



OXIDAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CHORUME GERADO EM ATERRO SANITÁRIO USANDO ELETRODO DE DIAMANTE DOPADO COM BORO

J. P. M. SANTOS¹, D. C. CARNEIRO², G.R.P. MALPASS², M.S. FREITAS², C. M. D. CASTRO¹

¹ Instituto Federal do Triângulo Mineiro

² Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro

RESUMO – *Este estudo traz um tratamento alternativo ao chorume que é gerado em aterro sanitário. Devido a alta complexidade deste tipo de efluente, vários métodos vêm sendo testados a fim de garantir uma maior eficiência de degradação. A eletroquímica estudada neste artigo foi realizada em bancada, com utilização de eletrodo de diamante dopado com boro e atingiu ótimos resultados em remoção de COT- Carbono Orgânico Total alcançando até 77% de mineralização em menos de 30 minutos e descoloração verificada em Ultravioleta-visível de até 40%.*

Palavras-chave: *Chorume, Oxidação, Eletrólise.*

ABSTRACT – *This study presents an alternative treatment to the slurry that is generated in a landfill. Due to the high complexity of this type of effluent. Several methods have been tested in order to guarantee a greater degradation efficiency. doped diamond electrode and achieved excellent TOC- Total Organic Carbon removal results achieving up to 77% mineralization in less than 30 minutes and UV-vis discoloration up to 40%.*

Keywords: *Manure, Oxidation, Electrolysis.*

1. INTRODUÇÃO

Um tratamento adequado do chorume gerado em aterro garante que não há contaminação no local onde este é descartado, o que é uma grande preocupação que se tem desde que este tipo de configuração de aterro foi criado. Segundo OLIVEIRA (2019), o chorume proveniente de aterros sanitários, possui grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos que confere ao efluente alta toxicidade, elevada carga orgânica e baixa biodegradabilidade. Por apresentar composição complexa, este efluente tem apresentado elevado interesse em pesquisas relacionadas ao seu tratamento por meio de novas tecnologias de tratamento que podem fornecer o equilíbrio do meio ambiente.

Não se pode falar em cuidados com a água sem falar de bacia hidrográfica. Ela pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados no solo. Em um evento isolado pode-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia com a ajuda do hietograma (chuva) e do hidrograma (vazão) (TUCCI, 2007).

Segundo SANTOS (2018), após aplicar o tratamento eletroquímico em águas contaminadas por



corantes azóicos, observou-se que a oxidação depende das características eletrocatalíticas do material. Anodos não reativos como o de Diamante Dopado com Boro são preferenciais, uma vez que possuem uma menor entalpia de ligação com a hidroxila fisicamente adsorvida na superfície. No tratamento eletroquímico a escolha do eletrodo varia de acordo com cada material com que se trabalha. No processo de escolha da melhor combinação, são definidas as características físicas e químicas do efluente. Desta forma este estudo busca avaliar a eficiência do tratamento eletroquímico utilizando o eletrodo de diamante dopado com boro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de chorofo foram coletadas em aterro sanitário de propriedade particular e usadas como recebidas. Cloreto de sódio foi fornecido pela Merck e as soluções foram preparadas com água deionizada (Millipore Mili-Q). Os estudos em meio de cloreto foram realizados com soluções preparadas em diferentes concentrações de eletrólitos cloreto e sulfato, chorofo em diluição de 20% de efluente e 80% água filtrada mantendo sempre a mesma força iônica.

Os ensaios eletroquímicos em pequena escala foram realizados com base em CASTRO (2018). Utilizando-se uma célula eletroquímica de compartimento único de capacidade de 100 mL. