



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Severino Sombra
Vassouras – RJ – Brasil

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO NO TRATAMENTO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO. (*)

**PORTO¹, T. M.; YASSUE¹, P. H.; THEODORO², P. S.;
MODENES³, A. N.; BRAGIÃO¹, M. E.**

⁽¹⁾ Acadêmica Engenharia Química - UNIOESTE; ⁽²⁾ Engenheiro Químico; ⁽³⁾ Docente - DEQ/UNIOESTE Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua da Faculdade, 645 – CEP 85903000 - e-mail: anmodenes@yahoo.com.br

RESUMO - O objetivo deste trabalho é aplicar o processo de eletrocoagulação (EC), no tratamento de chorume de aterro sanitário. Este é um efluente de alta carga orgânica e que provoca alguns males ambientais, e com isso, processos de tratamento sempre estão sendo investigados. A coleta do efluente bruto foi realizada no aterro sanitário da cidade de Cascavel – Pr. O processo foi realizado em escala laboratorial e para avaliar as melhores condições de processo do sistema, foi aplicado um planejamento experimental 3³ completo. Para realização dos experimentos EC, em batelada, foi utilizado um reator de material plástico com uma capacidade de 2 litros de efluente para ser tratado, provido de uma torneira para fácil escoamento do lodo gerado após o tratamento de EC. Os eletrodos, tipo colmeia, foram confeccionados com placas de ferro, com uma largura de 5 cm, altura de 15 e espessura de 3 mm. A distância entre as 6 placas de ferro foi de 2,5 cm. A eficiência do processo foi avaliada com base na redução de demanda química de oxigênio (DQO), cor e turbidez. Os parâmetros operacionais avaliados no reator de eletrocoagulação foram: o pH inicial, tempo e intensidade de corrente. O processo mostra-se eficiente para o tratamento de chorume, devido a facilidade e baixo custo de operação. A maior eficiência na redução dos poluentes verificada no processo de eletrocoagulação foi de 75, 82 e 60% para turbidez, cor e DQO respectivamente, sendo remoções satisfatórias para o tratamento.

Palavras chave: EFICIÊNCIA, REMOÇÃO, PARÂMETROS.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos está cada vez mais acentuada, e com isso a eliminação deles em aterro sanitário é uma parte importante e essencial em todo mundo.

Porém, um dos mais graves problemas ambientais relacionados ao aterro é a geração

de lixiviados durante o processo de decomposição pela água da chuva que percolam, atingindo as camadas do solo.

O chorume é um líquido escuro, de odor desagradável, contendo alta carga orgânica e inorgânica. A composição química e microbiológica do chorume é bastante

*Bolsista CNPq. (exemplo)

complexa e variável, uma vez que, além de depender das características dos resíduos depositados, é influenciada pelas condições ambientais, pela forma de operação e idade do aterro e, principalmente, pela dinâmica dos processos de decomposição que ocorrem no interior das células (EL FADEL *et al.*, 2002; KJELDSEN *et al.*, 2002; TATSI *et al.*, 2003).

Os processos convencionais utilizados no tratamento do chorume são baseados em processos físico-químicos e biológicos. Os primeiros costumam ser fundamentados em processos de adsorção e em rotinas de precipitação-floculação, que apresentam elevada eficiência de depuração. Entretanto, as substâncias contaminantes não são degradadas, o que necessariamente implica a geração de fases sólidas (lodos) altamente contaminados (BAE *et al.*, 1999). Processos biológicos, por sua vez, podem ser aplicados na forma de rotinas aeróbias, anaeróbias e facultativas (FREIRE *et al.*, 2000; STROOT *et al.*, 2001). Infelizmente, características como necessidade de longos tempos de residência (variando de dias até semanas) e baixa eficiência na remoção de compostos recalcitrantes e coloridos (FREIRE *et al.*, 2000), fazem com que a sua eficiência seja bastante discutida.

As técnicas tradicionais aplicadas no tratamento dos efluentes em geral, tais como coagulação/floculação, separação por membranas (ultra filtração, osmose inversa) ou a eliminação por carvão ativado (adsorção), apenas transferem o poluente de fase, e os tratamentos biológicos também não apresentam degradação satisfatória (GARCIA *et al.*, 2008; KNITTEL E SCHOLLMEYER, 2008; NEELEVANNAN *et al.*, 2007). Com isso, é constante a busca por novas tecnologias que equilibrem o custo e a eficiência, entre as quais se destaca a eletro-coagulação (EC), combinando a oxidação parcial do poluente, via eletrolítica, com a precipitação físico-química ou eletroquímica do lodo (ALINSAFI *et al.*, 2005).

A EC tem hoje uma ampla gama de aplicações, dentre as quais se destacam: efluentes têxteis (RAGHU *et al.*, 2007, RAJU *et al.*, 2008), águas residuais de lavanderias (GE *et al.*, 2004), remoção de íon fluoreto (SHEN *et al.*, 2003) e tratamentos de efluentes

de curtumes (MURUGANANTHAN *et al.*, 2004, ESPINOZA-QUIÑONES, *et al.*, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta do efluente foi efetuada no aterro sanitário da cidade de Cascavel, Pr, localizada na região oeste do estado. O aterro é constituído de várias lagoas, sendo elas, de chorume bruto, em tratamento e tratado. A mostra coletada foi de chorume bruto.

A caracterização físico-química do efluente foi realizada nos laboratórios de Controle de poluição (CP) e no Núcleo de Biotecnologia e Desenvolvimento de processos químicos (NBQ) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste Campus de Toledo. Sendo os parâmetros analisados pH, cor, turbidez e DQO. Também foram realizadas corridas para testes com tempos diversificados, para a partir disso elaborar um planejamento experimental.

Todas as análises físico-químicas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods. Foi realizado um planejamento experimental 3³ para a realização do estudo do processo de eletrocoagulação.

Para realização dos experimentos EC, em batelada, foi utilizado um reator de material plástico com uma capacidade de 2 litros de efluente para ser tratado, provido de uma torneira para fácil escoamento do lodo gerado após o tratamento de EC. Os eletrodos, tipo colmeia, foram confeccionados com placas de ferro, com uma largura de 5 cm, altura de 15 e espessura de 3 mm. A distância entre as 6 placas de ferro foi de 2,5 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da Tabela 1 é apresentado os resultados da caracterização do efluente Bruto, para os seguintes parâmetros: Cor, Turbidez, DQO.

Tabela 1- Resultados da caracterização do Efluente Bruto.

B	Valor	Unidade
Cor	331	Pt-Cor
Turbidez	160	NTU
DQO	1420	mgL ⁻¹

A matriz experimental foi desenvolvida aplicando o planejamento fatorial 3³. O experimento consistiu na análise dos efeitos dos fatores corrente (i), pH e Tempo(min) sobre os parâmetros resposta, avaliados em três níveis apresentados pela Tabela 2 juntamente com os respectivos coeficientes.

Tabela 2 - Fatores e Níveis aplicados ao experimento.

Fator	Coef	Níveis		
		-1	0	1
Tempo (min)	F1	5	32,5	60
Corrente (A)	F2	0,5	2,75	5
pH	F3	3	6	9

O modelo matemático de regressão (função resposta) do referido planejamento é representado pela equação 1.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j>i}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (1)$$

Os modelos de regressão obtidos por meio das análises estatísticas, fazem a correlação entre a função resposta (percentual de remoção da Cor, Turbidez e DQO) e os fatores significativos (pH, Tempo e Corrente elétrica) juntamente com as interações entre os mesmos. A validade dos modelos matemáticos gerados foi comprovado através da análise de variância (ANOVA). Para que o modelo seja considerado válido dentro do intervalo de confiança (Fcalculado) deve ser maior que o fator de (Ftabelado) ou o valor de p<0,05, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3- ANOVA Análise de Variância do modelo de remoção da Turbidez, Cor e DQO

	Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quad.	F Calc.	F Tab	p-Valor
Cor	Regressão	8054	4	2013,56	5,7973		2,42.10 ⁻³
	Erro	7641,16	22	347,326		-	
	Total SS	15695,41	26				
Turbidez	Regressão	8070	4	2017,41	5,8201		2,37.10 ⁻³
	Erro	7625,78	22	346,626		-	
	Total SS	15695,41	26				
DQO	Regressão	2060762	25	82430,4	5,9147		2,07.10 ⁻⁸
	Erro	766516	55	13936,6		-	
	Total SS	2827278	80				

As Figuras 1- 3 apresentam a superfície de resposta multiparamétrica da percentagem de remoção da DQO, cor e turbidez em função da variação dos seguintes parâmetros tempo de eletrólise, corrente (A) e pH, quando significativa (p < 0,05), e das interações entre

esses parâmetros quando também significativas. Por meio destas figuras, é possível observar o comportamento dos processos de remoção.

Turbidez

Na Figura 1, é apresentada as variações das percentagens de remoção da turbidez. Conforme esta Figura observa-se que a máxima percentagem de remoção foi de 75% de turbidez.

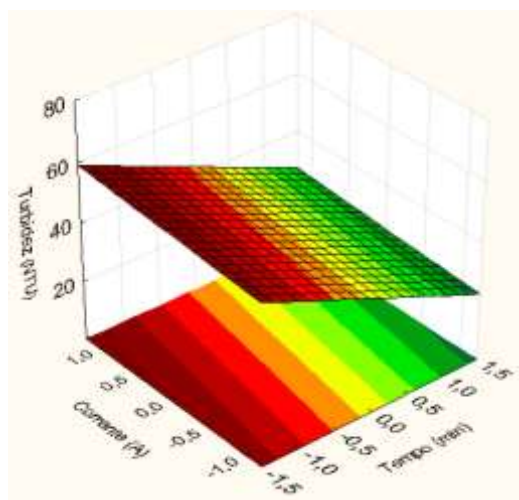


Figura 1 - Superfícies de resposta para remoção da turbidez.

Cor

Na Figura 2 foi mantido constante o pH. A variação da percentagem de remoção da cor está sob a influência do tempo e sob a influência da corrente. Conforme esta Figura, observa-se que a máxima percentagem de remoção esta numa região compreendida da corrente entre 2 e 4 A.

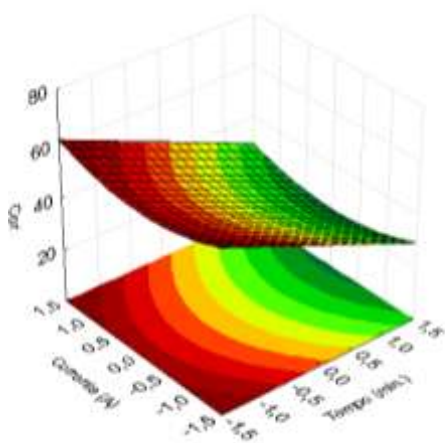


Figura 2-Superfícies de resposta para remoção da cor.

DQO

Na Figura 3 foi mantido constante o tempo. A variação da percentagem de remoção da DQO está sob a influência da corrente e sob

a influência do pH. Conforme esta Figura, observa-se que a máxima porcentagem de remoção esta numa região compreendida no valor de pH entre 6 e 9 e corrente entre 2 e 4A.

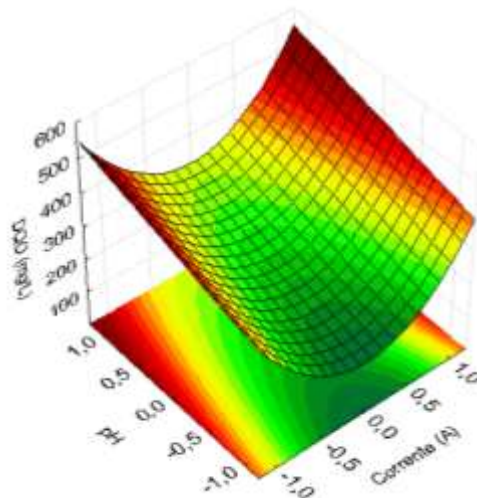


Figura 3-Superfícies de resposta para remoção da turbidez.

CONCLUSÃO

O planejamento experimental completo 3^3 determinou as condições ótimas de processo: pH inicial 9,0 ; tempo de eletrólise de 5 minutos e intensidade de corrente de 5 A, obtendo assim os melhores resultados na remoção da DQO, cor e turbidez, que são 60, 82 e 75%, sendo assim: 568 mgL^{-1} , 59,58 Pt-Cor e 40 NTU respectivamente. A análise de viabilidade indicou que o tratamento de efluentes via processo de eletrocoagulação é mais eficiente quando se trabalha com maiores volumes de efluente a ser tratado justificando assim a viabilidade de se aplicar esta técnica em escala industrial.

Conclui-se que todos os objetivos traçados no planejamento do projeto foram alcançados satisfatoriamente, sendo que os resultados obtidos, de um modo geral, mostram que o tratamento utilizado pode ser considerado eficiente no tratamento de chorume de aterro sanitário.

REFERERÊNCIAS

ALINSAFI, A., KHEMIS, M., PONS, M. N., PONS, M. N., LECLERE, J. P., YAACOUBI, A., BENHAMMOU, A.,

- NEJMEDDINE, A., **Electrocoagulation of reactive of reactive textile dyes and textile wastewater**, *Chemical Engineering and Processing* 44, 461-470 p., 2005.
- BAE, B., JUNG, E. S., KIM, Y. R., SHIN, H. S. Treatment of Landfill Leachate Using Activated Sludge Process and Electro-Bean Radiation. **Water Research**. Vol. 33, (11), p. 2669 – 2673, 1999.
- EL FADEL, M.; DOUSEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLIC, B. Factors influencing solid waste generation and management. **Waste Management**. V. 22, p. 269 - 276, 2002.
- ESPINOZA-QUINONES, F. R., FORNARI, M. M. T., MÓDENES, A. N., PALÁCIO, S. M., SILVA, F. G., SZYMANSKI, N., KROUMOV, A.D., TRIGUEIROS, D. E. G. **Pollutant removal from tannery effluent by Electrocoagulation**. *Chemical Engineering Journal*. 151. 59-65 p., 2009.
- FREIRE, R. S. et al. P. *Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas*. Química Nova. v. 23, n. 4, p. 504 – 511, 2000.
- GARCIA, J. C., SIMIONATO, J. I., CARLI DA SILVA, A. E., NOZAKI, J., DE SOUZA, N. E., **Solar photocatalytic degradation of real textile effluents by associated titanium dioxide and hydrogen peroxide**. *Solar Energy*, article in press., 2008.
- GE, J., Qu, J., Lei, P. and Liu, H., **New bipolar Electrocoagulation-electroflotation process for the treatment of Laundry wastewater**. *Sep. Purif. Technol.* 36 (1), 33–39 p., 2004.
- KJELDSSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. **Environmental Science and Technology**. V. 32, (4), p. 297 - 336, 2002.
- KNITTEL, D., and SCHOLLMMEYER, E., **Functional group analysis on oxidized surfaces of synthetic textile polymers**. *Journal of Hazardous Materials*, 154, 83–91 p., 2008.
- MURUGANANTHAN, M., RAJU, G. B., and PRABHAKAR, S., **Removal of sulfide, sulfate and sulfite ions by electro coagulation**. *Journal Hazard. Mater.* 109 (1-3), 37-44., 2004.
- NEELAVANNAN, M. G., REVATHI, M., BASHA, C.A., **Photocatalytic and electrochemical combined treatment of textile wash water**. *Journal of Hazardous Materials*, 149, 371-378 p., 2007.
- RAGHU, S., BASHA, C. A., **Chemical or electrochemical techniques, followed by ion exchange, for recycle of textile dye wastewater**. *Journal Hazardous Materials*. 149, 324–330 p., 2007.
- SHEN, F., GAO, P., CHEN, X., **Removal of chromium (VI) from wastewater by combined electocoagulation-electroflotation without a filter**. *Sep. Purif. Technol.* 43 (2), 117-123 p., 2005.
- STROOT, P. G. et al. *Anaerobic Condigestion of Municipal, Solid Waste and Biosolids Under Various Mixing Conditions – II. Microbial Population Dynamics*. *Water Research*. v. 35, n. 7, p. 1817 – 1827, 2001.
- TATSI, A. A.; Zouboulis, A. I.; Matis, K. A.; Samaras, P.; “Coagulationflocculation pretreatment of sanitary landfill leachates”, *Chemosphere* 53 , 737–744, 2003.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro.