



Tratamento de Chorume por Processos Oxidativos Avançados Elvis Carissimi¹, Ediane Rosa²

¹Universidade Federal de Santa Maria (elvis.carissimi@pq.cnpq.br)

² Universidade Luterana do Brasil (ediane_rosa@hotmail.com)

Resumo

Este trabalho consiste na análise da viabilidade técnica do tratamento do lixiviado proveniente de um aterro de resíduos sólidos urbanos por processos avançados de oxidação, mais especificamente Fenton e Foto-Fenton. O estudo envolveu a caracterização do lixiviado proveniente do aterro e estudos visando a dosagem adequada do reagente Fenton (razão Fe:H₂O₂) para tratamento otimizado do lixiviado (menor geração de lodo). A eficiência do tratamento foi avaliada em termos de redução de DQO. Ainda, foi avaliado o efeito da radiação UV na oxidação da matéria orgânica (Foto-Fenton). A taxa de geração de lodo proveniente de ambos processos de tratamento, também foi avaliado. A caracterização apresentou uma DQO de 5100 mg/L; DBO de 975 mg/L; nitrogênio total de 695 mg/L e pH 7,8. A DBO e DQO mostraram-se característicos de aterro antigo. Os estudos desenvolvidos apresentaram resultados favoráveis quanto à utilização de ambos os processos para o tratamento do lixiviado. Nas condições estudadas, os resultados mostraram que se pode chegar a uma remoção de DQO em torno de 80% para os processo Fenton (79%) e foto – Fenton (80%), para uma dosagem de 1 g/L de Fe₂SO₄ e 0,87 mg/L de H₂O₂. A quantidade de lodo gerado, independe do processo aplicado, variando de 0,85 a 0,92 g/L. Os resultados mostraram a viabilidade de emprego desse processo para tratamento de lixiviados em processo de batelada.

Palavras-chave: Chorume. Tratamento. Fenton.

Área Temática: Tema 2 – Águas Residuárias.

Abstract

The goal of this work was to evaluate the leachate treatment by Advanced Oxidation Processes (AOP), in special, the Fenton and Photo-Fenton Processes. The study involved the characterization of the leachate and evaluated the proper dosage of Fenton and Photo-Fenton reagent (ratio Fe:H₂O₂) for optimal treatment of the leachate (less sludge generation). The treatment efficiency was evaluated in terms of COD reduction. Yet, UV radiation for the organic matter oxidation was evaluated (Photo-Fenton). The rate of sludge generation was also evaluated. The characterization presented a COD concentration of 5,100 mg/L, a BOD of 975 mg/L; nitrogen of 695 mg/L; pH of 7.8. COD and BOD values show that it is an old landfill, when compared to typical COD leachates over than 10,000 mg/L for new landfills. Best results showed an efficiency of 80% COD reduction for a dosage of 1 g/L of Fe₂SO₄ and 0.87 g/L of H₂O₂. The sludge generated depends on the iron salt concentration, varying from 0.85 to 0.92 g/L. These results showed the viability of the proposed system to treat leachate from landfills in a batch system.

Key words: Leachate. Treatment. Fenton.

Theme Area: Theme 2 – Wastewaters.



1 Introdução

O lixiviado proveniente de aterros sanitários é considerado um problema ambiental devido ao alto potencial de contaminação dos recursos hídricos e do solo. Além da elevada carga orgânica, apresenta altas concentrações de poluentes tóxicos, como metais pesados e micro-organismos patogênicos.

Os processos mais empregados para o tratamento de lixiviados são os processos biológicos devido às características serem semelhantes às dos esgotos domésticos. Porém, muitas dificuldades são encontradas ao utilizar estes tratamentos para lixiviados devido à vazão e carga orgânica muito variáveis, à necessidade de uma grande área para implantação e à baixa eficiência para lixiviado antigo ou pouco biodegradável (ALVES, 2004). Alternativamente, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) tem despertado o interesse de pesquisadores para a oxidação de compostos orgânicos de difícil degradação.

Dessa forma, este trabalho consistiu na análise da viabilidade técnica do tratamento do lixiviado proveniente de um aterro controlado de resíduos sólidos urbanos por processos avançados de oxidação, mais especificamente Fenton e Foto-Fenton. O estudo envolveu a caracterização do lixiviado proveniente do aterro e estudos visando a dosagem adequada do reagente Fenton (razão Fe:H₂O₂) para tratamento otimizado do lixiviado. A eficiência do tratamento foi avaliada em termos de redução de DQO. Ainda, foi avaliado o efeito da radiação UV na oxidação da matéria orgânica (Foto – Fenton). Ainda, foi avaliada a taxa de geração de lodo proveniente de ambos processos de tratamento.

2 Revisão Teórica

O lixiviado proveniente de aterros sanitários é considerado um problema ambiental devido ao alto potencial de contaminação dos recursos hídricos e do solo. Além da elevada carga orgânica, apresenta altas concentrações de poluentes tóxicos, como metais pesados e micro-organismos patogênicos.

Sua destinação inadequada pode colocar em risco a saúde pública, trazendo problemas de ordem sanitária, econômica e estética. A complexidade e variabilidade química do lixiviado dificultam o seu tratamento por técnicas convencionais, tornando-se fundamental o estudo de técnicas emergentes eficientes para o tratamento.

Vale ressaltar que mesmo quando os resíduos sólidos são depositados no solo adequadamente e o aterro encerra suas atividades no tempo certo, a geração do lixiviado não se extingue e, em geral, quanto mais velho o aterro, menos biodegradável é esse efluente, necessitando de processos de tratamento mais complexos. Mesmo após parar de receber resíduos, o aterro continua a produzir lixiviado por cerca de 50 anos (Al-Muzaini apud PACHECO, 2004).

Os processos mais empregados para o tratamento de lixiviados são os processos biológicos devido às características serem semelhantes às dos esgotos domésticos. Porém, muitas dificuldades são encontradas ao utilizar estes tratamentos para lixiviados devido à vazão e carga orgânica muito variáveis, à necessidade de uma grande área para implantação e à baixa eficiência para lixiviado antigo ou pouco biodegradável (ALVES, 2004).

Desta forma, normalmente, os tratamentos biológicos tornam-se ineficientes para enquadramento dos líquidos lixiviados de aterros sanitários dentro dos padrões exigidos pela legislação para descarga em corpos hídricos.

Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) são promissores, sendo largamente empregados no tratamento de águas residuárias, apresentando elevada eficiência na remoção de poluentes orgânicos, principalmente os recalcitrantes (BIDGA, 1995).

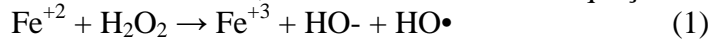
Os POA's têm como principal característica a geração de radicais hidroxilas (HO•), que são reativos e reagem rapidamente com muitos compostos orgânicos resultando em



radicais orgânicos menos estáveis que propiciam uma série de reações de degradação terminando nos produtos de mineralização, como CO₂ e H₂O (TIBURTIUS, 2005).

Dentre os POA's, o sistema utilizando reagente Fenton destaca-se pela simplicidade de aplicação, rapidez e eficiência na degradação de diversos compostos (BORBA, 2008).

O processo caracteriza-se essencialmente pela geração do radical hidroxila devido à reação entre o Fe⁺² e H₂O₂, conforme indicado na Equação 1.

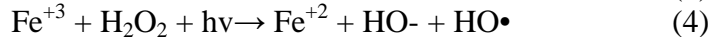
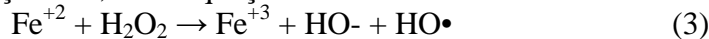


Na sequência, Borba (2008) apresenta a reação por parte do radical hidroxila a um composto orgânico RH qualquer, de acordo com a Equação 2:



Esta reação deve ocorrer em pH entre 2 a 6, de modo a que o Fe (III) fique em solução, em vez de precipitar como hidróxidos férricos, Fe(OH)₃ e FeOOH, o que acontece a pH superior (BORBA, 2008).

Ainda, associado ao processo utilizando o reagente Fenton pode estar a utilização de luz catalisadora da reação, denominado de Foto-fenton, no qual a formação do radical hidroxila (HO•) durante a decomposição de H₂O₂ catalisada por Fe²⁺ em meio ácido e irradiação UV, vide Equações 3 e 4.



3 Metodologia

O estudo envolveu a caracterização do lixiviado proveniente do aterro e estudos visando a dosagem adequada do reagente Fenton (razão Fe: H₂O₂) para tratamento otimizado do lixiviado. A eficiência do tratamento foi avaliada em termos de redução de DQO. Ainda, foi avaliado o efeito da radiação UV na oxidação da matéria orgânica (Foto – Fenton). Ainda, foi avaliada a taxa de geração de lodo proveniente de ambos processos de tratamento.

Foi usado o lixiviado proveniente do aterro controlado de resíduos sólidos urbanos da Roselândia situado no município de Novo Hamburgo RS. A coleta do lixiviado foi realizada no ponto de acumulação das correntes, antes do efluente ser transportado para o sistema de tratamento.

Para realização dos ensaios com o objetivo de testar as condições de otimização dos reagentes e a eficiência do tratamento do lixiviado através da aplicação do reagente Fenton foram necessários os seguintes materiais e reagentes: HCl P.A. (Ácido Clorídrico); Fe₂SO₄ P.A. (Sulfato de Ferro II) - Marca Synth; H₂O₂ P.A. (Peróxido de Hidrogênio) - Marca Synth; NaOH P.A. (Hidróxido de Sódio); pHmetro de bancada - Marca Quimis, modelo Q-400A; balança de alta precisão – Marca Ohaus-Adventure; agitadores magnéticos; reator de fotocatalise; papel filtro e estufa.

Nos experimentos de foto-Fenton, além dos reagentes e materiais supracitados foi utilizado um reator de fotocatalise em escala laboratorial, composto por: reator de vidro, câmara de inox, lâmpadas ultravioleta e agitador mecânico da marca Fiston modelo 722 D com potência de 255W 115V ou 230V 60HZ; mandril vazado de diâmetro 10mm e haste de 600mm de comprimento com hélice tipo naval diâmetro 80mm.

A câmara de inox tem como finalidade proteção ao reator de vidro e suporte as 12 lâmpadas ultravioletas (8 Watts) instaladas radialmente em seu interior.

Uma amostra com cerca de 1L do efluente bruto foi encaminhada para realização de análises físico-químicas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Os parâmetros selecionados para análise foram: DBO, DQO, Cloretos, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Nitrato, Ferro, Condutividade Elétrica, pH, Mercúrio, Cobre, Cromo, Cádmio, Zinco, Chumbo e Níquel.



Foram realizados dois tipos básicos de procedimentos experimentais, um utilizando reagente Fenton e outro foto- Fenton, mostrado na Figura 1. A Tabela 1 apresenta os reagentes e as dosagens utilizadas para os processos de tratamento.

Figura 1 – Fluxograma dos procedimentos experimentais utilizando os processos Fenton e Foto – Fenton.

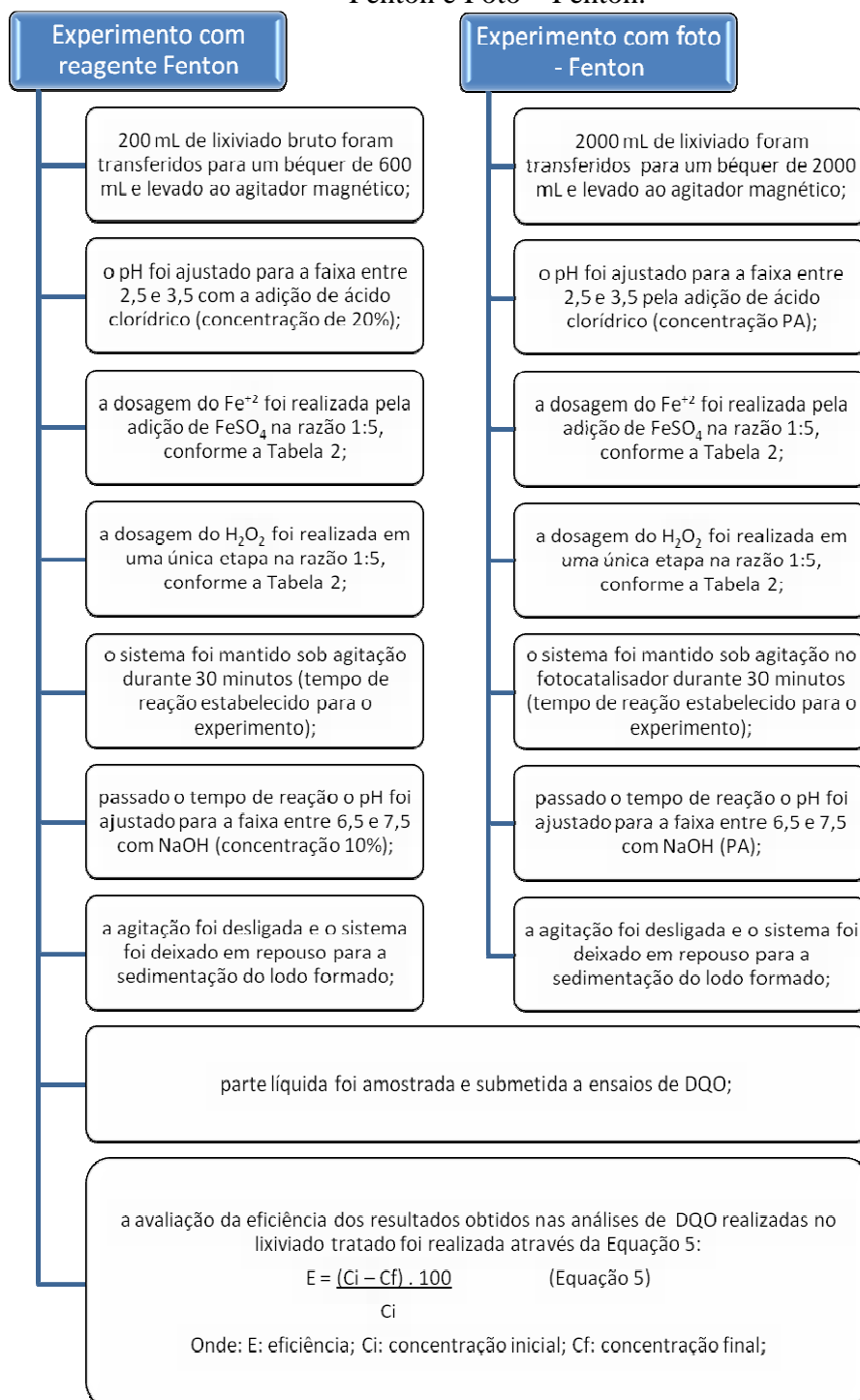




Tabela 1 – Dosagem dos reagentes no processo de tratamento com Fenton e Foto – Fenton.

Dosagem de reagentes na razão 1:5		
Amostra	Fe₂SO₄ (g/L)	H₂O₂ (g/L)
1	0,50	0,350
2	1,00	0,870
3	2,00	1,400

O lodo gerado nas amostras submetidas ao tratamento pelos processos Fenton e foto – Fenton após sedimentado foi filtrado por gravidade, em seguida, a torta de lodo resultante foi desidratada em estufa a 45° C por um período de 48 horas. Após desidratadas as amostras foram submetidas à pesagem nas balanças de alta precisão. Para o processo foto – Fenton foi realizado um novo ensaio utilizando as concentrações de reagentes que culminaram na maior remoção de DQO, para avaliar a remoção desta, ao logo do tempo de reação.

4 Resultados e Discussão

A medição in loco sobre a geração de chorume pelo aterro apresentou uma vazão de 10,4 m³/dia. Os resultados da caracterização do lixiviado bruto são apresentados na Tabela 2.

Figura 2 – Caracterização do Chorume

Determinações	Valores
pH	7,8
Condutividade elétrica – μ S /cm	9,62
Nitrogênio total Kjeldahi – mg/ L	695
Fósforo Total – mg/L	3,7
DQO – mg/L	5100
DBO – mg/L	975
N-NO ₃ (nitrato) – mg/L	4,2
Ferro total – mg/L	28
Zinco total – mg/L	0,24
Cobre total – mg/L	0,05
Cádmio total – mg/L	<0,002
Cromo total – mg/L	0,013
Chumbo total – mg/L	0,05
Níquel total – mg/L	0,004

Os valores de DQO e DBO mostrados na Tabela 2 são característicos de aterros estabilizados. Segundo o método recomendado por Forgie (1988), a baixa relação DBO₅/DQO mostra que o tratamento físico-químico é adequado para esse tipo de lixiviado. A razão de biodegradabilidade (calculada pela relação DBO/DQO) em torno de 0,1, é característico de lixiviado em adiantada fase de degradação. Estes resultados estão de acordo com os encontrados na literatura nos estudos realizados por Lange (2006) e Moraes (2005) as quais relatam a caracterização do lixiviado proveniente do aterro sanitário de Belo Horizonte e Curitiba, respectivamente. Nesses estudos, as razões DBO/DQO variaram entre 0,1 a 0,3.

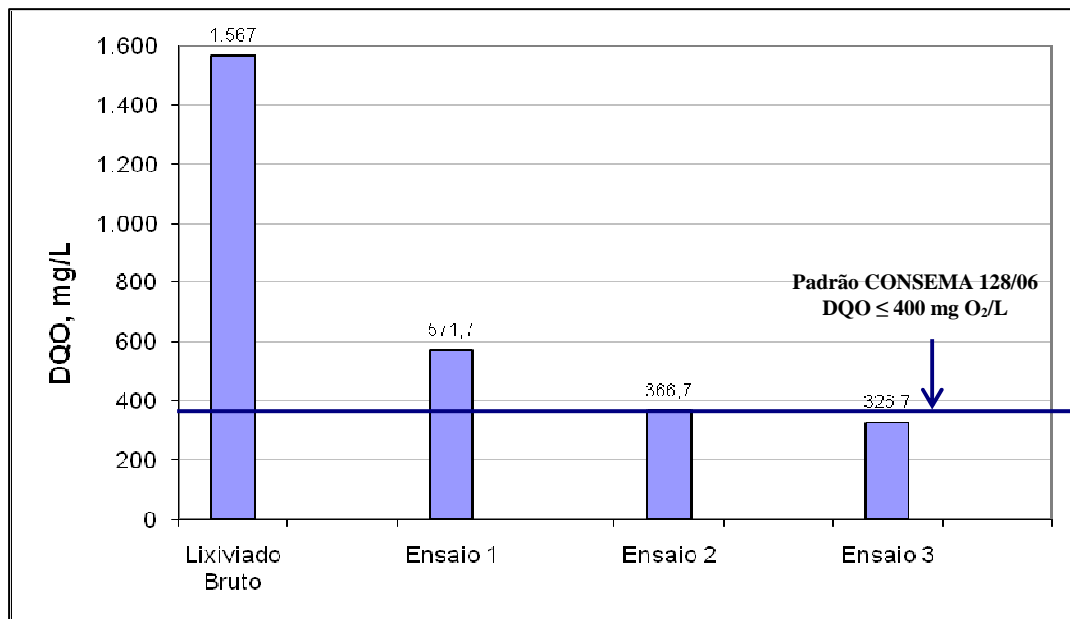
Conforme descrito na metodologia foram realizadas três dosagens (vide Tabela 1) no lixiviado bruto, para verificar a eficiência da reação em termos da redução da carga orgânica



ao variar as concentrações dos reagentes. A Figura 2 mostra os lixiviados tratados referentes aos cinco ensaios onde se pode observar a remoção de cor e a formação do lodo.

Para os ensaios do experimento de oxidação com foto-Fenton, foram realizadas três amostragens com o lixiviado bruto, mantendo-se a proporção entre as concentrações de H_2O_2 e Fe_2SO_4 dos experimentos realizados no experimento com Fenton (1:5) em todos os ensaios (Tabela 1), para verificar a eficiência da reação em termos da redução da carga orgânica ao variar as concentrações dos reagentes.

Figura 2 – Efeito da dosagem dos reagentes na remoção de DQO do lixiviado com emprego do reagente Fenton.



A eficiência dos resultados obtidos nas análises de DQO realizadas no lixiviado tratado é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Eficiência dos resultados das análises de DQO no lixiviado tratado com Foto Fenton.

Ensaio	Valores
Ensaio 1	68%
Ensaio 2	78%
Ensaio 3	80%

Os resultados demonstram que as remoções de DQO foram superiores à 68%, com média em torno de 75%, sendo a maior remoção alcançada de 80%. As maiores eficiências em termos de remoção de DQO foram observadas nos ensaios com maior concentração de H_2O_2 e Fe_2SO_4 . O tempo de reação foi mantido constante. Lange (2006) obteve uma remoção de 78,91 % em termos de DQO para o processo foto-Fenton. A Tabela 4 mostra um comparativo na geração de lodo entre os processos Fenton e foto - Fenton.



