

ELETROCOAGULAÇÃO EM SISTEMA CONTÍNUO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA SUINOCULTURA SUBMETIDAS À PRÉ-DIGESTÃO ANAERÓBIA

R. MORES¹, R. M. DALLAGO¹, J. STEFFENS¹, A. KUNZ², A. ANTUNES¹ e V. ADAM¹

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões,
Departamento de Engenharia de Alimentos

² Embrapa Suínos e Aves

E-mail para contato: rubiamores@yahoo.com.br

RESUMO – A água residual da suinocultura tratada por biodigestor apresenta elevado potencial poluidor podendo ocasionar impactos ambientais indesejáveis, quando manejada de maneira incorreta. Neste contexto, a eletrocoagulação (EC) foi estudada como alternativa de tratamento dessas águas residuais, em sistema contínuo. O efluente utilizado no tratamento foi coletado na saída de um biodigestor na unidade da Embrapa Suínos e Aves. O reator de EC em fluxo contínuo possui capacidade de tratar 1,480 litros de efluente. Os parâmetros estudados foram: a voltagem (5,0 V), distância entre os eletrodos (2 cm), Tempo de Residência Hidráulico (60 min.) e o pH (6,0). Os resultados de eficiência de remoção (%) de cor, turbidez, COT, DQO, Ntotal e ST foram de 96,2%, 96,3%, 81,8%, 82,9%, 17,9% e 60,4% respectivamente. Sendo assim, o sistema de EC em fluxo contínuo reproduziu resultados satisfatórios de remoção, assim tornando-se uma alternativa tecnologia promissora a ser avaliada.

1. INTRODUÇÃO

Em 2013, o rebanho médio de suíno no Brasil foi 38.578 milhões de animais, fazendo do Brasil o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo (USDA, 2013). Assim, a suinocultura representa um dos maiores segmentos de produção animal do Brasil, sendo seu crescimento impulsionado pela demanda de carne suína no mundo.

De acordo BROETTO *et al.* (2014), a expansão acelerada da produção de suínos no Brasil tem aumentado a geração de resíduos líquidos ricos em matéria orgânica, nutrientes e metais com alto potencial de poluição do ar, água e solos (STEINMETZ *et al.*, 2009).

O tratamento por digestão anaeróbia é cada vez mais difundido como uma forma de tratar águas residuais da suinocultura, uma vez que produz energia renovável (metano), e valiosos resíduos biodegradáveis. No entanto, o sistema ainda enfrenta algumas limitações vitais ao seu bom funcionamento, proporcionando uma perda de eficiência do biodigestor, assim, o biofertilizante não pode ser utilizado ou descartado diretamente no solo e nos corpos d'água, pois ainda apresenta alto potencial poluidor (KUNZ *et al.*, 2005).

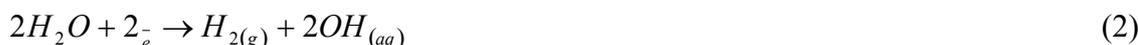
Desta forma, a eletrocoagulação (EC) surge como alternativa de tratamento dos resíduos da digestão anaeróbia. No processo EC, o coagulante é gerado *in situ* por oxidação eletrolítica

do ânodo (Al e/ou Fe). A EC envolve três etapas sucessivas: (a) formação do agente coagulante por oxidação eletrolítica; (b) desestabilização dos contaminantes em partículas em suspensão e quebra das emulsões; (c) a agregação das fases que se desestabilizaram em forma de flocos (MOLLAH *et al.*, 2001). No cátodo ocorre a hidrólise da água, os gases gerados são responsáveis pela flotação dos flocos formados. As principais reações que ocorrem no ânodo e no cátodo durante o processo de tratamento por EC quando se utiliza eletrodos de Al estão descritos nas Equações 1 e 2. Os íons Al^{+3} liberados pelo ânodo em pH próximo ao neutro o formam $Al(OH)_3$.

