador. São realizadas periodicamente coletas e análises nos floculadores e lagoas/decantadores. Essas análises são padronizadas e tem o objetivo de monitorar todo o processo, desde a dosagem até a saída do efluente final da lagoa/decantador. Além disso são efetuados registros diários dos resultados e lançamentos no sistema, garantindo o controle e qualidade do processo.

O lodo acumulado no processo é removido regularmente e destinado aos leitos de secagem. O parâmetro que determina a necessidade de remoção ou descarte do lodo nos floculadores e lagoas/decantadores são os sólidos sedimentáveis. Realizam-se coletas na última câmara do floculador e na saída das lagoas/decantadores. Sempre que os resultados estiverem acima de 1,0 ml/L, são planejados e executados os descartes. O volume a ser removido depende das dimensões do floculador e da lagoa/decantador. Geralmente os descartes do floculador ocorrem a cada 15 dias, já os descartes da lagoa/decantador ocorrem a cada 21 dias.

Para o dimensionamento dos floculadores e lagoas/decantadores foi utilizado um aplicativo disponibilizado na Copasa. À medida que os dados dos projetos são inseridos, o próprio aplicativo vai apresentando as dimensões de cada item. Ressaltando que para os dados do floculador, os valores de referência de velocidade entre os gradientes e o tempo de detenção devem obrigatoriamente ser respeitados. Já para os decantadores deve-se observar o limite da velocidade de sedimentação (2,43 cm/m³). Conforme exemplo do dimensionamento feito para a Estação de Tratamento de Esgoto de Januária no Norte de Minas Gerais.

Tabela 1: Dimensionamento floculadores

ROTEIRO PARA CÁLCULO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS EM ETE						
FLOCULADOR HIDRÁULICO VÁRIAS SÉRIES						
MODELOS ALABAMA OU CHICANAS						
VAZÃO DO FLOCULADOR (l/s) =	70,0	TEMPERATURA ÁGUA °C =	29			
CARACTERÍSTICAS DAS SÉRIES :						
		1ª SÉRIE	2ª SÉRIE	3ª SÉRIE	4ª SÉRIE	
VOLUME DAS CÂMARAS (m ³) =		2,9	4,9	6,8	6,8	PREENCHER OS CAMPOS AO LADO DE ACORDO COM AS MEDIÇÕES EXECUTADAS NA ETE
NÚMERO DE CÂMARAS (un) =		4,0	4,0	6,0	6,0	
ÁREA DA PASSAGEM (m ²) =		0,303	0,423	0,563	0,723	
DIMENSÕES DAS PASSAGENS (m) QUADRADA = CIRCULAR =		0,55 x 0,55 0,621	0,65 x 0,65 0,734	0,75 x 0,75 0,846	0,85 x 0,85 0,959	
CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DO FLOCULADOR						
		1ª SÉRIE	2ª SÉRIE	3ª SÉRIE	4ª SÉRIE	
PERDA DE CARGA NA PASSAGEM (m) =		0,006	0,003	0,002	0,001	TOTAL
PERDA DE CARGA NA SÉRIE (m) =		0,025	0,013	0,011	0,007	0,056
TEMPO DE DETENÇÃO (seg.) =		167,1	278,6	585,0	585,0	1615,7
GRADIENTE DE VELOCIDADE (seg. ⁻¹) =		38,4	21,3	13,5	10,5	VALORES DE REFERÊNCIA
VELOC. ESGOTO NA PASSAGEM (m/s) =		0,231	0,165	0,124	0,097	G: 70 A 10 S ⁻¹
GRADIENTE NA PASSAGEM (seg. ⁻¹) =		16,9	9,4	5,7	3,7	TEMPO DET. 20 A 30 MIN.

Tabela 2: Dimensionamento Lagoa/decantador

ROTEIRO PARA CÁLCULO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS EM ETE		
DECANTADOR CONVENCIONAL TIPO PISCINA		
VAZÃO DO DECANTADOR (l/s) =	<input type="text" value="70,0"/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 10px;"> PREENCHER OS CAMPOS AO LADO DE ACORDO COM AS MEDIÇÕES EXECUTADAS NA ETE </div> <p>PREENCHER L e C</p> <p>SE PREENCHER L e C, NAO PREENCHER D</p>
LARGURA DO DECANTADOR (m) =	<input type="text" value="30,0"/> L	
COMPRIMENTO DO DECANTADOR (m) =	<input type="text" value="20,0"/> C	
DIÂMETRO DO DECANTADOR (m) =	<input type="text" value=""/>	
PROFUNDIDADE DO DECANTADOR (m) =	<input type="text" value="3,1"/>	
CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DO DECANTADOR		
=	ÁREA SUPERFICIAL (m ²)	<input type="text" value="600,0"/>
=	VOLUME DO DECANTADOR (m ³)	<input type="text" value="1860,0"/>
=	TEMPO DETENÇÃO (horas)	<input type="text" value="7,4"/>
=	TAXA DE OPERAÇÃO (m ³ /m ² .dia)	<input type="text" value="10,1"/>
=	VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO (cm/min)	<input type="text" value="0,70"/>
		LIMITE: 2,43 cm/min.

RESULTADOS OBTIDOS

Este projeto teve como seu piloto a Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Curvelo, sede da GRCV, iniciando os primeiros levantamentos em 2017, e sendo consolidado, implantado e replicado a partir de meados de 2022.