Tabela 4 – Efeito na geração de lodo com o emprego do reagente Fenton e foto – Fenton.

Massa de Lodo (g/L)		
Amostra	Fenton	Foto-Fenton
1	0,22	0,24
2	0,44	0,42
3	0,85	0,92

Os resultados mostram que a quantidade de lodo gerado, independe do processo aplicado.

4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

Os estudos realizados neste trabalho mostraram que é viável o tratamento do lixiviado em aterros sanitários, via processo Fenton e foto - Fenton.

O lixiviado estudado apresentou características de um aterro desativado com carga orgânica relativamente baixa (DQO aproximadamente 5000 mg/L) em relação a um aterro sanitário novo (DQO aproximadamente 11000 mg/L).

A dosagem de Fenton estudada mostrou que a concentração 1,0 g/L de Fe_2SO_4 e 0,87 g/L de H_2O_2 são suficientes em relação a remoção de DQO no tratamento do lixiviado avaliado.

O lodo gerado foi proporcional a concentração de ferro empregado, variando entre 0,85 e 0,92 g/L nas condições otimizadas do processo Fenton e foto – Fenton respectivamente.

Os estudos desenvolvidos apresentaram resultados favoráveis quanto à utilização de ambos os processos para o tratamento do lixiviado.

Nas condições estudadas, os resultados mostraram que se pode chegar a uma remoção de DQO em torno de 80% para os processo Fenton (79%) e foto – Fenton (80%) e que a quantidade de lodo gerado, independe do processo aplicado.

Referências

ALVES, Juliana F. **Aplicação do Reagente de Fenton no Tratamento de Líquidos Lixiviados de Aterros Sanitários**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

BIDGA, R. J. Consider Fenton's Chemistry for Wastewater Treatment. **Chemical Engineering Progress**, v. 91, n. 12, p. 62-6, 1995.

BORBA, Fernando Henrique et al. Tratamento do Efluente Madeiro por Processo foto – Fenton. **Revista Estudos Tecnológicos** – vol.4, jan./abr. 2008.

DE LEON, M. A.; CASTIGLIONI, J.; BUSSI, J. e SERGIO, M. 2008. Catalytic activity of an iron-pillared montmorillonitic clay mineral in heterogeneous photo-Fenton process. **Catalysis Today**, 133:600–605.

FORGIE, D. J. L. Selection of the Most Appropriate Leachate Treatment Methods. **Water Pollution Research Journal of Canada**, v. 23, n. 2, p. 308-355, 1988.



LANGE, Liséte C. et al. Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário por Processo Oxidativo Avançado Empregando Reagente de Fenton. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.II, n. 2, p. 175-83, abr-jun, 2006.

MORAIS, Josmaria L. **Estudo da Potencialidade de Processos Oxidativos Avançados, Isolados e Integrados com Processos Biológicos Tradicionais, para Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário**. Curitiba: UFPR, 2005. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal do Paraná, 2005.

PACHECO, Jailson R. Estudo de Certas Potencialidades de Processos Oxidativos Avançados para o Tratamento de Percolado de Aterro Sanitário. Curitiba: UFPR, 2004. **Dissertação (Mestrado em Química Analítica)**, Setor de Ciências Exatas. Universidade Federal do Paraná, 2004.

TARTARI, Leori C. Avaliação do Processo de Tratamento do Chorume do Aterro Sanitário de Novo Hamburgo. Canoas: ULBRA, 2003. **Dissertação (Mestrado em Engenharia, Energia, Ambiente e Materiais)**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Energia, Ambiente e Materiais. Universidade Luterana do Brasil, 2003.

TIBURTIUS, E. 2005. Degradação de Benzeno, Tolueno e Xileno (BTX) via Processos Oxidativos Avançados. **Química Nova**, 28:61-64.

YUN, K.W., MIN-JUNG, C., KYUNG-YUP, H. Correction of hydrogen peroxide interference on standard chemical oxygen demand test, **Water Research**, 33(5), 1247-1251, 1999.