Ânodo:



Cátodo:



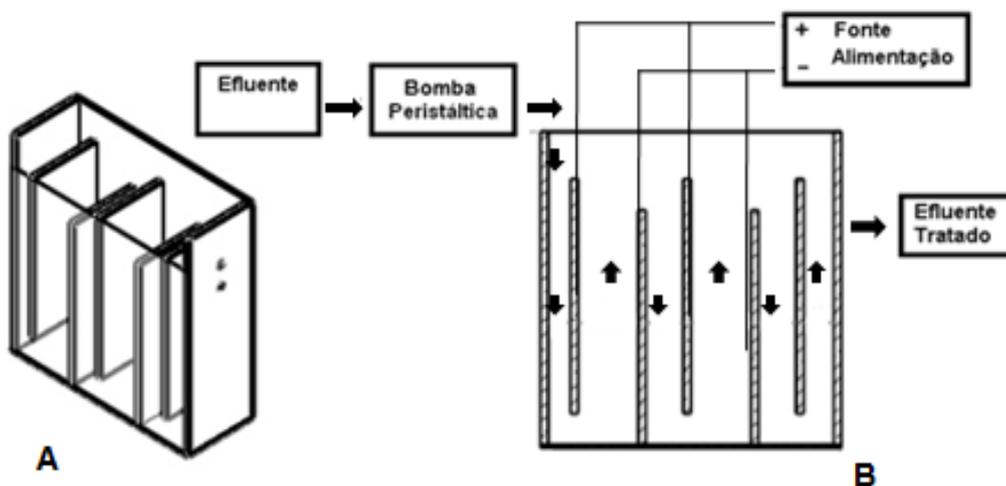
Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a EC em fluxo contínuo como tratamento de águas residuais da suinocultura tratadas por digestão anaeróbia, utilizando eletrodos de alumínio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente utilizado no estudo foi coletado da saída do biodigestor de fibra, com fluxo ascendente, de volume útil de 10 m^3 , com vazão de alimentação de 15 L/h de dejetos e tempo de retenção hidráulica de 28 dias, na Estação de Tratamento de Dejetos Suínos da Embrapa Suínos e Aves, localizada em Concórdia, oeste de Santa Catarina. O efluente foi coletado em galões de polietileno de 5L e armazenados a temperatura de $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, com a finalidade de conservar suas características.

Para realização dos ensaios eletroquímicos foi constituído de um reator de fluxo contínuo confeccionado em vidro, que possuía um volume útil de $1,480 \text{ L}$, dois pares de eletrodos de alumínio com dimensões $150 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$, que foram inseridos verticalmente e conectados a uma fonte de corrente contínua (MIT DC Power Supply MS 3005). Os eletrodos de alumínio foram separados por um suporte confeccionado em vidro com dimensões de $170 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ (Figura 1). As condições operacionais mantidas constantes foram: a voltagem $5,0 \text{ Volts (V)}$, distância entre os eletrodos (DE) 2 cm , Tempo de Residência Hidráulico (TRH) 60 min. e pH $6,0$ (ajustado com H_2SO_4). O experimento foi realizado em triplicata.

Figura 1 – Módulo experimental



A eficiência do processo foi acompanhada mediante a retirada de 10 mL do efluente tratado a cada 10 minutos por um período de 240 minutos. As seguintes respostas foram acompanhadas: cor, turbidez, carbono orgânico total (COT), demanda química de oxigênio (DQO), pH, e densidade de corrente. A cor e a turbidez foram mensuradas através do método espectrofotométrico, utilizando o colorímetro o Hach (DR870). O pH foi medido usando o pHmetro da Metrhm (pH Lab 837). A condutividade foi medida em um condutivímetro portátil Oakton (Con 10 meter). Os níveis de COT foram analisados segundo a metodologia padrão ISO-1987 em equipamento Shimadzu (TOC-5000A). A DQO foi determinada usando o método colorimétrico em microescala (5220D, APHA, 1992), onde as amostras foram preparadas e conduzidas para digestão em um termoreator Marconi (Dry Block MA 4004), após a digestão realizou-se as leituras no colorímetro digital Hach (DR870).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização do efluente proveniente da digestão anaeróbia de afluentes da suinocultura e a caracterização do efluente após o tratamento por EC em valores reais e em percentagem de remoção.

Tabela 1 - Caracterização do afluente bruto e efluente tratado.

