



OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO NO TRATAMENTO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO

ELETROCOAGULAÇÃO NO TRATAMENTO DE CHORUME

*Thaís Mendes Porto; Paulo Sérgio Theodoro;
Patrícia Hissae Yassue; Aparecido Nivaldo Módenes*

RESUMO - O objetivo deste trabalho é aplicar o processo de eletrocoagulação, 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. O processo foi realizado em escala laboratorial e para avaliar as melhores condições de processo do sistema, foi aplicado um planejamento experimental 3³ completo. 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. Foi feita uma análise para verificar se as condições para descarte estão dentro das estabelecidas pelo órgão competente.

PALAVRAS CHAVE: Planejamento. Parâmetros. Eficiência.

Abstract: The goal of this study is to use the process of electrocoagulation in the treatment of landfill leachate. This is an effluent of high organic compounds and it causes some environmental problems, and because of that, treatment processes are always being investigated. The process was conducted in a laboratory scale and to evaluate the best process conditions of the system, was applied an experimental planning 3³ complete. The efficiency of the process was evaluated based on the reduction of chemical oxygen demand (COD), color and turbidity. The operational parameters evaluated in the reactor of electrocoagulation were: initial pH, time and current intensity. The process is effective for the treatment of landfill leachate because it is easy to handle and it has low cost to operate. The greater efficiency verified in the reduction of pollutants by electrocoagulation process was 75, 82 and 60% for turbidity, color and COD respectively. An analysis was done to determine if the conditions for disposal are according to the ones established by the authorized part.

KEY WORDS: Planning. Parameters. Efficiency.

Thaís Mendes Porto - Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, eq.thais@gmail.com

Paulo Sérgio Theodoro - Doutorado Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá paulostho@hotmail.com

Patrícia Hissae Yassue - Mestrado Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá patricia.yassue@hotmail.com

Aparecido Nivaldo Módenes - Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, anmodenes@yahoo.com.br

Anais Eletrônico

VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar

UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar

Editora CESUMAR

Maringá – Paraná – Brasil

1. 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.

Aterro sanitário é um dos métodos mais usados para a gestão de resíduos sólidos urbanos, devido a maturidade tecnológica e méritos econômicos, embora a geração de lixiviados seja uma desvantagem.

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 lixiviado gerado, também conhecido como chorume, é um efluente aquoso e perigoso, com grande quantidade de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal, sais inorgânicos e metais pesados (PRIMO *et al.*, 2008). 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 SCHOLLMAYER, 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).

Com isso, estudos para proporcionar o melhor tratamento de chorume é contínuo e possibilita que os pesquisadores possam estabelecer através da prática parâmetros para melhor viabilidade do mesmo, aplicando-os comparando com legislação.

2. MATERIAS E MÉTODOS

A coleta do efluente foi efetuada no aterro sanitário da cidade de Cascavel, Pr, localizada na região oeste do estado. O coletado 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 foi realizada, 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 3^3 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.

3. DISCUSSÕES E RESULTADOS

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 3^3 . 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 ($F_{calculado}$) deve ser maior que o fator de ($F_{tabelado}$) 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 F Quad.	F Calc.	F Tab	p-Valor
--------------------------	------------------------	---------------------------	----------------------	----------------	--------------	----------------

Cor	Regressão	8054	4	2013,56	5,7973	$2,42 \cdot 10^{-3}$
	Erro	7641,16	22	347,326		
	Total SS	15695,41	26			
Turbidez	Regressão	8070	4	2017,41	5,8201	$2,37 \cdot 10^{-3}$
	Erro	7625,78	22	346,626		
	Total SS	15695,41	26			
DQO	Regressão	2060762	25	82430,4	5,9147	$2,07 \cdot 10^{-8}$
	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.

