

## X-058 - AVALIAÇÃO DO ABATIMENTO DO ODOR DE GÁS SULFÍDRICO POR MEIO DA AERAÇÃO COM O USO DE ZEÓLITAS

**Verilanea Neyonara Faustino Lisboa**

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande.

**Ana Cristina Silva Muniz**<sup>(1)</sup>

Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPB. Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Professora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Meiry Gláucia Freire Rodrigues**

Graduação em Engenharia Química pela UFPB. Mestre em Engenharia Química pela UFPB. Doutora pela Université de Poitiers - França. Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande.

**Andre Luiz Fiquene de Brito**

Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba. Químico pela UFPB. Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPB/UEPB. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

**Tuilly de Fatima Macedo Furtado Guerra**

Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Avenida Paraíba, 276 - Pirajá – Juazeiro do Norte - CE - CEP: 63034-260 - Brasil – Tel.: (83) 96649850 - e-mail: verafaustino22@gmail.com

### RESUMO

O setor de curtumes ocupa uma posição de destaque no cenário brasileiro com cerca de 450 curtumes. Os curtumes também são conhecidos por sua elevada geração de poluição, sendo a emissão de odores uma de suas mais fortes características. Nesse sentido o presente trabalho tratou um efluente sintético, que simula um despejo de curtume, com forte odor de gás sulfídrico por meio da aeração com e sem zeólita Y, usando o teste de intensidade de odor e o monitoramento do gás como variáveis do indicativo da eficiência de tratamento. Para isso foram utilizados 7 reatores pilotos com capacidade para 1L, sendo todos preenchidos com 600ml do efluente sintético e 400 ml foram deixado para o *headspace* dos gases. Apenas 6 reatores foram submetidos ao tratamento aeróbio, dos quais 3 continham zeólita Y e 3 apenas efluente sem zeólitas, enquanto que 1 reator foi usado como testemunha. O aparato experimental contou com difusores de jato de ar, rotâmetro para controle da vazão, aeradores para insuflar bolhas de oxigênio e tempo de aeração de 6 horas. A avaliação do tratamento aeróbio ocorreu pelo teste de intensidade de odor, em presença de um júri. Os resultados obtidos para o teste de intensidade mostrou que 52% do corpo de jurados indicaram a escala de intensidade de odor fraca para o reator aerado com zeólita Y e 45% apontou uma intensidade média para o reator aerado sem zeólita Y, contra 42% que afirmaram intensidade forte para o reator testemunha. O índice de intensidade de odor foi de 1,92 (fraco) para o reator aerado com zeólita Y, de 2,83 (médio) para o reator aerado sem zeólita Y e de 4,45 (forte) para o reator testemunha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Odor, Aeração, Zeólita Y

### INTRODUÇÃO

O Brasil detém uma das maiores áreas destinadas à criação de gado e o maior rebanho bovino comercializável do mundo, superior a 200 milhões de cabeças. Neste quadro, o setor de curtumes brasileiro apresenta uma posição de destaque mundial em relação ao número de couros produzidos por ano (ANNANIAS e PACCAS, 2009).

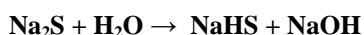
Um grande número de produtos químicos, tais como surfactantes, ácidos, corantes, taninos naturais e sintéticos, óleos sulfonados, são aplicados durante as diversas etapas do processo de curtimento do couro para transformar a pele animal em produto inalterável e imputrescível (DI IACONI *et.al.*, 2002 *apud* BORBA, 2010).

A produção brasileira de couro está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, totalizando 72% da produção total e registram o maior número de curtumes. Dentre os estados que mais produzem couro está o Rio Grande do Sul e São Paulo com 23%, Paraná com 12% e Minas Gerais com 10% do volume produzido (BORBA, 2010).

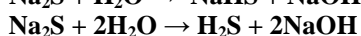
O problema mais grave de poluição atmosférica produzido nas plantas de curtimento refere-se à geração de odores, que ocorre especialmente na decomposição de matéria orgânica presente nos resíduos e efluentes (ANNANIAS e PACCAS, 2009). O odor, oriundo da formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), derivado do sulfeto de sódio ( $Na_2S$ ), de mercaptanas e de outros compostos orgânicos, gerados por reações de decomposição de matéria orgânica, constitui um problema ambiental importante a ser controlado e solucionado pelo setor. Esses compostos podem ser formados tanto no processo produtivo como na estação de tratamento de efluentes (ETE) de curtumes (PACHECO, 2005).

Uma das etapas do processo de obtenção do couro é o caleiro. Nessa etapa é utilizado o sulfeto de sódio ( $Na_2S$ ) para desprender pêlos e outras partículas fibrosas da pele (PACHECO, 2005; NAGEL *et. al.* 2012). O problema do sulfeto resulta quando o pH diminui abaixo de 9,5 favorecendo a liberação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ) que é muito tóxico e com odor característico. Em baixas concentrações causa dor de cabeça, náuseas e irritação nos olhos e pode ser letal em concentrações elevadas (SOUZA, 2007).

A geração de  $H_2S$  é a mais importante das reações que emanam odor, porque o mesmo está sempre presente quando há odores, mesmo quando este não é a causa principal (SCHIRMER e OLIVEIRA, 2010). O  $H_2S$  pode ser obtido por meio da hidrólise de sulfeto de metais alcalinos, como por exemplo, o  $Na_2S$ , de acordo como apresentado nas Equações (1) e (2) (LEE, 1997 *apud* MATTIUSI, 2012).

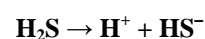


equação (1)

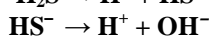


equação (2)

Os compostos contendo enxofre estão entre as substâncias mais conhecidas e mais odorantes e podem ser detectadas em baixíssimas concentrações, na ordem de partes por bilhão (ppb). Quanto a sua estrutura se dividem em: sulfetos (-S) e mercaptanas (-SH) (BALBINOT, 2010). São parcialmente solúveis em água formando as espécies químicas de sulfeto ácido ( $HS^-$ ) e sulfeto ( $S^{2-}$ ) conforme mostram as Equações (3) e (4) (MAINIER e ROCHA, 2003)



equação (3)



equação (4)

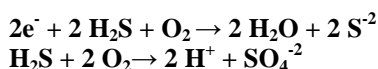
O  $H_2S$  é um gás altamente tóxico, após a inalação, ele vai diretamente aos pulmões. Em concentrações baixas esse composto é oxidado pelo organismo. No entanto em grandes concentrações reage com enzimas na corrente sanguínea inibindo a respiração celular, podendo resultar em paralisia pulmonar súbita, colapso e morte (BONATTO, 2013; OCAW, 1996 *apud* BRANCHER, 2012). Segundo Mainier e Viola (2005) durante a exposição de 1 minuto, concentrações entre 0,05 a 5,00 ppm já têm o seu odor de ovo podre detectado.

A identificação de compostos causadores de odores e suas concentrações na fase líquida (afluente e efluente) fornecem uma identificação geral da severidade de odores que podem ser esperados (WEF, 1995 *apud* GLÓRIA, 2009). Verifica-se, assim, um interesse cada vez maior por parte das empresas emissoras de gases odorantes em prever a qualidade do ar nas proximidades de suas fontes emissoras, visando, com isso, avaliar o impacto de seus efluentes gasosos junto às comunidades receptoras (SCHIRMER *et. al.*, 2009).

Dessa forma o estudo da viabilidade de redução de carga poluidora do efluente da indústria de curtume surge como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte dos efluentes não tratados (OLIVEIRA e MUNIZ, 2013). Dentro dessa linha, a aeração surge como uma alternativa de tratamento de efluente com forte carga odorante.

O tratamento aeróbio é considerado como qualquer processo que usa oxigênio e os microrganismos aeróbios são responsáveis pela conversão de resíduos em um produto final relativamente estável biologicamente (ZHANG *et.al.*, 2006).

A insuflação de ar faz com que a concentração de  $O_2$  no meio aumente, transformando o  $H_2S$  (odorante) em formas ionizadas como  $S^{2-}$  e  $SO_4^{2-}$  (não odorantes), conforme as Equações (6) e (7) (SCHIRMER, 2004).



equação(6)

equação(7)

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece mediante a Resolução nº 397/2005, condições padrões de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de sulfeto no lançamento de efluentes líquidos. No caso das emissões gasosas (Resolução nº 003/1990) estabelece uma concentração máxima de  $80 \mu\text{g.m}^{-3}$  no ar (MATTIUSE, 2012).

O teor de lançamento de sulfeto presente em efluentes de curtume variam de  $10$  a  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  (LIMA, 2010). Segundo Claas e Maia (1994) *apud* Pacheco (2005) essa magnitude de sulfeto corresponde a  $26 \text{ mg.L}^{-1}$  para indústrias que não reciclam banhos residuais e tem a etapa de oxidação de sulfeto.

Inúmeros autores utilizaram aeração como forma alternativa de tratamento de efluentes com forte intensidade de odor. Sarmento e Muniz (2008) realizaram experimento com aeração de  $H_2S$  a partir de efluente sintético de refinaria de petróleo, em que a avaliação da eficiência do processo empregado foi realizada por meio de titulometria de oxi-redução, assim como de ensaios de intensidade de odor utilizando a escala n-butanol objetivando verificar se a técnica de aeração era eficaz no tratamento de gases odorantes. Além disso, foram analisados fatores como a carga de oxidação, tempo e tipo de difusores (jato de ar ou poroso). Os valores obtidos revelaram que a taxa de aeração de  $72 \text{ L}_{\text{ar}}.\text{L}_{\text{efluente}}^{-1}$  durante o período de 8 horas foram os dois parâmetros mais eficientes, segundo análise titulométrica e olfatométrica, resultando em uma intensidade odorante de 100% dos jurados ter indicado uma intensidade fraca para o reator aerado com difusor jato de ar contra 100% para o nível forte. Para o reator aerado com difusor poroso, 100% dos jurados indicaram escala de intensidade muito fraca, enquanto que 100% afirmaram nível muito forte para o reator testemunha.

Oliveira e Muniz (2013) fizeram um estudo visando realizar o tratamento de um efluente de curtume com forte potencial odorante usando como técnica de tratamento alternativo a aeração com e sem adição de carbono ativado em pó (CAP) como adsorvente, considerando para efeito metodológico  $H_2S$  e o uso da análise físico-química iodométrica. Os parâmetros operacionais foram: difusores porosos, vazão de  $1 \text{ L.min}^{-1}$  e tempo de 8 horas para 12 bateladas. Foram obtidas concentrações de  $8,31\%$  ( $\pm 1,50\%$ );  $13,60\%$  ( $\pm 3,83\%$ ) e  $24,24\%$  ( $\pm 0,89\%$ ) de  $H_2S$ , para os reatores aerados sem e com CAP e reator testemunha, respectivamente. O Teste *F* apresentou um *F* calculado de 17,64 contra 7,95 do *F* crítico, a 1% de significância. E o Teste de *Tukey* mostrou uma diferença mínima significativa de 2,61; demonstrando diferença significativa entre os dois tipos de aeração.

Desse modo, a aeração isolada ou com adição de zeólita *Y* poderá ser alternativa de desodorização de efluentes com forte característica odorante, apresentando-se como técnica para minimização de efluentes com forte intensidade de odor.

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência do tratamento aeróbio com e sem a adição de zeólitas *Y*, aplicada para abatimento de odor de estações de tratamento de indústrias de curtumes, usando como indicador da eficiência do processo o teste de intensidade de odor.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Gestão Ambiental e Resíduos Sólidos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Para o desenvolvimento da pesquisa foi preparado um efluente sintético segundo sugerido por Canela (1999) *apud* Godke (2011), objetivando simular um efluente com forte potencial odorante de gás sulfídrico, similar ao odor desse gás encontrado em indústrias de curtumes, usando como parâmetro de magnitude o máximo de 30 ppm de concentração desse em solução. Em seguida foi realizado o tratamento aeróbio para minimizar o teor de gás sulfídrico e consequente diminuição da intensidade odorante.

O sistema de aeração foi adaptado conforme Schirmer (2004), a partir de um equipamento piloto em regime de batelada, no qual foram montados 7 reatores piloto com capacidade para 1 Litro (L), onde em cada um foi posto 600 mL do efluente sintético enquanto que 400 mL foram deixados como “headspace” para a contenção dos gases. Dos 7 reatores, 4 continham apenas o efluente sintético, enquanto que os outros 3 continham, também 6 g.L<sup>-1</sup> de zeólitas Y. Dos 4 reatores sem zeólitas, um foi tomado como reator testemunha (não aerado), para servir de parâmetro de odor de H<sub>2</sub>S após às 6 horas de aeração. As condições operacionais foram: vazão de 2 L.min<sup>-1</sup>, difusor jato de ar e tempo de 6 horas de aeração, sendo o controle da vazão feito por um rotâmetro. A Figura 1 ilustra o sistema de aeração:

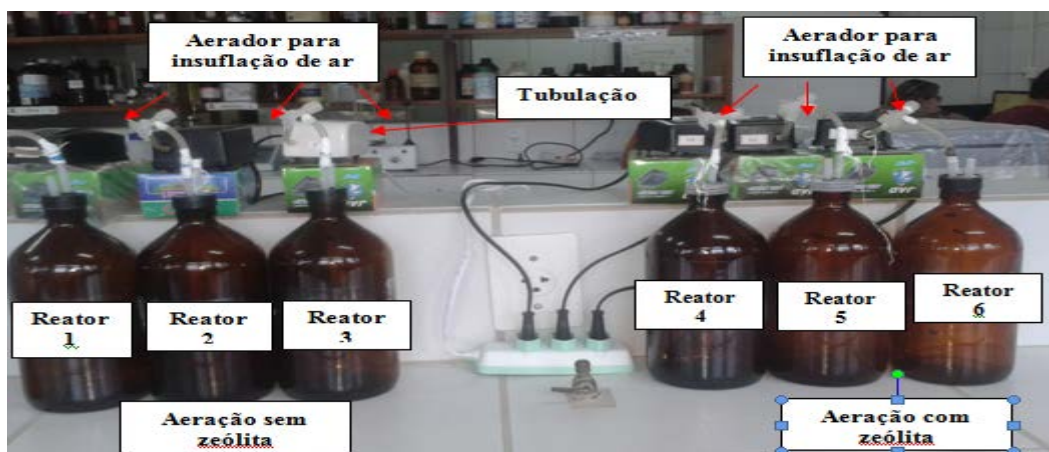


Figura 1: Foto do Sistema de Aeração

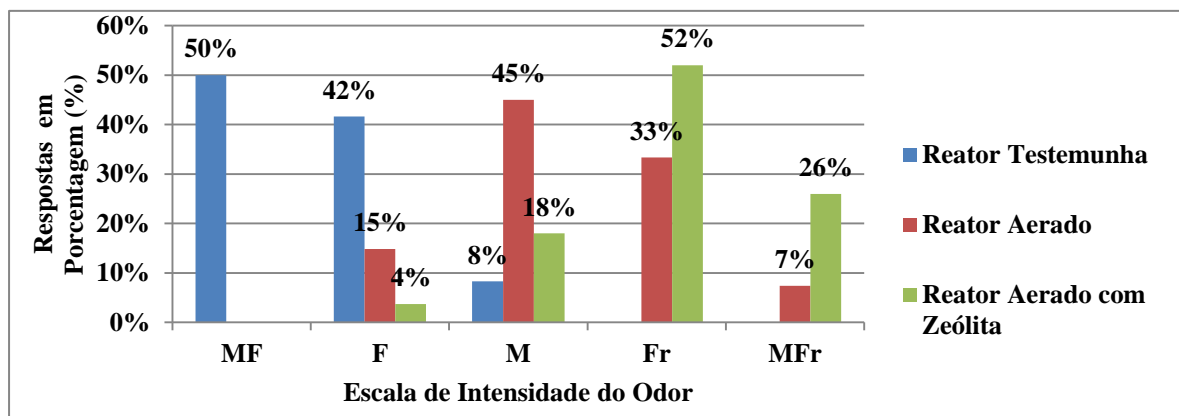
A avaliação da eficiência do tratamento aeróbio com e sem zeólita Y foi realizada pelo uso da análise sensorial com um júri de pessoas previamente selecionada segundo a escala estática de n-butanol, conforme preconizado pela Norma EM 13.725 (CEN, 2003).

O monitoramento do experimento ocorreu antes e após cada batelada, totalizando 3 bateladas para cada tratamento aeróbio com e sem zeólita Y. Cada reator foi avaliado olfatometricamente antes e após os tratamentos cabendo ao corpo de jurados determinarem a intensidade do efluente aerado com e sem zeólita Y comparado ao reator testemunha. Para a avaliação da análise sensorial foi feito o cálculo do índice de intensidade do odor.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### TESTE DE INTENSIDADE ODORANTE

Uma das formas de avaliar o teor do gás sulfídrico ocorreu por meio do teste de intensidade odorante feito 60 minutos antes e 60 minutos após o tratamento aeróbio com e sem zeólita Y. Esse tempo de descanso após a agitação do efluente foi necessário para conseguir o estado estacionário do “headspace” do gás dentro do reator. Foi utilizado como referência o reator testemunha (reator não aerado) como forma comparativa entre os reatores contendo o efluente sintético aerado com e sem zeólita Y. A Figura 2 apresenta o histograma da escala da intensidade de odor (x) versus o percentual de respostas dos jurados.



**Figura 2: Gráfico da escala de intensidade de odor versus a porcentagem das respostas dos jurados.**  
Legenda: MF = Muito Forte, F = Forte, M = Médio, Fr = Fraco e MFr = Muito Fraco.

Diante dos resultados apresentados pela Figura 3 percebe-se que o despreendimento de  $H_2S$  nas etapas do tratamento aeróbio com e sem zeólita Y foi satisfatório. Observa-se que a aeração e a escala de intensidade de odor como medida desse tratamento mostraram-se adequadas, haja vista, os reatores aerados com e sem zeólita Y apresentarem uma atenuação da escala de intensidade de odor em relação ao reator testemunha (não aerado), segundo a avaliação olfatométrica feita pelos jurados. O reator testemunha apresentou os percentuais de 50% e 42% para a escala de intensidade muito forte e forte, respectivamente, 8% para uma intensidade média e 0% para o nível fraco e muito fraco, indicando que de fato é necessário aplicar um tratamento para promover a desodorização do efluente com forte intensidade de odor, haja vista, essa problemática dos odores causarem incômodo olfativo afetando a qualidade do ar e consequentemente a saúde humana.

Com relação à escala de intensidade moderada (média) obteve-se 8; 45 e 18% relativo ao reator testemunha, reator aerado sem e com zeólita Y. Para a escala de intensidade de odor fraco e muito fraco, o reator aerado com zeólita Y obteve 52% e 26% contra 33,33% e 7% para o reator aerado sem zeólita Y, respectivamente. Essas diferenças de percentuais provavelmente são devido à presença de zeólita Y no tratamento aeróbio que devido a sua porosidade, consegue adsorver o  $H_2S$  em sua superfície.

## ÍNDICE DE INTENSIDADE DE ODOR

A Tabela 1 apresenta o índice de intensidade (I) e a escala de intensidade para o reator testemunha e os reatores aerados com e sem zeólita Y.

Tabela 1 - Índice de Intensidade de Odor e Escala de Intensidade do Odor		
Reator	Índice de Intensidade (I)	Escala de Intensidade de Odor
Testemunha	4,45	Forte
Aeração sem Zeólita Y	2,83	Médio
Aeração com Zeólita Y	1,92	Fraco

Analisando a Tabela 1 o índice de intensidade de 1,92 (odor fraco) para o reator aerado com zeólita Y e de 2,83 (odor médio) para o reator aerado sem zeólita Y contra 4,45 (odor forte) para o reator testemunha, veio confirmar as respostas dos jurados. Também fazendo um paralelo com o Gráfico apresentado na Figura 1, observa-se que os maiores percentuais, correspondem a 52% para o nível fraco para o reator aerado com zeólita Y, já para o nível médio o maior percentual foi de 45% para o reator aerado sem zeólita Y, contra 42% para o nível forte e 50% para nível muito forte para o reator testemunha (não aerado).

Para as condições de tempo de 6 horas, difusor jato de ar, presença ou não de zeólita Y, segundo o teste olfatométrico, é evidente que o tratamento aeróbio com e sem zeólita Y é o fator fundamental para diminuir a intensidade do odor. Assim pode-se dizer que o teste de intensidade constitui-se uma ferramenta de baixo



custo e eficiente no controle de odor servindo como parâmetro de medição da qualidade do ar e do incômodo olfativo, sobretudo para as comunidades que residem próximas as fontes odorantes.

## CONCLUSÕES

O júri apontou no teste de intensidade de odor os percentuais de 42% para o nível forte para o reator testemunha, 45% para o nível médio para o reator aerado sem zeólita Y e 52% para o nível fraco para o reator aerado com zeólita Y.

A escala de intensidade de odor para os reatores testemunha (não aerado) contendo o efluente sintético que simulou o despejo de curtume com forte carga odorante apresentou os percentuais de 50% e 42% para a escala de intensidade de odor muito forte e forte, respectivamente indicando que de fato é imperativo aplicar um tratamento para abatimento do odor, haja vista essa problemática gerar incômodo afetando a qualidade do ar e consequentemente à saúde humana.

O índice de intensidade odorante veio a confirmar os resultados apresentados no teste de intensidade odorante, visto que foi obtido o índice de intensidade fraco ( $I=1,92$ ) para o efluente sintético aerado com zeólita Y e índice de intensidade médio ( $I= 2,83$ ) para o efluente sintético aerado sem zeólita Y contra o índice de intensidade forte ( $I= 4,45$ ) para o reator testemunha (efluente sintético não aerado).

Os ensaios do teste de intensidade mostraram ser uma alternativa de baixo custo e eficiente no controle de odor servindo como parâmetro de medição da qualidade do ar e do incômodo olfativo, sobretudo para as comunidades que residem próximas as fontes odorantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANNANIAS, E. A. PACCA, S. A. Tecnologias Ambientais para Curtumes e sua Adequação como Projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). 2<sup>nd</sup> International Workshop/Advances in Cleaner Production, São Paulo. 2009.
2. BALBINOT, A. Poluição olfativa- Composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero. Trabalho de Término de curso (Bacharelado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
3. BONATTO, I. da C., Remoção de H<sub>2</sub>S através de adsorção por carvão ativado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
4. BORBA, F. H. Aplicação dos Processos Foto-Feton e eletrofloculação no Tratamento de efluentes de curtumes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, Paraná, 2010.
5. BRANCHER, M. Avaliação da Degradação fotocatalítica de H<sub>2</sub>S em um reator anular. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
6. EN 13.725. Determination of odour concentration measurement by dynamic olfactometry (English Version). European Committee for Standardization: Brussels, 2003.
7. GLÓRIA, R. M. Estudo dos processos de formação, acumulação, emissão e oxidação de sulfeto de hidrogênio em reatores UASB tratando esgotos domésticos. Dissertação (Mestrado em Saneamento, meio ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
8. GODKE, M. M. Avaliação do potencial de degradação de H<sub>2</sub>S por fotocatalise heterogênea. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.
9. LIMA, E. C. Remoção de sulfato em efluentes de curtume usando processo biológico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
10. MAINIER, F. B. VIOLA E. D. L. O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o Meio Ambiente. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia-SEGeT, 2005.
11. MAINIER, F. B., ROCHA, A. de. A. H<sub>2</sub>S: Novas rotas de remoção química e recuperação de enxofre. 2<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2003.
12. MATTIUSI, E. M. Análise do Comportamento de um Reator Eletroquímico de Leito poroso no Tratamento de Efluentes industriais contaminados por sulfeto de hidrogênio. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

13. NAGEL, C. C. COSTA, A. C. S. da. PADRE, J. Das Graças. Destinação Ambientalmente Correta de Resíduos das Indústrias de Abate Bovino e Couro. 2012.
14. OLIVEIRA, M. V. de; MUNIZ, A. C. S. Avaliação da Aeração como Processo de Tratamento de Gás Sulfídrico Proveniente de Estações de Tratamento de Efluentes. X Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. 2013.
15. PACHECO, J. W. F. Curtumes. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2005.
16. SARMENTO, L. R. B; MUNIZ, A. C. S. Avaliação da eficiência de tratamento de gás odorante por meio de ensaios da intensidade de odor e análise físico-química. In: VI Congresso de Iniciação Científica Da Universidade Federal De Campina Grande, 2008.
17. SCHIRMER, W. N.; DE MELO LISBOA, H.; MUNIZ, A. C. S. Determinação de gases inorgânicos odorantes a partir de superfície líquida: aplicação de câmera de fluxo em lagoas de tratamento de efluentes em refinaria de petróleo. 2005.
18. SCHIRMER, W. N; BELLI, P. B; KAWANO, M. NOGEIRA, J. C. B; BALBINOT, R. Avaliação da dispersão atmosférica de compostos odorantes emitidos na indústria brasileira. Revista Tecno-lógica, Santa Cruz do Sul, v.13, n.1, p.05-11, jan./jun.2009.
19. SCHIRMER, W. N. Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Pós-Graduação em Engenharia Sanitária Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
20. SCHIRMER, W. N.; OLIVEIRA, G. L. de. Desodorização de efluentes líquidos tratados em leito de zona de raízes ("wetlands"). Revista TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 14, n°1, p. 11-19, jan/jun. 2010.
21. SOUZA, C. N. Tratamento primário de efluentes brutos de Curtume quimicamente aprimorado por sedimentação. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2007.
22. ZHANG, Z.; ZHUB, B.; PARK, K. J. A bench-scale aeration study using batch reactor son swine manure stabilization to control odour in post treatment storage. Water research, n°40, p.162-174, 2006.