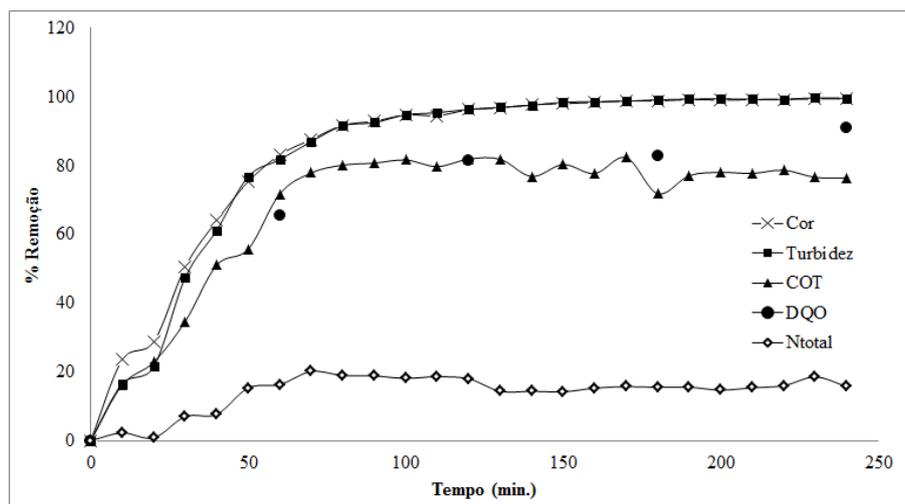
Parâmetro	Efluente Bruto	Efluente Tratado 120 minutos	Eficiência (%)
Cor Aparente (mg _{PtCo} /L)	69.866,7 ± 31.830,4	2.333,3 ± 548,5	96,2
Turbidez (NTU)	9.200,0 ± 4.660,4	291,7 ± 62,9	96,3
COT (mg/L)	2.314,0 ± 291,4	417,3 ± 51,1	81,8
DQO (mg/L)	8.603,3 ± 2.820,7	1.631,3 ± 943,7	82,9
N-Total (mg/L)	1.693,7 ± 68,4	1.386,2 ± 88,4	17,9
ST (mg/L)	19.966,7 ± 745,7	7.883,3 ± 1.260,6	60,4

Para a condição de tratamento aplicada neste estudo (5,0 V, DE de 2 cm e o TRH de 60 min.), remoções de 96,2%, 96,3%, 81,8%, 82,9%, 17,9% e 60,4% foram alcançadas para as respostas cor, turbidez, COT, DQO, Ntotal e ST, respectivamente. CHO *et al.* (2010), em seu estudo com eletrodos de Ti revestidos com óxido de irídio, com um TRH de 6h, obteve 99% de remoção de NH₄, 94% para o nitrogênio solúvel, 64% de remoção de carbono orgânico solúvel e 93% de remoção da cor para o tratamento de lixiviados do sistema de filtragem biológica da compostagem de dejetos suínos.

Para melhor visualização do comportamento das respostas cor, turbidez, N-Total e COT, durante os 240 minutos de tratamento a Figura 2 mostra evolução das respostas acompanhadas, em percentagem de remoção de em função do tempo operacional.

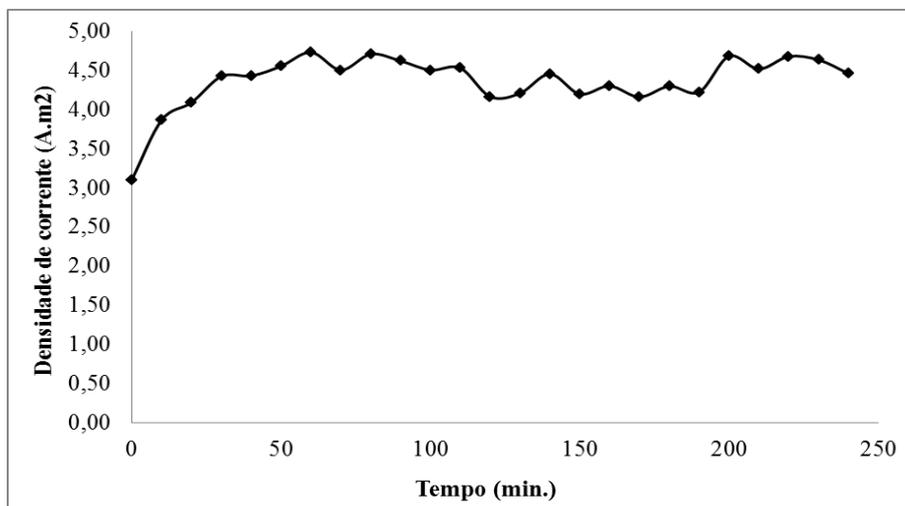
Para todas as respostas acompanhadas observa-se um aumento da eficiência até \cong 120 minutos operacionais, assim atingindo um regime estacionário de remoção e mantendo-se até os 240 minutos.

