

Análise de remoção de cor e turbidez em efluente de frigorífico de suínos tratado por eletrocoagulação

Analysis of color and turbidity removal in swine effluent treated by electrocoagulation

Isabela de Souza Araújo
isabelaa@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Fábio Orssatto
Fabio.orssatto@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar e otimizar estatisticamente a remoção de cor e turbidez em efluente de frigorífico de suínos pela técnica de eletrocoagulação em um reator batelada, utilizando dois eletrodos de alumínio (um cátodo e um ânodo) imersos no efluente e um agitador magnético. Afim de otimizar o processo de eletrofloculação montou-se o delineamento composto central rotacional (DCCR) com 3 variáveis independentes (corrente elétrica, tempo de retenção hidráulica e distância dos eletrodos), com um fatorial completo 2^3 , totalizando em 17 ensaios. Ambos os parâmetros analisados obtiveram alto percentual de remoção, principalmente quando o espaçamento entre os eletrodos era pequeno com uma corrente elétrica entre 0,95 e 1,50 A e o tempo de detenção de 20 a 30 minutos. Como os valores de remoção ficaram elevados, acima de 90%, formou-se um modelo matemático apenas para a remoção da cor, portanto concluiu-se que o procedimento é eficiente para a remoção de cor e turbidez do efluente e que as variáveis estudadas influenciam na obtenção destes resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Batelada. Distância entre eletrodos. Eletrofloculação. Eletroflotação.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze and optimize the color and turbidity removal in swine effluent by the electrocoagulation technique in a batch reactor using two aluminum electrodes (a cathode and an anode) immersed in the effluent and a magnetic stirrer. In order to optimize the electro-flocculation process, the central rotational compound design (DCCR) was set up with 3 independent variables (electric current, hydraulic retention time and electrode distance), with a complete factorial 2^3 , totaling in 17 trials. Both analyzed parameters had a high percentage of removal, especially when the spacing between the electrodes was small with an electric current between 0.95 and 1.50 A and the holding time of 20 to 30 minutes. As removal values were high, above 90%, a mathematical model was formed only for the removal of color, so it was concluded that the procedure is efficient for the removal of color and turbidity of the effluent and that the studied variables influence in obtaining these results.

KEYWORDS: Batch. Distance between electrodes. Electroflocculation. Electroflotation.

Recebido: 31 ago 2018.

Aprovado: 04 out 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.





INTRODUÇÃO

Um dos setores que causam impactos ambientais é o industrial, sendo que as atividades oriundas de frigoríficos e abatedouros possuem alto consumo de água e efluentes líquidos com alta carga poluidora (PACHECO, 2006). Afim de minimizar esses impactos há os tratamentos convencionais e as novas alternativas, como a eletrofloculação (também chamada de eletrocoagulação e eletroflotação).

Esta técnica eletrolítica consiste em aplicar uma corrente elétrica em eletrodos de ferro ou alumínio, resultando em um processo que envolve a geração de coagulantes *in situ* a partir da dissolução de íons ferro e/ou alumínio. A geração de íons metálicos ocorre no ânodo, enquanto o gás hidrogênio surge no cátodo (GONÇALVES, 2015).

Conforme Mollah, et. al. (2004) o procedimento é submetido a reações de oxirredução, sendo que o cátodo irá sofrer redução e o ânodo irá oxidar. A eletrocoagulação é dividida em três estágios essenciais para obtenção do resultado final:

- a) Formação de um agente coagulante a partir da oxidação do eletrodo de sacrifício, neutralizando cargas superficiais, desestabilização das partículas coloidais e a quebra de emulsões;
- b) Formação de flocos por aglutinação das partículas desestabilizadas;
- c) Geração de microbolhas de oxigênio e hidrogênio através de reações de eletrólise, a qual proporciona interação com todo efluente no reator.

Baseando-se nas considerações, o principal objetivo deste estudo é analisar a remoção de cor e turbidez em efluente de frigorífico de suínos pela técnica de eletrocoagulação em um reator batelada e averiguar as melhores condições para realização do tratamento, além de otimizar estatisticamente o processo de remoção de poluentes.

MÉTODOS

O efluente utilizado para os ensaios provém de um frigorífico de suínos localizado no oeste do Paraná, o qual possui um sistema de tratamento convencional. O efluente foi coletado entre a saída dos decantadores e a entrada no tratamento biológico, foi armazenado em recipientes plásticos e mantido sob-refrigeração até a realização dos testes.

ELETROFLOCULAÇÃO

O tratamento foi realizado em batelada, utilizando para isso um béquer de vidro de 1 litro, onde colocou-se dois eletrodos metálicos de alumínio (um cátodo e um ânodo) com 10 cm de comprimento e 5 cm de largura.

O efluente foi misturado por um agitador magnético e os eletrodos ligados a uma fonte de corrente contínua da marca Instrutherm Modelo FA-3050. Após o tratamento, o efluente permaneceu em repouso por volta de 5 minutos, o clarificado foi transferido para os recipientes plásticos e o lodo proveniente da coagulação foi descartado.



As amostras tratadas foram comparadas com o efluente no estado bruto, para isso utilizou-se um espectrofotômetro da marca HACH modelo DR2800 para analisar a cor em 455 nm. A turbidez foi mensurada em turbidímetro da marca Policontrol modelo AP 2000 w.

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Afim de otimizar o processo de eletrofloculação montou-se o delineamento composto central rotacional (DCCR) com 3 variáveis independentes (corrente elétrica, tempo de retenção hidráulica e distância dos eletrodos), realizou-se um fatorial completo 2^3 , incluindo 6 pontos axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 17 ensaios. A Tabela 1 apresenta os valores reais das variáveis utilizadas no delineamento e a Tabela 2 refere-se ao número de ensaios com os valores codificados.

Tabela 1 – Valores reais do DCCR

Código	TDH (min)	Distância dos eletrodos (cm)	Corrente (A)
1,68	30	8,5	1,5
-1,68	10	2,4	0,4
1	25'57"	7,27	1,28
-1	14'03"	3,63	0,62
0	20	5,45	0,95

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 2 – Matriz codificada dos ensaios

Ensaio	TDH	Distância dos eletrodos	Corrente elétrica
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1,68	0	0
10	1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O efluente bruto apresentou valores para cor e turbidez de 4520 UC e 386 UNT. Após o tratamento o ensaio 11 apresentou melhor remoção de cor com 97,96%, efetuado com uma distância de 2,4 cm entre os eletrodos, com uma corrente elétrica de 0,95 A durante 20 minutos. No caso da turbidez o melhor ensaio foi o 2 com 98,96% de remoção, o qual tinha uma distância de 3,63 cm, com uma corrente de 0,62 A e uma duração de 25 minutos e 57 segundos.

Analisando estatisticamente a remoção da cor, observou-se que apenas três fatores foram significativos com 95% de confiança, o tempo de detenção hidráulica (TDH) linear, corrente elétrica (A) linear e a distância (D) linear, os quais obtiveram o p-valor calculado menor que 0,05. Como apresentado na Tabela 3, o modelo é válido, visto que o fator Fcalculado foi superior ao Ftabelado e apresenta um R² de 82,91%. A Eq. (1) retrata o modelo e descreve as superfícies de resposta das Figuras 2, 3 e 4.

$$\%cor = 97,120 + 0,321A + 0,373TDH - 0,464D - 0,228A.THD - 0,026A.D + 0,289TDH.D - 0,059A^2 - 0,198THD^2 - 0,002 D^2 \quad (1)$$

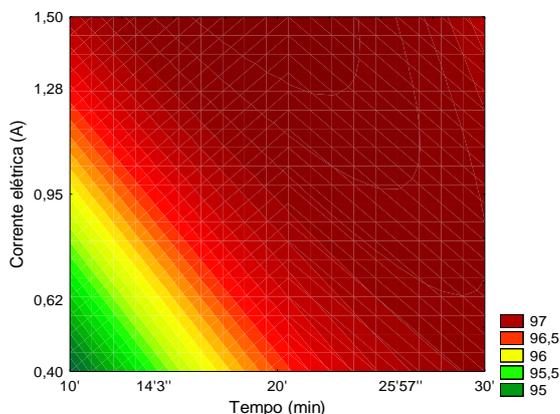
Tabela 3 – ANOVA para regressão da cor

Fonte de Var.	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado	p-valor
Regressão	7,81	9	0,867956	3,768721	3,68	0,047054
Resíduos	1,61214	7	0,230306			
Total		16				

Fonte: Autoria própria (2018).

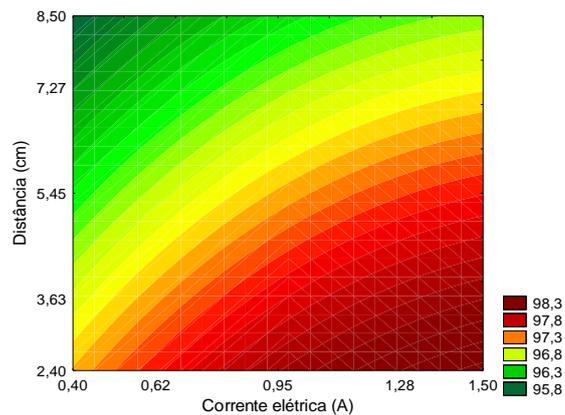
Conforme as Figuras 1, 2 e 3, as melhores regiões de remoção de cor descreviam um espaçamento entre 2,40 e 3,63 cm, tempo de detenção superior a 20 minutos e corrente elétrica entre 0,95 e 1,50 A.

Figura 1 – Superfície de resposta (AxTDH) para cor



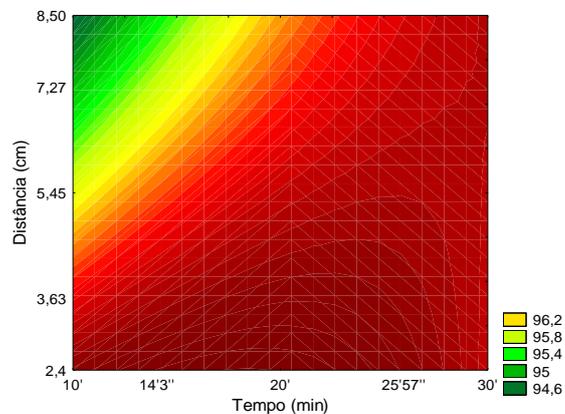
Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 2 – Superfície de resposta (AxD) para cor



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 3 – Superfície de resposta (DxTDH) para cor



Fonte: Autoria própria (2018).

A remoção da turbidez foi alta em todos os ensaios, não formando uma superfície de resposta, contudo a eletrofloculação foi extremamente eficiente na remoção de cor e turbidez. Outro fator importante do processo foi a variação da distância dos eletrodos, a qual demonstrou que o espaçamento aplicado influencia no resultado final.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados analisados conclui-se que o tratamento de efluentes originários de frigorífico e abatedouro de suínos por eletrofloculação em batelada é eficiente para remoção de cor e turbidez. Os melhores resultados foram no ensaio 11 com cerca de 98% de remoção da cor e o ensaio 2 com aproximadamente 99% de remoção da turbidez. No entanto a alta taxa de remoção não pode formar o modelo matemático para a turbidez, não permitindo visualizar na superfície de resposta as melhores combinações para se obter a melhor taxa de remoção.

Dentre os fatores analisados, a distância dos eletrodos resultou claramente que tem maior eficiente na remoção da cor quando seu espaçamento estava entre 2,4 e 3,6 cm, concluindo que para maiores distância é necessário aumentar a corrente elétrica para manter a taxa de remoção.



REFERÊNCIAS

GONÇALVES, L. V. **Tratamento eletroquímico e físico-químico para efluente de lavanderia industrial têxtil**. Dissertação de Mestrado, Departamento do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, 2015, 154 p. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1229/1/LD_PPGEA_M_Gon%C3%A7alves%2Cleandro%20Vicente_2015.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

MOLLAH, M. Y. A. et al. **Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation**. Journal of Hazardous Materials, v. 114, p. 199-210. 2004. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389404004170>>.

Acesso em: 09 ago. 2018.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)** - São Paulo: CETESB, 2006. 85p. Disponível em:

<<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2013/11/frigorifico.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2018.