



Redução de odores em reatores anaeróbios por meio da aplicação de hidróxido de cálcio em suspensão aquosa

Bárbara Zanicotti Leite Ross¹, Mariana Ferreira Fuganti², Cesar Augusto Marin³, Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa⁴

¹ Companhia de Saneamento do Paraná (barbarazl@sanepar.com.br)

² Pontifícia Universidade Católica do Paraná (marianaf.fuganti@gmail.com)

³ Companhia de Saneamento do Paraná (cmarin@sanepar.com.br)

⁴ Companhia de Saneamento do Paraná (janainaogc@sanepar.com.br)

Resumo

As reclamações em relação aos maus odores causados por Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) estão cada vez mais constantes, sendo necessário avaliar e controlar as emissões odoríferas. No seguinte trabalho estão apresentadas algumas alternativas possíveis a serem aplicadas para redução desses odores, em especial um produto ainda pouco utilizado para esse tratamento, o hidróxido de cálcio em suspensão aquosa ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Em prol de resultados comparativos entre os pontos com e sem dosagem foram feitas medições e análises diárias nos reatores de uma ETE em escala real durante cinco meses. Bem como a análise de custo-benefício do produto dosado, hidróxido de cálcio, para substituir o Peróxido, produto que vem sendo utilizado nessa ETE há algum tempo. Com os reais obtidos, juntamente com os referenciais teóricos, foram apontadas algumas conclusões sobre a utilização do produto e suas alterações no pH, DQO, produção de lodo, alcalinidade e sulfetos dos afluentes e efluentes da estação.

Palavras-chave: Hidróxido de Cálcio. Esgoto. Odores.

Área Temática: Águas Residuárias.

Redution of odors in anaerobic reactors through the application of calcium hydroxide in aqueous suspension

Abstract

The claims about the bad smells caused by Waste Water Treatment Plants (WWTP) are steadily increasing, then evaluate and control the emissions is very important. In the following work are presented some possible alternatives to be applied to reduce these odors, especially a product still little used for this treatment, calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). For the comparative results between the points with and without dosage, daily measurements and analyzes were made in the reactors of the WWTP in full scale for five months. As well as the cost-benefit analysis of the dosing product, calcium hydroxide, to replace the peroxide, a product that has been used at this WWTP for some time. Therefore, collecting all the real values obtained with the theoretical references, a certain number of conclusions were taken about on the use of the product and its changes in the pH, COD, sludge production, alkalinity and sulfides of them affluents and effluents of the station were pointed out.

Key words: Sewage. Emissions. Odorous. Calcium Hydroxide.

Theme Area: Wastewater.



1 Introdução

As queixas sobre as emissões de odores em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) têm crescido muito nos últimos anos. Segundo Kaye e Jiang (2000), mais de metade das denúncias ambientais feitas pelas pessoas para o órgão de controle ambiental provem dos maus cheiros emitidos das estações. Por isso é importante avaliar e controlar essas emissões.

Entre os vários compostos odoríferos emitidos pelas ETEs, o principal é o gás sulfídrico (H_2S) que é formado a partir da redução dos sulfatos a sulfetos pelas bactérias anaeróbias (GOSTELOW *et al*, 2001), no entanto, os sulfetos em meio líquido são facilmente liberados para a atmosfera (SOUZA *et al.*, 2011).

O H_2S possui um odor característico de ovo podre e pode ser detectado pela maioria dos indivíduos em concentrações extremamente baixas, 2-4 ppb. Em concentrações superiores a 300 ppm é letal (LUDOVIC *et al*, 1997). Além de ser um gás inflamável e altamente tóxico, ele também tem uma alta capacidade corrosiva que pode gerar inúmeros problemas operacionais (AZEVEDO *et al*, 1999).

Vários fatores alteram a produção de gases para o meio, pois afetam diretamente a solubilidade dos compostos. Nesse caso, a forma estável do sulfeto depende do pH do meio. Para um pH menor que 7, a forma predominante é o H_2S (gás odorante). Para um pH entre 7 e 12 há uma predominância dos íons HS^- , já para valores superiores pH >12 a forma estável é o S_2^{2-} , nestas duas últimas formas não há emissão de maus odores porque o sulfeto permanece no meio líquido (GOSTELOW *et al*, 2001).

Assim, uma das formas de mitigar as emissões odoríferas é elevar o pH do esgoto. Diversos produtos químicos podem ser utilizados, dentre eles o hidróxido e carbonato de sódio, cal hidratada, calcário e calcário dolomítico. Esses dois últimos, são mais baratos, mas sua aplicação é mais difícil e a taxa de reação é mais lenta. A cal hidratada, também possui um bom preço, mas apresenta o inconveniente do preparo da solução a 30%. As soluções de hidróxido ou carbonato de sódio tendem a ter um custo elevado, mas são adequados e largamente utilizados para pequenas ETEs ou quando a dosagem necessária é baixa (METCALF & EDDY, 2003).

A aplicação de hidróxido de cálcio em suspensão aquosa ($Ca(OH)_2$) libera os íons cálcio que neutralizam as cargas elétricas superficiais agindo como coagulante inorgânico, elevando o pH, sendo uma opção de fácil aplicação e inovadora no mercado, ainda existem poucos estudos sobre o assunto.

Este estudo objetivou verificar a eficiência do $Ca(OH)_2$ na elevação do pH do esgoto tratado em reator anaeróbio tipo UASB visando a manutenção dos sulfetos na forma de HS^- , na qual há redução de emissão de maus odores.

2 Metodologia

Esta pesquisa foi realizada em escala real em uma ETE da Região Metropolitana de Curitiba, no período 14/02 a 17/07/2017. O sistema de tratamento da ETE conta com uma vazão de 150 L/s e é composto por gradeamento mecanizado, desarenador tipo ciclônico, calha parshall, três reatores UASB e lagoa aerada seguida de decantação. Como a ETE conta com três reatores idênticos, foi possível a aplicação do $Ca(OH)_2$ em apenas um deles, o da linha 2. Os reatores da linha 1 recebem peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para controle de odores, em determinados momentos do experimento esta aplicação foi interrompida a fim de permitir uma melhor avaliação dos resultados obtidos.

O sistema de dosagem instalado contou com 1 painel elétrico, 1 bomba dosadora e um silo, que trabalharam para atender as variações de dosagens de acordo com a vazão de entrada de esgoto. O produto foi aplicado na comporta de entrada do UASB da linha 2, antes do distribuidor central de vazão do mesmo.



2.1 Avaliação dos Impactos da Dosagem de Ca(OH)_2 na Tratabilidade do Esgoto e na Estabilidade da Manta de Lodo

Os impactos do uso de Ca(OH)_2 foram avaliados através do monitoramento da DQO, sulfetos, pH e alcalinidade, nos pontos de amostragem: afluente ao UASB (A), distribuidor central do UASB com dosagem (DC), canaleta de saída do efluente do reator com dosagem de Ca(OH)_2 (CD), canaleta de saída do efluente do reator sem dosagem (SD), em ambas a coleta foi realizada antes do efluente verter, e efluente de saída da lagoa de decantação (EL). A quantidade e estabilidade do lodo foi avaliada através da determinação da concentração de sólidos totais, fixos e voláteis. As amostras foram coletadas de modo pontual e analisadas de acordo com os procedimentos de APHA (2012).

2.2 Análise de Dispersão de H_2S

O monitoramento do H_2S foi realizado próximo à superfície emissora e através do mapeamento da ETE. No primeiro caso, a medição ocorreu nas canaletas principais das linhas 1 e 2 com o uso de dois aparelhos do modelo GASTEC Corporation GHS-8AT com limite de detecção de 0 a 3000 ppm, incremento de 25 ppm, medição a cada 5 segundos e armazenamento da média das concentrações a cada 5 minutos. Esse monitoramento foi realizado no período de 27/6 a 14/7 de 2017, totalizando 5028 dados de amostragem.

O mapeamento do H_2S foi realizado com tomada de amostras a 1 m do piso, com os aparelhos JEROME 631-X com limite de detecção de 0 a 50 ppm e o detector de gases GasAlert Micro 5 com limite de detecção de 0 a 100 ppm (Figura 1). Para valores inferiores a 1 ppm, foi utilizado o aparelho JEROME, que é específico para medições de baixas concentrações de sulfeto e mais acurado que o detector GasAlert.

Figura 1 – Medidores para mapeamento de odor



(a) medidor Gastec



(b) medidor GasAlert Micro 5



(c) medidor Jerome

2.3 Análise de Custo-Benefício e Determinação dos Parâmetros de Utilização de Ca(OH)_2

Para a análise de custo-benefício usou-se os valores gastos com produto e entrega no local em comparação com as eficiências obtidas na aplicação, já a determinação de parâmetros de uso de Ca(OH)_2 foram avaliados através das medições de sulfetos em meio líquido, vazão de produto e esgoto afluente.

3 Resultados de Discussões

3.1 Avaliação dos Impactos da Dosagem de Ca(OH)_2 na Tratabilidade do Esgoto e na Estabilidade da Manta de Lodo

A partir dos resultados obtidos, calculou-se a remoção média de DQO dos reatores UASB e encontrou-se 72% para efluente SD e para o efluente CD de 71%. Estes resultados estão dentro da faixa esperada de 55 a 75 % (CHERNICHARO, 2007). Entende-se também que a aplicação de Ca(OH)_2 não influenciou nestes resultados (Tabela 1).



Tabela 1 – Resultados obtidos

Análise	Afluente			Efluente		N
	ETE	distribuidor central	com dosagem	sem dosagem	lagoa	
DQO (mg/L)	716 (± 198)	NA	232,5 (± 50)	229,25 (± 49)	NA	66
Sulfetos (mg/L)	NA	NA	8,78 (± 1,88)	8,41 (± 1,56)	NA	142
pH (---)	7,36 (± 0,17)	8,83 (± 0,34)	7,89 (± 0,70)	NA	7,35 (± 0,16)	142
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	212,68 (± 55,35)	278,04 (± 68,44)	309,79 (± 94,45)	NA	273,61 (± 27,78)	142

Observação: NA = não avaliado; N = número de amostras.

Observa-se que a aplicação do produto causou uma elevação nos resultados de alcalinidade (Figura 2), tanto do afluente DC quando do efluente CD, porém no resultado final da ETE (efluente lagoa) não houve impacto, retornando aos valores próximos aos iniciais (afluente). Além disso, a forma de ação do Ca(OH)_2 esperada é a elevação do pH, este fato favorece a permanência do sulfeto no meio líquido, reduzindo a emissão de odores. Assim, com os valores de pH obtidos (CD 7,89 e SD 7,34) foi possível verificar a distribuição das espécies de sulfetos no efluente na Figura 3, onde para o efluente CD a distribuição foi de 12,5% de H_2S (insolúvel, geradora de odor) e 87,5% de HS^- (forma solúvel) e para o efluente SD foi de 30,0% de H_2S e 70,0% de HS^- . Portanto, o aumento do pH de 7,34 para 7,89 permite a fixação em meio líquido de 58,33% dos sulfetos (Figura 3).

Figura 2 – Resultados obtidos no monitoramento de alcalinidade

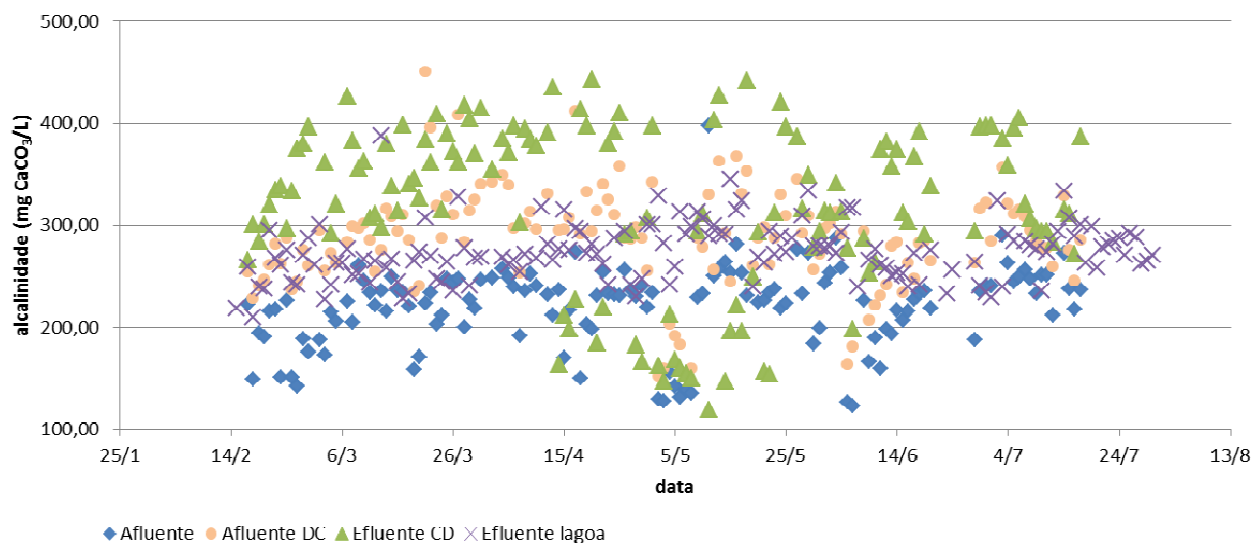
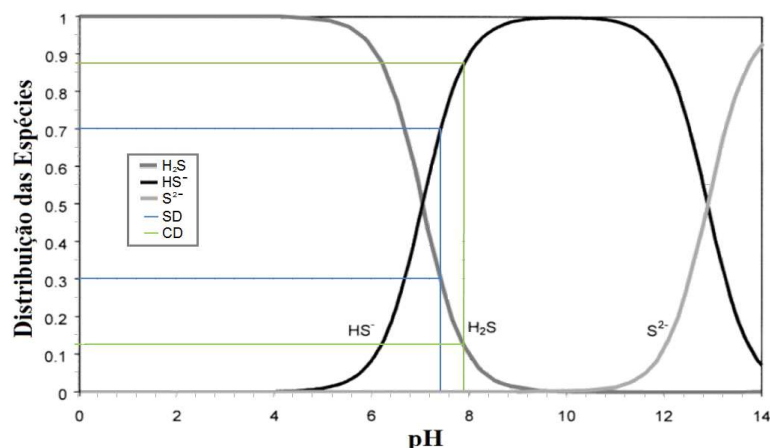


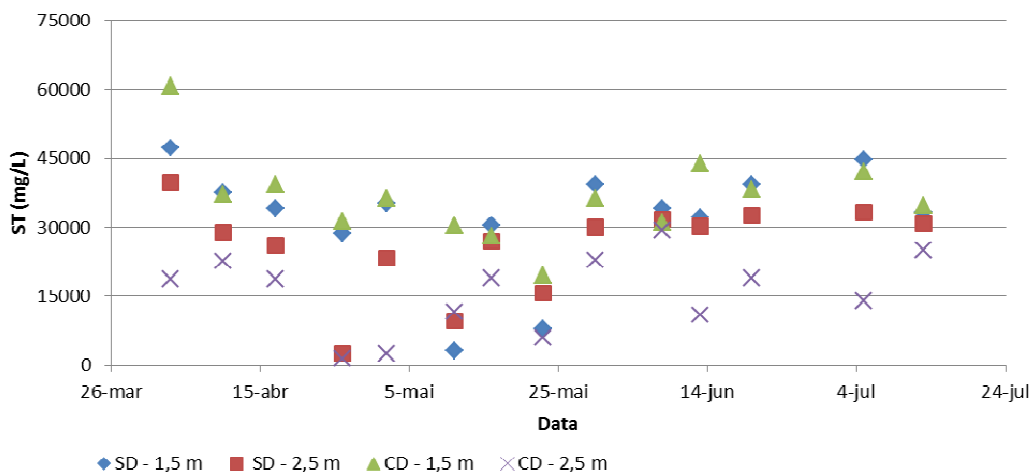


Figura 3 – Resultados obtidos de distribuição das espécies de sulfetos durante o monitoramento



Sabe-se que o emprego de substância a base de cálcio e magnésio pode aumentar a quantidade de lodo formado no reator (METCALF & EDDY, 2003), porém quando avaliado o nível de lodo durante o experimento, determinado pela concentração de sólidos totais nas alturas 1,5 e 2,5 m da manta de lodo, observou-se que os perfis foram semelhantes e com valores próximos tanto para o lodo do reator SD quanto para o reator CD (Figura 4). Verificando-se os valores médios alcançados, tem-se que a concentração de ST no reator SD foi de 25.820 mg/L enquanto que no reator CD 15.852 mg/L na altura de 2,5 m, tal fato indica que o produto, no período avaliado, não causou incremento no teor de sólidos da manta de lodo (Figura 4). Historicamente o reator SD sempre apresentou um nível de lodo superior aos demais e o uso do produto não alterou esta dinâmica.

Figura 4 – Resultados obtidos no monitoramento de Sólidos totais no lodo



A resolução do CONAMA nº 375/2006 estabelece que se a relação entre STV/ST do lodo de esgoto for inferior a 0,7 o mesmo será considerado estabilizado. Esse fato é verificado nos testes feitos, no qual os resultados de STV/ST das amostras de lodo SD e CD estão todos abaixo do limite de 0,7, não havendo interferência do produto nesse período.

Observou-se também, a mudança de cor para rosa em todas as canaletas dos vertedores do reator que recebeu a aplicação de Ca(OH)₂, tal fato indica a presença de bactérias sulforedutoras aderidas ao concreto, porém não foi realizada uma investigação mais criteriosa sobre este fato (Figura 5).



Figura 5 – Coloração rosa da canaleta de saída de reator UASB com aplicação de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

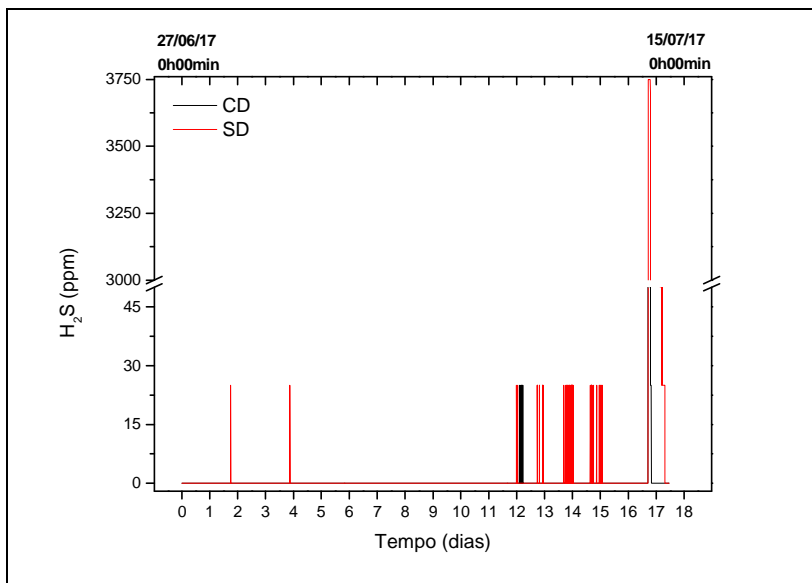


3.2 Análise de Dispersão de H_2S

3.2.1 Análise de dispersão de H_2S em meio atmosférico próximo à fonte emissora

Na Figura 6 está apresentada toda a série de avaliação de H_2S , com 5028 dados do monitoramento no interior das canaletas, próximos à fonte emissora. Avaliando, as emissões do 11º ao 15º dia, observou-se emissão de até 25 ppm de H_2S em 5,3% do tempo na linha 1 (SD) e 1,7% do tempo na linha 2 (CD). No restante do período avaliado as emissões registradas foram 0 ppm, ressalta-se que o incremento do aparelho de medição é limitado a 25 unidades de medida. Ainda foi observado um pico de H_2S entre o 16º e 18º dia, tanto para a linha 1 (SD) (3745 ppm) quanto para a linha 2 (CD) (683 ppm), neste evento a redução da emissão devido a aplicação do produto foi de 81,7% (Figura 6).

Figura 6 – Resultados obtidos no monitoramento H_2S no meio atmosférico nas canaletas



3.2.2 Análise de dispersão de H_2S em meio atmosférico à 1 m do piso

No momento das medições de H_2S na altura de 1 m do piso nos reatores 1 e 2 havia dosagem de H_2O_2 na canaleta principal e no reator 3 a dosagem de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. O sistema de dosagem de H_2O_2 consiste em contêineres de 1000L que foram interligados formando um sistema de vasos comunicantes e o ajuste de dosagem é manual em uma torneira. Após a realização das medições e elaboração do Mapa de Odor (Figura 7), as unidades merecedoras de especial atenção quanto à geração de odores são: sistema preliminar e os reatores anaeróbios.

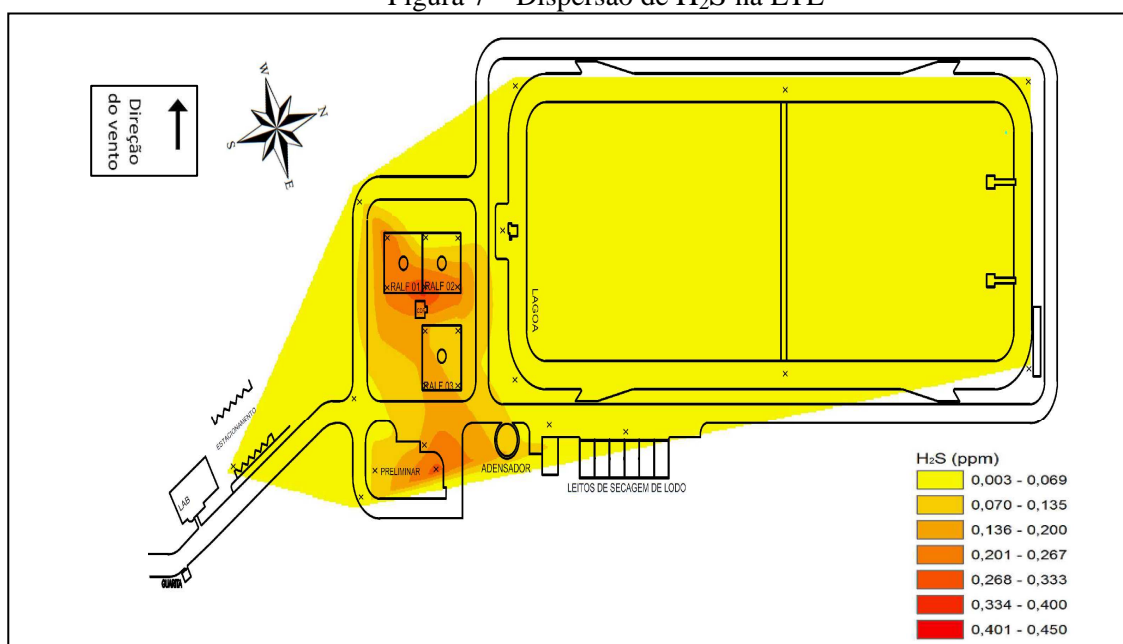


No primeiro, acredita-se que o esgoto afluyente à ETE encontra-se em estado inicial de degradação anaeróbia, tendo em vista a emissão de H_2S na ordem de 0,070 a 0,400 ppm.

As taxas de emissão dos reatores 1, 2 e 3 são de 3,87 ppm/s, 3,09 ppm/s e 1,58 ppm/s, respectivamente. Portanto a redução da emissão de H_2S no reator 3 ($CD_{Ca(OH)_2}$), foi de 59,14% em relação ao reator 1 ($CD_{H_2O_2}$) e de 48,80 em relação ao reator 2 ($CD_{H_2O_2}$).

A variação na emissão de H_2S entre os reatores 1 e 2 ($CD_{H_2O_2}$) se deve ao sistema de dosagem de H_2O_2 adotado na ETE, que não é o ideal, o produto é pontualmente aplicado no início na canaleta principal da linha 1 ($CD_{H_2O_2}$), quando deveria ser aplicado no início de cada uma das canaletas do reator. Ainda, a reação de oxidação dos sulfetos pelo H_2O_2 necessita de pelo menos 4 minutos. A aplicação distribuída de H_2O_2 nas canaletas dos reatores é o método mais indicado para oxidação de sulfetos em meio líquido (Figura 7).

Figura 7 – Dispersão de H_2S na ETE



3.3 Análise de custo-benefício e determinação dos parâmetros de utilização de $Ca(OH)_2$

De acordo com as informações obtidas elaborou-se a Tabela 2, em que utilizou-se a vazão de esgoto, a quantidade e custo de $Ca(OH)_2$ para calcular a dosagem necessária e custo. Assim, com a aplicação média de 0,307 Kg de $Ca(OH)_2$ / m^3 de esgoto tem-se o custo de 0,21 R\$/ m^3 de esgoto (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de custo de aplicação de $Ca(OH)_2$

Mês	Vazão ETE $m^3/mês$	$Ca(OH)_2$ Kg/mês	Aplicação Kg de $Ca(OH)_2$ / m^3 de esgoto	Custo R\$/ m^3 de esgoto
Fevereiro	306.881	19.810	0,361	0,25
Março	318.481	32.000	0,301	0,20
Abril	292.215	32.000	0,329	0,22
Maio	319.268	28.690	0,270	0,18
Junho	348.961	32.000	0,275	0,19
Média (*)	317.161	28.900	0,307	0,21

Observação: (*) Os dados de julho não foram utilizados nestes cálculos, devido aos valores atípicos.



4 Conclusões

Quanto à aplicação de Ca(OH)_2 em ETE pode-se concluir que:

- A eficiência média de remoção de DQO dos reatores com e sem aplicação de Ca(OH)_2 está dentro do esperado para UASB e não foi alterada pelo uso do produto;
- O Ca(OH)_2 não alterou a quantidade nem a relação ST/SV do lodo;
- O uso de 0,307 Kg de Ca(OH)_2 / m^3 de esgoto, permite a fixação de 58,33% dos sulfetos em meio líquido, valor este que corresponde à redução de 59,14% das emissões determinadas em meio atmosférico e equivale ao custo de 0,21 R\$/ m^3 de esgoto.

Agradecimentos

Agradecemos às equipes da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento e a Unidade de Serviço de Esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, pelo apoio e desenvolvimento da pesquisa; e a Loacir Schinaide e Maurício Magalhães da empresa Dryller pelo acompanhamento e instalação do experimento.

Referências

APHA (*American Public Health Association*), AWWA (*American Water Works Association*), WEF (*Water Environment Federation*) **Standard methods for examination of water and wastewater**, 22. ed. Washington: Publication Office American Public Health Association., APHA, AWWA, WEF, 2012.

AZEVEDO, A. D. P; SIMÕES, J. C.; FERREIRA, R. ; LAMEU, D. ; ELIAS, W. F . **Eliminação de H_2S (Sulfeto) dos Esgotos de Pereira Barreto - SP.**In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Rio de Janeiro. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 183 – 191, 1999.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment Works. **Water Research**, Belo Horizonte, v. 35, n. 3, p. 579-597, fev. 2001.

KAYE, R; JIANG, K. **Development of odour impact criteria for sewage treatment plants using odour complain history**. *Environment Science & Technology*, 41(6), p. 57-64, 2000.

LUDOVICE, M. L; PINTO, M. A. T; NEDER; K. D. **Controle de Odores em Estações de Tratamento de Esgoto**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, Foz do Iguaçu. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 107 – 118, 1997.

METCALF & EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4. Ed. Nova Iorque: McGraw-Hill. 1815p. 2003.

SOUZA, M. L.; CARDOSO, F. A.; HARTMAN, C. M.; CARNEIRO, C.; GOMES, D. **Minimização do Odor em Estações de Tratamento de Esgoto através da Utilização de Peróxido de Hidrogênio como Oxidante de Sulfeto de Hidrogênio**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1 - 10, 2011.