

Área: Engenharia de Alimentos

ANÁLISE DE CUSTOS DO TRATAMENTO ELETROLÍTICO APLICADO A EFLUENTE SINTÉTICO DE ABATEDOURO AVÍCOLA

**Luis Eduardo Magnan*, Renato Dalla Costa, Tarlan Betinelli, Marcelo Hemkemeier,
Jeferson Steffanello Piccin.**

*Laboratório de aulas práticas do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Passo Fundo, Passo Fundo,
RS;*

**E-mail: luis.magnan@hotmail.com*

RESUMO – O processo de eletroflotação foi estudado no tratamento de efluente sintético de abatedouro avícola com o uso de um planejamento fatorial completo 2^3 , com os fatores de estudo densidade de corrente (A/m^2), temperatura ($^{\circ}C$) e pH tratando $0,001 m^3$ de fluido em reator de batelada monopolar. A análise de custo foi obtida aplicando o equacionamento proposto conforme Hemkemeier et. al (2003), onde verificou-se que os custos de tratamento em relação aos pontos centrais superaram em 50% em relação aos tratamentos com maior corrente elétrica nos parâmetros de (C.E. E) em (kWh/m^3) e (C.P. E) em ($R\$/m^3$). Além disso, foi apontado que após o fator corrente elétrica, ao qual, fator diretamente proporcional no desgaste de eletrodo, consumo de energia e custo de tratamento, a temperatura foi um fator proporcional sendo imprescindível seu apontamento nos tratamentos (3 e 4) em relação aos tratamentos (7 e 8).

Palavras-chave: eletroflotação, eletrodos dissociáveis, eletrólise.

1 INTRODUÇÃO

Sunada (2011) relatou que o efluente de abatedouro avícola tem por necessidade a qualificação da forma de tratamento, ao qual possibilitem a diminuição de substâncias dissolvidas que aumentam o grau de contaminação. Com base nisso, há possibilidade de uma análise criteriosa da técnica de eletrólise aplicada ao tratamento de águas residuária de um abatedouro avícola, com o intuito de verificar o potencial de redução dos parâmetros de classificação de corpos hídricos, e o potencial econômico do processo para implantação.

Segundo Wolfgang (1998) citado por Hemkemeier et.al (2003), quando se coloca dois barramentos metálicos devidamente afastados em um efluente, e aplicando-se uma corrente elétrica, está causa a liberação de íons metálicos ao meio aquoso. Assim, o barramento ânodo (eletrodo onde concentra as reações de oxidação) e o cátodo (reações de redução). Portanto, numa descarga de íons a custa de energia elétrica faz os íons de carga

positiva movimentar-se em direção ao cátodo e os negativos ao ânodo de modo que um fique com carga elétrica zero e com energia química acumulada.

A dissociação de determinadas moléculas e a sua separação irreversível, possibilita a separação dos resíduos da água durante o processo. Assim, quando o anodo libera íons, a água é reduzida (ganha elétrons). À medida que o anodo entra em contato com a água residual, o metal emite para a solução íons, podendo ser Fe^{3+} (aço carbono) e Al^{3+} (alumínio). Quando isso acontece, as partículas são neutralizadas pela formação de hidróxido (OH) com o propósito de formar flocos. Estes começam a formar misturas de compostos oxidados que flutuam até a parte superior do reator por meio de bolhas de hidrogênio formadas a partir do cátodo (BUTLER et al., 2011).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Efluente

O efluente utilizado para o presente trabalho consistiu-se em um efluente sintético de abatedouro avícola, sendo realizada a produção de 15 litros com os seguintes compostos químicos: glicerina (200 mg/L), cloreto de amônio (360 mg/L), cloreto de sódio (50 mg/L), fosfato de monopotássio (30 mg/L), cloreto de cálcio (24 mg/L), sulfato de magnésio (7,5 mg/L), extrato de carne (1950 mg/L). O mesmo foi elaborado do laboratório de Aulas Práticas do curso de Engenharia de Alimentos e armazenado sob refrigeração a 2°C.

2.2 Condições experimentais

Os três fatores de estudo estão representados na Tabela 1. Os níveis codificados foram escolhidos conforme o trabalho de Hemkemeier et al (2003), no qual, também realizou o apontamento dos custos de tratamento de efluente avícola.

Tabela 1. Níveis codificados e fatores de estudo para o planejamento fatorial completo 2^3 .

Fatores de estudo	Níveis de variação		
	-1	0	1
x1- Densidade de Corrente (A/m^2)	60	120	180
x2- Temperatura ($^{\circ}C$)	15	25	35
x3- pH	3	5	7

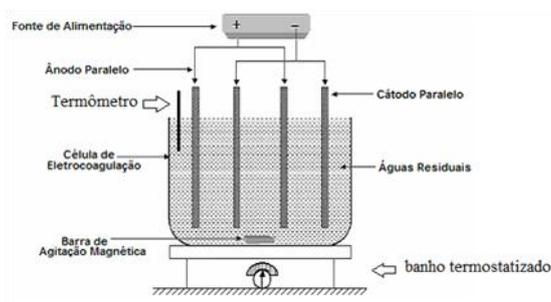
O tratamento eletrolítico para o efluente sintético foi realizado aplicando-se um delineamento experimental planejamento fatorial completo 2^3 , em que totaliza em 8 tratamentos com 3 repetições no ponto central conforme o representado na Tabela 2.

Tabela 2. Planejamento Fatorial completo 2^3 do tratamento eletrolítico do efluente de abatedouro avícola.

	(x1) Densidade de Corrente (A/m^2)	(x2) Temperatura ($^{\circ}C$)	(x3) pH inicial
1	-1 (60)	-1 (15)	-1 (3)
2	-1 (60)	-1 (15)	1 (7)
3	-1 (60)	1 (35)	-1 (3)
4	-1 (60)	1 (35)	1 (7)
5	1 (180)	-1 (15)	-1 (3)
6	1 (180)	-1 (15)	1 (7)
7	1 (180)	1 (35)	-1 (3)
8	1 (180)	1 (35)	1 (7)
9	0 (120)	0 (25)	0 (5)
10	0 (120)	0 (25)	0 (5)
11	0 (120)	0 (25)	0 (5)

O tratamento consistiu em 1 L de efluente utilizando um reator monopolar conforme a Figura 1, onde a temperatura foi controlada pelo emprego de um banho termostatizado, um pHmetro para correção do pH inicial de cada tratamento do fluido e também usado para monitoramento ao longo do tratamento com coletas de amostras de (5 mL), uma fonte de corrente alternada para atingir os níveis de corrente para o processo. Foram monitorados 6 pontos durante o processo nos tempos (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 min). No tratamento foram utilizados eletrodos dissociáveis de aço carbono.

Figura 1. Ilustração de um reator para processo de eletroflotação.



2.3 Energia elétrica consumida (C.E. E).

A energia elétrica consumida foi calculada através do produto da potência pelo tempo de eletrólise por volume de efluente tratado, de acordo com a “Eq. (1)”:

$$C.E.E: \frac{i.T.t}{V} \quad (1)$$

Onde,

C.E. E= Energia elétrica consumida (kWh/m³);

i= Intensidade de corrente elétrica (A);

T= tensão (V);

t= tempo de tratamento (h)

V= Volume de efluente tratado (m³).

2.4 Desgaste dos eletrodos (C.E)

A massa teórica de ferro desgastado nos eletrodos de aço carbono foi calculada a partir da 1^o lei de Faraday “Eq. (2)”.

$$C.E: \frac{i.t.Mm}{z.f} \quad (2)$$

Onde,

C. E= massa de eletrodo desgastado (g);

I= Intensidade de corrente elétrica (A);

t= Tempo de tratamento (s);

Mm= Massa molar do eletrodo de sacrifício (55,85 g/mol)

f= Constante de faraday (96500 C.mol⁻¹)

z= número de elétrons envolvidos (para o ferro z=2)

2.5 Custo de tratamento (C.P. E).

O custo de tratamento foi calculado a partir do somatório do gasto com energia elétrica e desgaste de ferro “eq. (1)”, e “eq. (2)”. Assim, utilizou-se o preço da energia elétrica e do aço carbono de 0,56 R\$/kWh e 0,0032 R\$/g. Respectivamente, desta forma, o custo de tratamento foi obtido conforme “eq. (3)”.

$$C.P.E: ((C.E.E).0,56) + ((C.E).0,0032) \quad (3)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de eletroflotação foi empregado com objetivo de remoção de impurezas contidas em águas residuárias de abatedouro avícola. Por intermédio de um reator monopolar com eletrodos de aço carbono dissociáveis com monitoramento ininterrupto dos fatores de estudo em 6 pontos, aplicou-se um planejamento fatorial completo 2³, com objetivo de avaliar os fatores de estudo com base nos parâmetros relacionados à execução do processo e ao custo do tratamento.

Os parâmetros avaliados estão caracterizados na Tabela 3, onde apresenta os termos relacionados à avaliação do processo, e os parâmetros consumo do eletrodo durante o processo (C.E) em (g), consumo de energia elétrica em 1 hora de tratamento (C.E. E) em (kWh/m³) e a avaliação do custo do processo de eletroflotação (C.P. E) em (R\$/m³).

Tabela 3. Análise de custo da eletroflotação no tratamento do efluente sintético de abatedouro avícola.

Tratamentos	Corrente (A)	Tensão (V)	pH	Temperatura (°C)	C. E (g)	C. E. E (kWh/m ³)	C. P. E (R\$/m ³)
1	0,32	4,75±0,85	5,11±1,93	15±0,5	0,33	1,52±0,27	0,85±0,15
2	0,32±0,01	6,34±0,44	8,21±1,09	15,07±0,57	0,33±0,01	2,03±0,08	1,14±0,08
3	0,32	3,41±0,21	5,59±2,59	35,14±0,86	0,33	1,09±0,06	0,61±0,02
4	0,31±0,01	4,17±0,27	8,04±0,92	35±0,50	0,33±0,01	1,32±0,12	0,74±0,06
5	0,95±0,01	13,21±1,91	6,92±3,9	15,29±0,71	0,99±0,01	12,59±1,75	7,05±0,97
6	0,96±0,01	16,01±1,61	8,39±1,39	15,29±0,79	1±0,01	15,4±1,58	8,62±0,88
7	0,95±0,01	7,65±0,55	6,98±3,98	35,4±0,64	0,99±0,01	7,32±0,32	4,1±0,28
8	0,95±0,01	10,65±1,35	8,29±1,29	35,21±0,21	0,99±0,01	10,21±1,29	5,72±0,72
9	0,64±0,01	8,80±0,9	7,89±2,83	25,29±0,29	0,66±0,02	5,64±0,51	3,16±0,28
10	0,63±0,01	8,98±0,38	7,90±3,01	25±3,01	0,66±0,01	5,72±0,31	3,2±0,16
11	0,63±0,02	9,18±0,38	7,73±2,8	25,21±0,79	0,66±0,02	5,86±0,32	3,28±0,17

Os tratamentos 7 e 8 com densidade de corrente de (180 A/m²) e temperatura de (35°C) obtiveram maior desgaste do eletrodo ânodo onde se concentram as reações de oxidação com liberação de íons metálicos para o meio aquoso. Isso ocorreu devido à alta corrente aplicada ao processo. Porém, em relação aos tratamentos 5 e 6, com densidade de corrente de (180 A/m²), mas temperatura de (15°C), estes atingiram os maiores níveis de consumo de energia para o tratamento e maior gasto para tratamento. Na Tabela 3, verifica-se que ambos os tratamentos atingiram a mesma corrente elétrica, só que o tratamento 7 por ter alcançado uma tensão menor em relação aos tratamentos 5, 6 e 8 fez com que obtivesse o menor valor de consumo de energia e custo de tratamento.

Com tal apontamento observa-se que além da corrente e a tensão que são fatores diretamente proporcionais ao gasto de energia e consequentemente de tratamento, a temperatura foi o fator relevante, sendo que os tratamentos com 35°C e densidade de 180 (A/m²) em relação aos tratamentos com a mesma temperatura, porém densidade de corrente de 60 (A/m²), o consumo de energia elétrica (C.E. E) em (kWh/m³) e o custo de tratamento (C.P. E) em (R\$/m³) é de aproximadamente 7,56 e 3,56 maiores.

4 CONCLUSÃO

O tratamento de eletroflotação empregado com intuito de levantar os parâmetros relacionados ao processo, a partir de um planejamento fatorial completo 2³, os pontos centrais não obtiveram bom empenho

tendo valores relativamente elevados de consumo de energia e custo do processo em relação aos tratamentos com maior corrente elétrica e desgaste do eletrodo, superando os 50 %. O fator de estudo pH para a análise dos parâmetros de desgaste do eletrodo, consumo de energia e custo de tratamento não obteve relevância, sendo este, um fator não diretamente proporcional. Portanto, conforme o planejamento fatorial nos tratamentos com maior densidade de corrente no caso 180 (A/m²) e menor temperatura no presente trabalho 15 °C, estes aumentam os custos do tratamento eletrolítico com eletrodos dissociáveis de aço carbono em 1 hora de tratamento para 0,001 m³ de fluido em batelada sem agitação.

5 REFERÊNCIAS

BUTLER, E., HUNG, YUNG-TSE., YEH, R. YU-LI., AHMAD, M. S. A. Electrocoagulation in Wasterwater Treatment. **Water Journal**, Cleveland, v. 3, n. 10, p. 495-525, 2011.

HEMKEMEIER, M., PICCIN, J. S., ALEGRE, R. M. **Determinação dos custos de tratamento de efluente avícola utilizando processo eletrolítico com diferentes tipos de eletrodos**. XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica (CRICTE), p.1-5, 2003.

SUNADA, N. S. **Efluente de Abatedouro avícola: processo de biodigestão anaeróbia e compostagem**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, MT, 2011.