Figura 2 - Remoção dos parâmetros da cor, DQO, turbidez, COT e N_{Total} em função do tempo operacional do fluxo contínuo



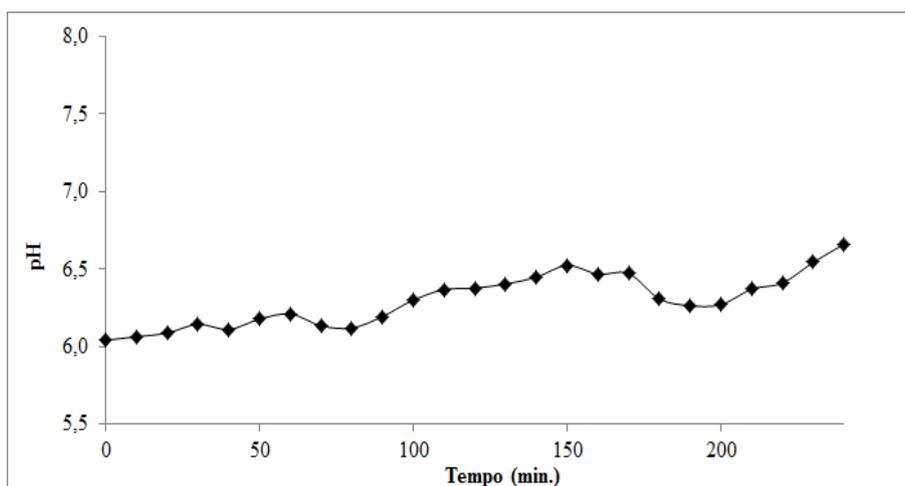
De acordo com Adhoum *et al.* (2004), no reator de EC a densidade de corrente é um dos parâmetros mais importantes para controlar a taxa de reação nos processos eletroquímicos. Ela determina a taxa de produção de coagulante, bem como o ajuste da produção e tamanho de bolhas, afetando assim a formação dos flocos e o processo de separação por flotação (KOBAYA *et al.*, 2008). A Figura 3 mostra a variação da DC no decorrer dos 240 minutos de tratamento. Observa-se que a DC após os 60 minutos de tratamento a mesma apresentou pouca variação.

Figura 3 - Variação da densidade da corrente em função do tempo operacional



Na Figura 4, pode ser visto o monitoramento do pH em função do tempo de tratamento. O tratamento por EC é altamente dependente do pH do afluente, pois o pH (6-8) é um parâmetro importante para a formação do $\text{Al}(\text{OH})_3$, responsável pela formação dos flocos (MOLLAH *et al.*, 2004).

Figura 4 - Variação do pHs em função do tempo operacional



Observa-se que o pH mantém-se dentro da faixa ideal de formação do hidróxido de alumínio, assim pode-se dizer que os valores de pH estão vinculados com a estabilidade de remoção das respostas acompanhadas.

4. CONCLUSÕES

A eletrocoagulação em sistema de fluxo contínuo mostrou-se eficiente para a remoção de cor, turbidez, COT e DQO, apresentando remoções acima de 80%. Portanto, o tratamento do efluente de biodigestão anaeróbia de afluentes da suinocultura por eletrocoagulação mostra-se promissora.

5. AGRADECIMENTOS

URI –Erechim, CAPES, Embrapa Suínos e Aves e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

- ADHOUM, N.; MONSER, L.; BELLAKHAL, N.; BELGAIED, J. Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *J. Hazard. Mater.*, v. B112, p. 207–213, 2004.
- BROETTO, T.; TORNQUIST, C. G.; BAYER, C.; CAMPOS, B. C.; MERTEN, C. G.; WOTTRICH, B. Soils and surface waters as affected by long-term swine slurry application in oxisols of southern Brazil. *Pedosphere*, v. 24, p. 585–594, 2014.
- CHO, J.H.; LEE, J.E.; RA, C.S.. Effects of electric voltage and sodium chloride level on electrolysis of swine Wastewater. *J. Hazard. Mater.*, v. 180, p. 535–541, 2010.
- KOBYA, M.; DELIPINAR, S.. Treatment of the baker's yeast wastewater by electrocoagulation, *J. Hazard. Mater.*, v. 154, p. 1133–1140, 2008.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Caderno de Ciência e Tecnologia*, v. 22, (3), p. 652-665, 2005.
- MOLLAH, M. Y. A.; MORKOVSKY, P.; GOMES, J. A. G.; KESMEZ, M.; PARGA, J.; COCKE, D. L.. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *J. Hazard. Mater.*, v. B114, p. 199–210, 2004.
- MOLLAH, M. Y. A.; SCHENNACH, R.; PARGA, J. R.; COCKE, D. L.. Electrocoagulation (EC)—science and applications. *J. Hazard. Mater.*, v. B84, p. 29–41, 2001.
- STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. *CLEAN – Soil, Air, Water*, v. 37 (3), p. 239-244, 2009.
- USDA, 2013. USDA Livestock and Poultry: World Markets and Trade. 2014: Record Global Meat Trade. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (2013) [online] Disponível em: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf.