



## II-034 – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO NA CORRENTE LÍQUIDA DE ESTAÇÃO ANAERÓBIA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

**Cinthia Monteiro Hartmann<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheira Civil da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Fernanda Armelinda Cardoso**

Química Ambiental voltada à Indústria pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Bióloga pela Universidade Tuiuti do Paraná (UTP). Assistente da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Giancarlo Lupatini**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), área de concentração em Tecnologias de Saneamento Ambiental. Engenheiro Civil da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Clarissa Oliveira Dias**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Estagiária na Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Cleverson Vítório Andreoli**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências do Solo e Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento (Universidade Federal do Paraná). Professor da UniFAE – Centro Universitário. Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Engenheiros Rebouças, n.º 1376 - Rebouças - Curitiba - Paraná - CEP: 80.215-900 - Brasil - Tel: +55 (41) 3330-3156 - Fax: +55 (41) 3333-9952 - e-mail: [cinthiamh@sanepar.com.br](mailto:cinthiamh@sanepar.com.br)

### RESUMO

O tratamento de esgoto por processo anaeróbico gera uma série de compostos odoríferos como gás sulfídrico, mercaptanas, amônia, aminas com baixo peso molecular, indol, escatol, ácidos graxos voláteis, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres, sendo o gás sulfídrico a principal causa de maus odores, tornando as instalações de tratamento de esgoto indesejadas pela população do entorno.

Recentemente, as empresas de saneamento vêm investindo em pesquisas para a resolução ou amenização deste problema, não somente pelo sentido desagradável do odor, mas principalmente pela alta toxicidade apresentada por compostos como o gás sulfídrico.

Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar alternativas para a redução da concentração de sulfeto de hidrogênio em efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico, comparando a eficiência dos seguintes produtos químicos: hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio, dicloroisocianurato de sódio (cloro orgânico), peróxido de hidrogênio, cloreto férrico, óxido férrico e óxido de zinco. Foi estabelecido um percentual mínimo de remoção de sulfeto de hidrogênio de 90% para a comparação da eficiência dos produtos testados. Além da eficiência, considerou-se o custo-benefício do produto.

Os ensaios ocorreram em escala de bancada, sendo utilizadas amostras do efluente da estação de tratamento de esgoto Menino Deus, localizada no município de Quatro Barras, região metropolitana de Curitiba, Paraná. As dosagens testadas foram calculadas a partir do balanço estequiométrico da reação do sulfeto de hidrogênio com cada produto aplicado, exceto as dosagens de cloreto férrico, o qual foi empregado como coagulante.

Conseguiu-se obter o percentual de eficiência de 90% de remoção de sulfeto de hidrogênio com todos os produtos testados, exceto com o óxido férrico e o óxido de zinco.

Considerando a quantidade de produto utilizada necessária para obter a eficiência de 90%, o cloro orgânico foi o produto que mostrou melhores resultados. O cloreto férrico mostrou ser a alternativa de menor custo, porém por ser um precipitante, pode aumentar o teor de sólidos do efluente e a cor aparente, dependendo da quantidade necessária de produto. O segundo menor custo foi obtido para o peróxido de hidrogênio. Os resultados para hipoclorito de cálcio e de sódio mostraram um custo elevado.



**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto Sanitário, Odor, Oxidação de Sulfetos, Sulfeto de Hidrogênio, Tratamento Anaeróbio.

## INTRODUÇÃO

As empresas de saneamento geralmente instalam suas estações de tratamento de esgoto (ETEs) longe dos centros urbanos, porém, com o crescimento desordenado das cidades, a cada dia, mais pessoas passam a residir próximas a estas estações de tratamento, aumentando o número de reclamações quanto ao mau cheiro oriundo dos processos de tratamento adotados.

O homem é capaz de distinguir mais de cinco mil tipos de odores. Odores agradáveis trazem alegria, satisfação e boas recordações, enquanto odores desagradáveis geram desconforto, infelicidade e medo (GASI et al, 1984). A resposta humana aos vários tipos de odores é muito subjetiva, pois a percepção de odores ofensivos para várias concentrações atinge as pessoas de modo diferente (IWA, 2001). Sabe-se que os indivíduos em geral exibem uma grande variação estatística na sensibilidade fisiológica perante aos odores, sendo que algumas pessoas são pelo menos 100, não raro 1.000 vezes, mais sensíveis que outras (RIBEIRO, 2003).

O tratamento de esgoto por processo anaeróbio gera uma série de compostos odoríferos como gás sulfídrico, mercaptanas, amônia, aminas com baixo peso molecular, indol, escatol, ácidos graxos voláteis, alcoóis, aldeídos, cetonas e ésteres (ASCE, 1995; BELLI FILHO et al, 2001). O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico é considerado o principal gerador de maus odores (METCALF, EDDY, 1981; ASCE, 1995).

O sulfeto de hidrogênio no meio líquido, liberado como gás sulfídrico para o meio atmosférico, é formado pela redução química de sulfato a sulfeto e pela dessulfurização de compostos orgânicos contendo enxofre na forma reduzida (proteínas) (METCALF, EDDY, 1981). Segundo RIBEIRO (2003), o gás sulfídrico estará disponível na atmosfera sempre que a produção de sulfetos exceder a absorção de oxigênio na superfície do líquido.

O gás sulfídrico apresenta odor característico de ovo podre e pode ser detectado pelo olfato humano em níveis muito baixos, a partir de 0,0047 ppm (GASI et al, 1984; ASCE, 1995; RIBEIRO, 2003). Além do efeito da percepção do mau odor gerado pelo gás sulfídrico, há também o problema com a exposição da população aos efeitos nocivos à saúde causados por este gás, o qual, dependendo da concentração no ambiente e ao tempo de exposição, pode passar de ofensivo (3 - 10ppm) à agente intoxicante, causando dor de cabeça e enjoos (10 - 50ppm), lacrimejamento dos olhos (50 - 100ppm), conjuntivite, perda do olfato e irritação do sistema respiratório (100 - 300ppm), edema pulmonar (300 - 500ppm), alterações no sistema nervoso central (500 - 1000ppm), e até paralisia respiratória e morte (1000 a 2000ppm) (ASCE apud HVITVED-JACOBSEN; VOLLERTSEN, 2001).

Além do problema da alta toxicidade, o gás sulfídrico é um poderoso corrosivo, atacando materiais com os quais mantém contato. (GASI et al, 1984; ASCE, 1995; RIBEIRO, 2003). Segundo RIBEIRO (2003), o gás sulfídrico entra em contato com a umidade presente em tubulações de esgoto e transforma-se em ácido sulfúrico. METCALF e EDDY (1981), explicam que o sulfeto de hidrogênio também pode dar origem ao ácido sulfúrico através da oxidação biológica. Este ácido tem grande poder de corrosão em estruturas de concreto ou de ferro.

Devido ao desconforto gerado pelos odores liberados pelas ETEs por processo anaeróbio e à preocupação com os efeitos nocivos causados aos operadores destas estações e aos moradores de seu entorno, faz-se necessário buscar alternativas para minimizar o lançamento de gás sulfídrico na atmosfera.

Segundo ALVES et al (2004), uma forma efetiva de redução do odor é a redução do sulfeto dissolvido no líquido através do controle químico. Portanto, o presente trabalho avaliou alternativas para redução de sulfeto de hidrogênio em efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico, levando em consideração a eficiência dos vários produtos testados, assim como o custo para obter tais eficiências.



## MATERIAIS E MÉTODOS

O controle ou minimização de odor em estações de tratamento de esgoto pode ocorrer através da aplicação de produtos químicos oxidantes ou que promovam a precipitação química do sulfeto de hidrogênio.

Selecionou-se, a partir da literatura, alguns destes produtos como: hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, dicloroisocianurato de sódio (cloro orgânico), peróxido de hidrogênio, cloreto férrico, óxido férrico e óxido de zinco.

Calculou-se a quantidade inicial a ser aplicada para neutralização do sulfeto de hidrogênio em meio líquido através do balanço estequiométrico. Inicialmente, fez-se testes para uma prévia seleção destes produtos químicos e os que mostraram qualquer eficiência, passaram para uma 2ª etapa, onde repetiu-se os testes várias vezes e com diversas dosagens para uma maior confiabilidade dos resultados.

Os ensaios foram realizados em escala de bancada, utilizando-se amostras coletadas na canaleta do efluente do reator anaeróbio localizado na ETE Menino Deus, situada no município de Quatro Barras, região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná.

Para os ensaios foi utilizado um *Jar Test* com 6 jarros em acrílico, de base quadrada, com capacidade de 2L cada um, para simular a movimentação do líquido em escala real e para uma melhor homogeneização do efluente com o produto químico aplicado.

Para quantificação do sulfeto total foi utilizado o método azul de metileno, conforme descrito no STANDARD METHODS (2005), e leitura em espectrofotômetro (WTW PhotoLab S12), em comprimento de onda de 664nm, utilizando-se cubeta de vidro com capacidade de 50mm.

Primeiramente, coletou-se 2L de amostra em cada jarro, com o cuidado de agitar o mínimo possível o líquido para não perder quantidades significativas de sulfeto de hidrogênio para o meio atmosférico. Foi feita uma análise quantitativa inicial de sulfeto total na amostra do jarro 1. Enquanto realizava-se esta análise inicial, todos os jarros foram cobertos com filme PVC para diminuir a atmosfera de contato e, portanto, diminuir a troca de gases entre o meio líquido e gasoso.

Após conhecimento da quantidade inicial de sulfeto total presente nas amostras coletadas, sob agitação lenta (20 rpm), aplicou-se no jarro 2 a quantidade estequiométrica do produto químico selecionado para neutralização do sulfeto de hidrogênio. Nos jarros 3, 4, 5 e 6, foram aplicados fatores de multiplicação a partir da dosagem estequiométrica. O jarro 1 não recebeu nenhuma dosagem, permanecendo como testemunha. Agitou-se as amostras durante 10 minutos. Ao término da agitação, coletou-se uma única porção de cada amostra e determinou-se a quantidade de sulfeto total final de cada jarro.

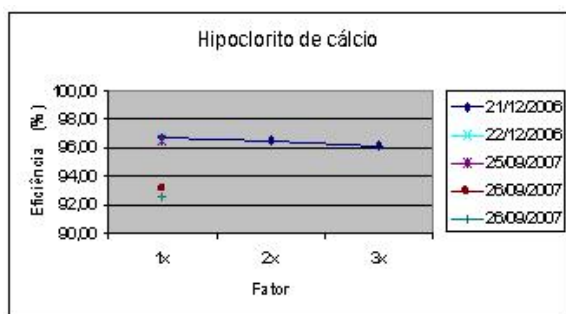
A eficiência da dosagem e do produto testado foram obtidas através da diferença entre a concentração final de sulfeto total de cada jarro e da concentração final presente no jarro 1. O jarro 1 ou testemunha não recebeu qualquer quantidade de produto químico para simular somente a perda de sulfeto de hidrogênio para a atmosfera devido a agitação.

Para os testes com cloreto férrico, o qual foi utilizado como precipitante, o jarro 1 permaneceu como testemunha e os jarros 2, 3, 4, 5 e 6 receberam dosagens crescentes visando uma boa floculação das amostras.

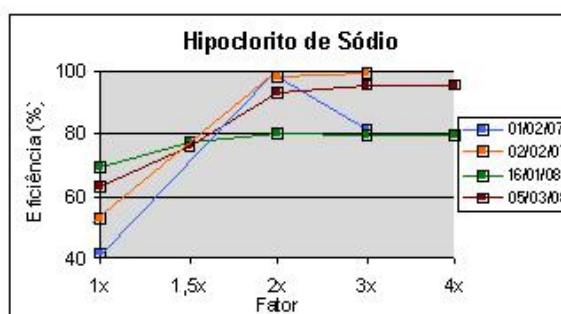
## RESULTADOS

Com a pré-seleção os únicos produtos químicos descartados por não apresentarem qualquer eficiência foram o óxido férrico e o óxido de zinco. Dentre os demais produtos testados, todos apresentaram resultados satisfatórios, alcançando a eficiência de remoção de sulfeto de hidrogênio pré-estabelecida, ou seja, uma remoção mínima de 90%.

As figuras 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam a eficiência (%) conforme as dosagens ou fatores de multiplicação estequiométrico aplicados.



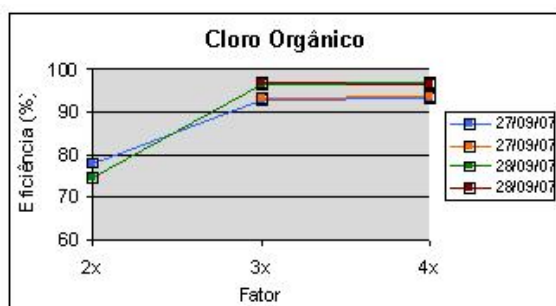
**Figura 1: Eficiência do hipoclorito de cálcio conforme dosagem aplicada**



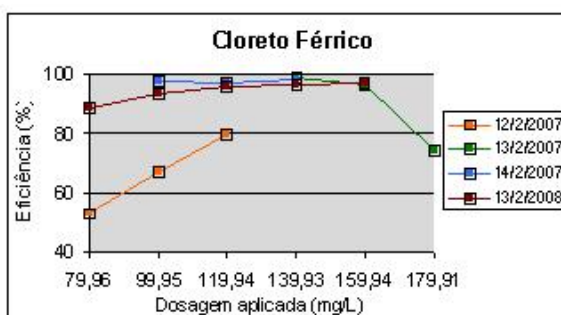
**Figura 2: Eficiência do hipoclorito de sódio conforme dosagem aplicada**

O hipoclorito de cálcio apresentou uma eficiência ótima a partir da dosagem estequiométrica aplicada no primeiro teste realizado. Portanto, nos demais testes, foi aplicada somente esta dosagem. Utilizando a dosagem estequiométrica, obteve-se um percentual de remoção de sulfeto de hidrogênio de aproximadamente 92 a 97%.

O hipoclorito de sódio atingiu a eficiência de aproximadamente 90% utilizando-se o dobro da dosagem estequiométrica necessária. Dosagens maiores mostraram a mesma eficiência. Na dosagem estequiométrica aplicada ocorreu uma variação bastante considerável, estando o percentual de remoção de sulfeto de hidrogênio entre 40 e 70%. Talvez esta variação esteja relacionada com as características físico-químicas inconstantes do esgoto, pois os testes foram realizados em dias diferentes.



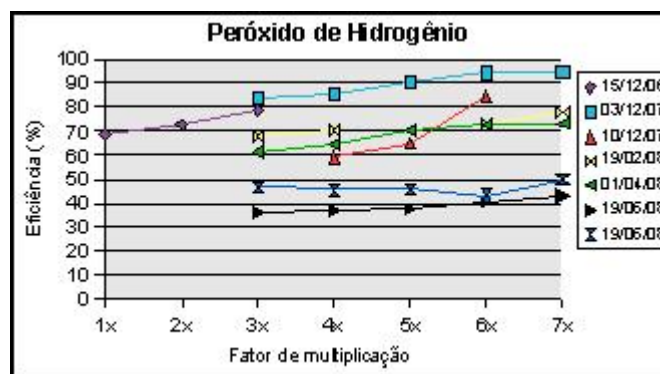
**Figura 3: Eficiência do cloro orgânico conforme dosagem aplicada**



**Figura 4: Eficiência do cloreto férrico conforme dosagem aplicada**

O cloro orgânico atingiu a percentagem de remoção mínima pré-estabelecida de 90% a partir da dosagem de três vezes a estequiometria. Dosagens maiores mostraram a mesma eficiência. Aplicando-se duas vezes a estequiometria, obteve-se uma remoção de aproximadamente 75 a 78% de sulfeto de hidrogênio em meio líquido.

Devido ao cloreto férrico ser utilizado como um precipitante, as dosagens aplicadas não se basearam na estequiometria, mas na obtenção do ponto de floculação ótimo considerando a menor dosagem aplicada, a qual variou entre  $100\text{mg.L}^{-1}$  e  $120\text{mg.L}^{-1}$ . Este produto apresentou boa eficiência na neutralização do sulfeto de hidrogênio e também foi observada uma excelente clarificação da amostra. Porém, deve-se considerar que o mesmo apresenta a desvantagem de aumentar a geração de lodo, pois por ser um floculante, ao reagir com o alto teor de partículas sólidas presentes no esgoto, forma uma quantidade elevada de flocos, os quais sedimentariam nas lagoas de estabilização, se estas estiverem presentes no processo de tratamento, ou quando ausentes, aumentariam a quantidade de teor de sólidos no lançamento do efluente no corpo receptor, podendo infringir a quantidade máxima de lançamento para este parâmetro e para o de turbidez estabelecidos pelo CONAMA 357/05. Outra desvantagem é a apresentação de cor aparente, pois amostras de efluente que receberam dosagens de cloreto férrico acima de  $160\text{mg.L}^{-1}$ , apresentaram uma coloração amarelada, característica do produto aplicado.



**Figura 5: Eficiência do peróxido de hidrogênio conforme dosagem aplicada**

Os resultados para o peróxido de hidrogênio foram inconstantes. Este oxidante, ora atingiu uma eficiência de cerca de 90% utilizando-se a dosagem de cinco vezes a estequiometria, ora atingiu uma eficiência de cerca de 40% com esta mesma dosagem. Pode-se observar que o peróxido de hidrogênio mostrou-se mais eficiente quando aplicado em efluentes com concentrações iniciais de sulfeto total maior que  $4\text{mg.L}^{-1}$ . Em efluentes com quantidades de sulfeto total abaixo de  $2\text{mg.L}^{-1}$ , a eficiência reduziu cerca de 50%. Este comportamento poderia ser explicado considerando que o produto possa ter preferência em reagir com alguns metais, como por exemplo o ferro. Portanto, seria interessante realizar análises de ferro e acompanhar o residual de peróxido de hidrogênio para confirmar esta reação preferencial, o que poderia estar interferindo na eficiência do produto. A quantidade de matéria orgânica também deve ser acompanhada, pois o peróxido de hidrogênio pode estar reagindo com este material antes de reagir com o sulfeto de hidrogênio.

Após encontrar a dosagem ideal de cada produto para atingir uma eficiência de cerca de 90% de remoção de sulfeto de hidrogênio, simulou-se o custo da aplicação destes para duas estações de tratamento de esgoto doméstico, a ETE Menino Deus, em Quatro Barras, Pr, e a ETE Santa Quitéria, em Curitiba, Pr, conforme demonstram as tabelas 1 e 2. Foi estabelecida uma quantidade fixa de  $5\text{mg.L}^{-1}$  de sulfeto de hidrogênio presente no efluente destas estações. A ETE Menino Deus possui uma vazão de aproximadamente  $70\text{L.s}^{-1}$ , enquanto a ETE Santa Quitéria tem uma vazão de cerca de  $300\text{L.s}^{-1}$ .

**Tabela 1: Simulação de custo para neutralização de  $\text{H}_2\text{S}$  em meio líquido na ETE Menino Deus**

Critérios de Avaliação	Cloreto Férrico	Peróxido de Hidrogênio	Hipoclorito de Cálcio	Hipoclorito de Sódio	Cloro orgânico
Concentração diária do produto (kg/dia)	725	360	390	5.283	279
Custo (R\$/dia)	426,50	720,92	2.759,70	3.539,59	3.573,76

**Tabela 2: Simulação de custo para neutralização de  $\text{H}_2\text{S}$  em meio líquido na ETE Santa Quitéria**

Critérios de Avaliação	Cloreto férrico	Peróxido de hidrogênio	Hipoclorito de cálcio	Hipoclorito de sódio	Cloro orgânico
Concentração diária do produto (kg/dia)	3.109	1.545	1.673	22.641	1.194
Custo (R\$/dia)	1.827,86	3.089,66	11.827,30	15.169,67	15.316,13





O produto que demonstrou melhor eficiência considerando menor dosagem para a obtenção de uma remoção de cerca de 90% de sulfeto de hidrogênio foi o cloro orgânico. Contudo, considerando custo-benefício, o produto que apresentou melhor resultado foi o cloreto férrico. Conforme os testes, para alcançar uma eficiência de aproximadamente 90% de remoção de sulfeto de hidrogênio utilizando-se cloreto férrico, necessita-se aplicar cerca de  $12 \text{ mg.L}^{-1}$ , o que corresponde a  $119,94 \text{ mg.L}^{-1}$  de efluente, apresentando um custo de  $\text{R\$}70,53 \text{ L}^{-1}$  de efluente. Vale salientar que o ponto ótimo de floculação pode variar em função das condições do efluente, como pH, quantidade e tipo de partículas sólidas e lembrar que o mesmo oferece algumas restrições conforme citadas anteriormente.

O segundo produto que apresentou melhor custo-benefício foi o peróxido de hidrogênio, mas há a ressalva que o mesmo só alcançou ótima eficiência em efluentes com quantidades de sulfeto total acima de  $4 \text{ mg.L}^{-1}$ , necessitando mais testes.

O hipoclorito de cálcio e o hipoclorito de sódio apresentaram ótimos resultados, porém são alternativas aproximadamente 4 e 5 vezes, respectivamente, mais onerosas que o peróxido de hidrogênio, além de ter o cloro como o elemento ativo. A quantidade de cálcio e de partículas sólidas sedimentáveis do hipoclorito de cálcio também pode vir a ser um problema ao tratamento terciário, a tubulações e ao corpo receptor.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Todos os produtos testados alcançaram uma eficiência mínima de remoção de sulfeto de hidrogênio de 90%, exceto os produtos óxido de ferro e óxido de zinco, os quais não demonstraram qualquer eficácia na remoção desse composto.

O cloro orgânico se mostrou muito eficiente na oxidação do sulfeto de hidrogênio, porém, se considerarmos seu custo-benefício, não é a melhor alternativa a ser empregada.

O cloreto-férrico foi a alternativa de menor custo e que apresentou uma ótima eficácia na remoção do sulfeto de hidrogênio. Contudo, apresenta a desvantagem de aumentar o teor de sólidos no tratamento terciário ou no ponto de lançamento do corpo receptor e aumentar a cor aparente conforme a quantidade utilizada. Recomenda-se testes com cloreto férrico dosado estequiometricamente, com o intuito de observar sua eficiência, além de que a problemática do aumento de teor de sólidos e coloração deva ser minimizada.

O peróxido de hidrogênio mostrou-se uma ótima alternativa, tanto em eficiência, quanto em custo-benefício, porém, deve-se realizar mais testes para esclarecer porque o mesmo mostrou-se eficiente somente quando aplicado em efluentes com quantidade de sulfeto total superior a  $4 \text{ mg.L}^{-1}$ . Recomenda-se acompanhar tais testes quantificando o teor de ferro do efluente, a matéria orgânica e o residual de peróxido de hidrogênio para confirmar se está ocorrendo uma reação preferencial por outro composto.

Quanto ao hipoclorito de cálcio e ao hipoclorito de sódio, são boas alternativas a serem adotadas, porém, têm um custo aproximadamente quatro e cinco vezes, respectivamente, maior que o de peróxido de hidrogênio. O hipoclorito de cálcio oferece como desvantagem problemas de incrustações em tubulações e aumento do teor de sólidos sedimentáveis.

Além da avaliação da melhor dosagem e do custo-benefício, como foi demonstrado neste trabalho, pretende-se, como uma segunda etapa, avaliar a periculosidade do produto e o custo de instalação e manutenção do sistema de aplicação e armazenagem de cada produto, o que pode vir a alterar os resultados demonstrados por este trabalho, da melhor alternativa a ser adotada.

No entanto, é importante ressaltar que, para a adoção de qualquer uma dessas alternativas, uma maior eficiência do sistema de controle de odor só será obtida com a constância de análises quantitativas de sulfeto total no efluente da ETE e regulação da dosagem aplicada conforme o valor quantificado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASCE, American Society of Civil Engineers. Perry L. Schafer (editor), Odor control in wastewater treatment plants, 1<sup>st</sup> Ed., New York, NY, 1995.
2. ALVES, H. B.; MOCHIDA, G. A.; da CRUZ, G. J. G.; DUMA, M.; GOMES, C. S.. Precipitação química e cloração para combate a maus odores em estações de tratamento de esgoto anaeróbias. Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.21, n.21, p. 19-32, jan./jun. 2004.
3. BELLI FILHO, P.; COSTA, R. H. R.; GONÇALVES, R. F.; CORAUCCI FILHO, B.; LISBOA, H. M. Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários. In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Chernicharo, Carlos Augusto Lemos (coord.). Belo Horizonte; [s.n.], 2001. Projeto PROSAB 2.
4. CAMPOS, J. R.; PAGLIUSO, J. D. Tratamento de Gases Gerados em Reatores Anaeróbios. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Projeto PROSAB. Cap. 10, p.249-270.
5. CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. São Carlos, 2000. Projeto PROSAB. (Coletânea de trabalhos técnicos).
6. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997, v. 5.
7. CHERNICARO, C. A. L.; van HAANDEL, A. C.; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. In: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Chernicharo, C. A. L (coord.). Belo Horizonte; [s.n.], 2001. Projeto PROSAB 2. Cap. 1, p.19-34.
8. CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n° 357 de 17 de março de 2005.
9. GASI, T. M. T.; PROTA, M. G.; MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, C. L.; ROSSIN, A. C. Controle de odores em sistemas de esgotos. Revista DAE, v. 44, n. 137, p.122-143, junho/1984.
10. HVITVED-JACOBSEN, T.; VOLLERTSEN, J.. Odour formation in sewer networks. In: IWA (International Water Association). Odours in Wastewater Treatment: measurement, modelling and control. Stuetz, Richard; Frechen, Franz-Bernd (editors). Londres: IWA Publishing, 2001.
11. METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Tradução de Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal. Barcelona-Espanha: Labor, 1981.
12. PESSÔA, C. A. e JORDÃO, E. P. Tratamento de Esgotos Domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgotos. 2. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e Banco Nacional de Habitação (BNH), 1982, v.1.
13. RIBEIRO, J. T. Controle de odores em sistemas de esgoto sanitário. In: NUVOLARI, ARIIVALDO. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
14. STANDARD METHODS. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>th</sup> edition, Eaton, Andrew D.; Clesceri, Lenore S.; Rice, Eugene W.; Greenberg, Arnold E., Franson, Mary Ann H., (editors). APHA (American Public Health Association), AWWA and WEF (Water Environment Federation), Washington D.C., 2005.
15. VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Epgraf, 1994. p.II-2 – II-5.
16. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte, 1996.