

## PROCESSO FENTON APLICADO AO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO – UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

NICOLE FERNANDES DA SILVA<sup>1</sup>; GUILHERME PEREIRA SCHOELER<sup>2</sup> ;  
PIERRE LUZ DE SOUZA<sup>3</sup>; ADRIANA GONÇALVES DA SILVA MANETTI<sup>4</sup>; RUBIA  
FLORES ROMANI<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas – [nicolefernandes1995@gmail.com](mailto:nicolefernandes1995@gmail.com)

<sup>2</sup>Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas – [gschoeler@outlook.com](mailto:gschoeler@outlook.com)

<sup>3</sup>Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas - [pierresouza@gmail.com](mailto:pierresouza@gmail.com)

<sup>4</sup>Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas – [didialimentos@yahoo.com.br](mailto:didialimentos@yahoo.com.br)

<sup>5</sup>Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas - [fgrubia@yahoo.com.br](mailto:fgrubia@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o montante de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletado em 2016 foi de 71,3 milhões de toneladas, dos quais 41,7 milhões foram enviadas para aterros sanitários (Abrelpe, 2017). De acordo com a NBR 8419, “aterro sanitário é a técnica de disposição de resíduos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais”. Nesta tecnologia de disposição, o subproduto líquido, denominado lixiviado, é gerado a partir da lixiviação dos resíduos em metabolização microbológica por águas de composição dos resíduos, e, sobretudo, por águas de chuvas (Gewehr et al., 2013).

Segundo Christensen apud Campos (2013), o lixiviado é composto por quatro frações principais: (1) matéria orgânica dissolvida (cuja sua formação é principalmente por ácidos graxos voláteis, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos); (2) compostos orgânicos xenobióticos (representados por compostos de natureza fenólica, hidrocarbonetos aromáticos e compostos organoclorados alifáticos); (3) macro componentes inorgânicos (dentre os quais estão  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Na$ ,  $K$ ,  $NH_3$ ,  $NH_4^+$ ,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Cl$ ,  $SO_4^{2-}$  e  $HCO_3^-$ ); e (4) metais potencialmente tóxicos ( $Cd$ ,  $Cr$ ,  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Ni$  e  $Zn$ ). Destes, as substâncias húmicas contêm elevada concentração de matéria orgânica recalcitrante de difícil degradação (Lima et al., 2016). Devido a estas características, o tratamento convencional, normalmente empregado, não é suficiente para garantir a eficiência necessária e por este motivo tem sido crescente o estudo e emprego de Processos Oxidativos Avançados (POAs) a este tipo de contaminante (Silva, 2002; Lange et al., 2006; Campos, 2013; Urbano, 2017).

O processo Fenton destaca-se como um dos POAs mais promissores no tratamento de lixiviado maduro, podendo ser empregado como pré ou pós-tratamento deste efluente (Lange et al., 2006).

Este trabalho tem como objetivo mostrar a tratabilidade do lixiviado de aterro sanitário através do processo Fenton.

### 2. METODOLOGIA

Este estudo é constituído de uma revisão literária com pesquisas em artigos, dissertações e outras fontes para a obtenção de dados que reportem a tratabilidade do lixiviado de aterro sanitário pelo emprego do processo Fenton.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os POAs consistem na geração de intermediários fortemente oxidantes, especialmente o radical hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ), que destroem compostos orgânicos de maneira ágil e não-seletiva, e conduzem à mineralização, parcial ou completa, do contaminante, transformando-o em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos (não tóxicos, ou de menor potencial tóxico) (Loureiro, 2014).

A reação Fenton é definida como a geração catalítica de radicais hidroxil, por possuírem um elevado potencial de oxi-redução, e por isto, ataca indistintamente todas as espécies presentes no meio reacional, a partir da reação em cadeia entre o íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), em meio ácido, que gera  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e sais inorgânicos como produto de sua reação. As variáveis consideradas importantes para o estudo do sistema Fenton são pH, presença ou ausência de oxigênio, dosagem de ferro e de peróxido de hidrogênio (Silva, 2009).

Gewehr et al., (2013), reportaram que o processo Fenton, quando empregado no tratamento do lixiviado de aterro sanitário, é capaz de degradar a matéria orgânica recalcitrante presente, mesmo em elevadas concentrações. Li et al., (2010) também investigaram a tratabilidade do lixiviado e concluíram que o Fenton apresenta elevada eficiência na remoção dos compostos húmicos, aumento da biodegradabilidade, remoção de cor e odor e diminuição da toxicidade.

Lopez et al., (2004) obtiveram os melhores resultados aplicando o processo Fenton para o tratamento do lixiviado, a partir de uma relação  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2} = 12:1$ , pH inicial de 3,0, e tempo de reação de 2,0 horas, obtendo relação  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  final de 0,5 e remoção de 60% da DQO. Já Gotvajn et al., (2008) alcançaram 86% de remoção de DQO utilizando Fenton, com elevação da biodegradabilidade do lixiviado e redução da toxicidade. As condições do ensaio foram: pH = 4, razão  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2} = 10:1$  e tempo de 30 minutos, com temperatura mantida em 40°C.

A tabela 1 apresenta os resultados dos principais parâmetros que caracterizam a tratabilidade do processo Fenton aplicado ao lixiviado bruto e tratado de aterro sanitário, antes e após o tratamento com Fenton, sendo possível notar eficiência em seu tratamento devido aos valores de parâmetros encontrados.

Para Lange et al., (2006) o POA empregando do processo Fenton é tecnicamente viável como tratamento preliminar, pois apresenta elevada eficiência de remoção de carga orgânica e inorgânica, associada à vantagens de facilidade operacional com flexibilidade no controle de variáveis de processo. Para as análises de Silva, (2009) foi possível remover 55% da DQO. Gewehr et al., (2013) conclui que o processo Fenton demonstrou eficácia significativa no tratamento de lixiviado antigo com alta concentração de matéria orgânica recalcitrante, representada por parâmetros como DQO.



1. Revisão de valores encontrados em parâmetros antes e após o tratamento com reagente Fenton

Efluente	*COT (mg/L)	DBO (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	DQO ( mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	pH	REFERÊNCIA
Lixiviado Bruto	376	300	2313	7,7	Lange et al., (2006)
Lixiviado Tratado	-	-	902	3	Lange et al., (2006)
Lixiviado Bruto	827	104	3269	8,6	Silva, (2009)
Lixiviado Tratado	432	148	1657	3	Silva, (2009)
Lixiviado Bruto	-	-	5900	8,3	Gewehr et al., (2013)
Lixiviado Tratado	-	-	531	4,2	Gewehr et al., (2013)

(Tabela 1)

\*Carbono orgânico total

°Padrões de lançamento de efluentes

•Remoção mínima de 60%, este limite só poderá ser reduzido no caso de estudo do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor

Embora o reagente Fenton seja muito eficiente em alguns casos, sua utilização prevê um passo adicional que é a retirada dos sais de ferro formados, que ocorre porque, durante o processo de oxidação, há a formação de flocos de vários tamanhos, compostos por complexos formados pela reação de hidrólise de ferro (Filho, 2007).

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com as conclusões dos autores citados, o processo Fenton apresenta eficiência em tratamentos de lixiviado, o que torna esta aplicação uma tecnologia promissora. No entanto, apesar dos esforços, o tratamento do lixiviado ainda apresenta-se como desafio, o que conduz à necessidade de um superior volume de pesquisas, de modo a consagrarem novos arranjos tecnológicos de elevada eficácia e de baixo custo, com emprego em larga escala e aplicáveis aos vários casos.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016: aumento de lixões e redução da coleta.** 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Referências.** Rio de Janeiro, p. 1. 1992.
- CAMPOS, R. **Estudo da tratabilidade de ácidos húmicos e lixiviado de aterro sanitário por lados ativados em escala de bancada.** 2013. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.
- FILHO, G. M. R. **Desenvolvimento de processos oxidativos avançados para tratamento de lixiviado do aterro sanitário da Muribeca (PE).** 2007. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2007.
- GEWEHR, A. G.; SILVA, J. S.; ALMEIDA, D. B.; FLECK, E.; CYBIS, L. F. **Aplicação da metodologia de superfície de resposta no tratamento de lixiviado de aterro sanitário utilizando processo Fenton.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.
- LANGE, L. C.; ALVES, J. F.; AMARAL, M. C. M.; JÚNIOR, W. R. M. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançados empregando reagente Fenton.** V. 11, n. 2, p. 175 – 183, 2006.
- LI, H.; ZHOU, S.; SUN, Y.; LV, J. **Application of response surface methodology to the advanced treatment of biologically stabilized landfill leachate using Fenton's reagent.** WasteManagement, v. 30, p. 2122-2129, 2010.
- LIMA, L. S. M. S.; ALMEIDA, R.; QUINTAES, B. R.; BILA, M. D.; CAMPOS, J. C. **Análise de metodologias de quantificação de substâncias húmicas em lixiviados de aterros de resíduos sólidos.** v. 12, n. 1, p. 87 – 98, 2016.
- LOPEZ, A.; PAGANO, M.; VOLPE, A. **Fenton's pré-treatment of mature landfill leachate.** Itália – Chemosphere. p. 54. 1005 - 1010, 2004.
- LOUREIRO, M. A.; SOBRINHO, M. A. M.; CAVALCANTI, J. V. F. L.; CALHEIROS, M. R.; LIMA, I. V. C. **Tratamento de lixiviado de aterros sanitários urbanos utilizando os processos oxidativos avançados combinados a coagulação/floculação.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis/SC, 2014.
- SILVA, F. B. **Tratamento combinado de lixiviados de aterros sanitários.** 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado.** 2002. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- URBANO, V. R. **Processos oxidativos avançados aplicados à degradação de sulfaquinoxalina: produtos de degradação e toxicidade.** 2017. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Unicamp.