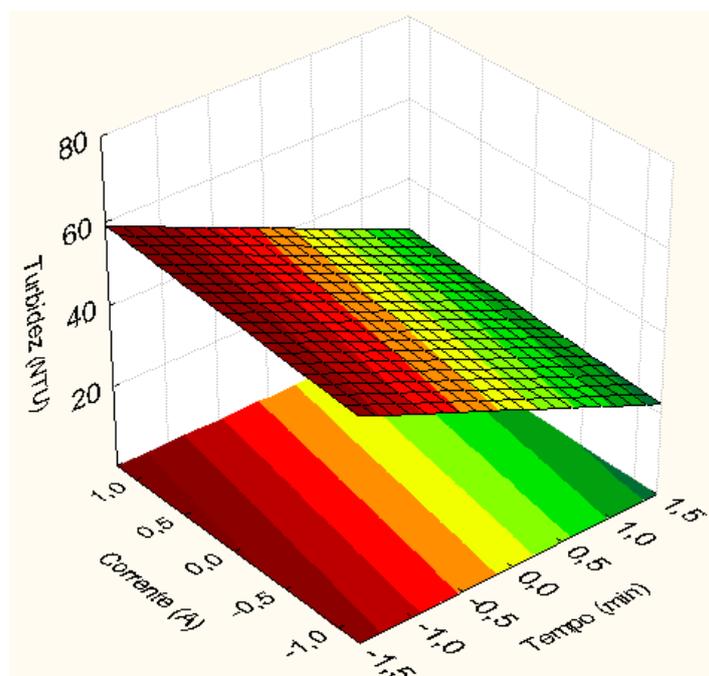


Figura 1-Superfícies de resposta para remoção da turbidez .

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.

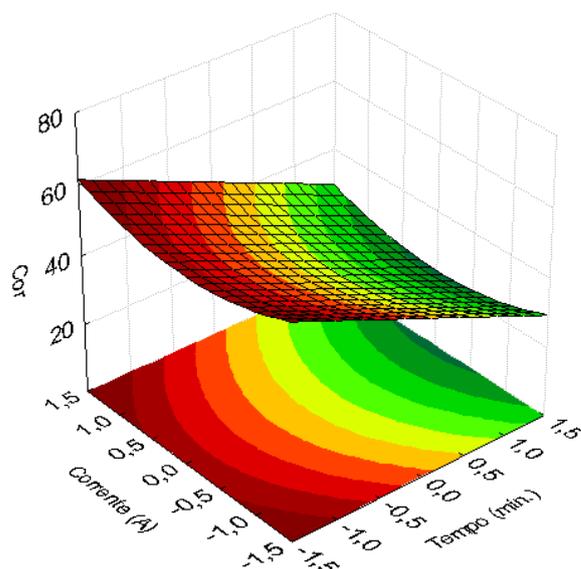


Figura 2-Superfícies de resposta para remoção da cor

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 percentagem de remoção esta numa região compreendida no valor de pH entre 6 e 9 e corrente entre 2 e 4A.

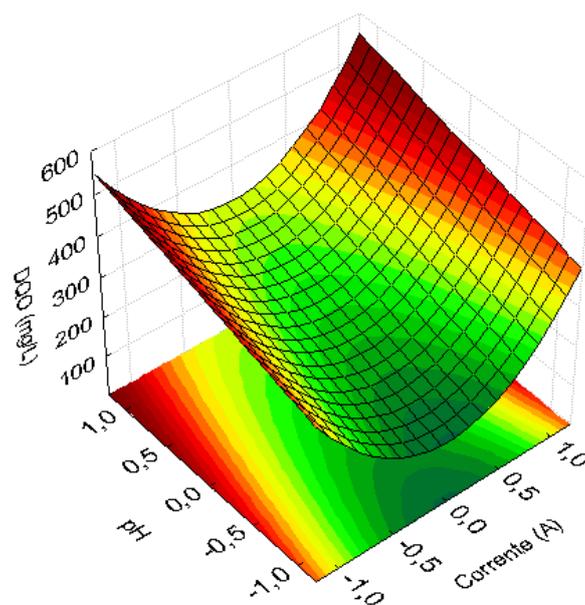


Figura 3-Superfícies de resposta para remoção da turbidez

4. CONCLUSÃO

O planejamento experimental completo 3³ 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. Estes valores, especificamente a DQO, ainda não estão em conformidade com os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução SEMA/IAP para aterros sanitários, sendo necessário que o efluente tratado via EC passe por mais um tratamento a fim de que seja realizada uma remoção complementar da DQO para então, ser lançada em corpos receptores.

Pode-se concluir 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.

5. REFERÊNCIAS

- ALINSAFI, A., KHEMIS, M., PONS, M. N., PONS, M. N., LECLERE, J. P., YAACOUBI, A., BENHAMMOU, A., NEJMEDDINE, A., **Electro-coagulation 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-Beam Radiation. **Water Research**. Vol. 33, (11), p. 2669 – 2673, 1999.
- ESPINOZA-QUIÑONES, 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.
- KNITTEL, D., and SCHOLLMEYER, 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.

PRIMO, O.; RIVEIRO, M. J.; ORTIZ, I.; “Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates”; *Journal of Hazardous Materials*. v.153, 2008.

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.

RAJU, G. B., KARUPPIAH, M. T., LATHA, S. S., PARVATHY, S., PRABHAKAR, S., **Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulation – electrooxidation,** *Chemical Engineering Journal*. 144, 51–58 p., 2008.

SHEN, F., GAO, P., CHEN, X., **Removal of chromium (VI) from wastewater by combined electrocoagulation- eletroflotation 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.