O tratamento do esgoto é realizado com o objetivo de garantir seu polimento e clarificação, antes de serem devolvidas ao meio ambiente, onde ótimos resultados foram alcançados, considerando as metas mínimas de 65% DBO e 55% DQO, de acordo com DN 01/2008 COPAM:

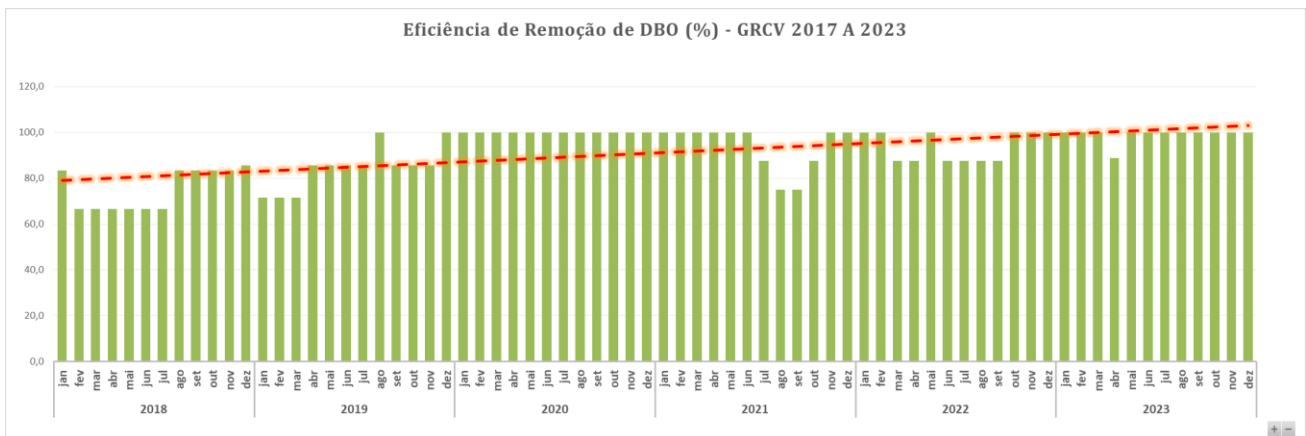
Na Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Curvelo, com a implantação do pós-tratamento, foram alcançados excelentes resultados:

- Eficiência de 94% na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).
- Eficiência de 92% na remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio).
- Turbidez reduzida a apenas 10,0 NTUs (Unidade de Turbidez Nefelométrica)
- Melhoria significativa do aspecto do efluente tratado.

Figura 3: Resultados ETE Curvelo
Fonte: Copasa 2024



Figura 4: Evolução do índice de eficiência de remoção de DBO nas ETES da Gerência Regional Curvelo.
Fonte: Portal de Informações Copasa



DISCURSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados mostra que o sistema de pós-tratamento implementado foi eficaz na melhoria da qualidade do efluente tratado, atendendo às condicionantes ambientais para licenciamento e melhorando a imagem da companhia perante a população. A replicação do projeto em outras cidades evidencia sua viabilidade e eficácia.

Na Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de **Três Marias**, com a implantação do pós-tratamento, foram alcançados excelentes resultados:

- Eficiência de 99% na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).
- Eficiência de 96% na remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio).
- Turbidez reduzida a apenas 2,0 NTUs.

Na cidade de **Martinho Campos**, antes da implantação do projeto, havia apenas um reator UASB (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente), o que tornava a operação desafiadora, especialmente para atender à regulação ambiental vigente.

- Após a instalação do Pós-tratamento, os resultados foram:
- Conseguimos uma eficiência da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).
- Demanda Química de Oxigênio (DQO) superior a 85%.
- Turbidez reduzida a apenas 12,0 NTUs.

Na localidade de **Ibitira**, com a implantação do projeto, os resultados foram:

- O sistema apresenta eficiência na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).
- DQO (Demanda Química de Oxigênio) acima de 95%.
- A turbidez é de apenas 4 NTUs.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o sistema de pós-tratamento por floco decantação utilizando coagulantes químicos e naturais é uma solução inovadora e eficaz para melhorar a qualidade do efluente tratado em estações de tratamento de esgoto. Recomenda-se a continuidade e ampliação do projeto para outras unidades e para outras regiões onde o tratamento de esgoto apresenta desafios semelhantes.

Além dos números e indicadores, a prática gerou vários resultados intangíveis que contribuíram para sanar os problemas relatados. Preservando a imagem da companhia diante do poder concedente, órgãos fiscalizadores e clientes, mitigando riscos de descumprimento de questões ambientais e relacionamento, viabilidade de cumprimento dos parâmetros regulatórios e garantia da licença social de operação, consequentemente fortalecendo os contratos de concessão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COPASA, Intranet – Portal de Informações
2. IMHOFF, Karl. Trad: Max Lothar Hess – Manual de Tratamento de Águas Residuárias. 21ª ed. ano 1966: Editora Edgard Blucher Ltda
3. NUNES, Jose Alves- Tratamento Físico-Químico de Água Residuárias Industriais. 1ª ed. ano 2019: Editora Chiado
4. NUVULARI, Ariovaldo. Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. 2 ed. rev. e ampliada: Editora Edgard Blucher Ltda
5. RANGEL, Renato N. – Práticas de Físico-Química: 3ª ed. revisada, ano
6. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996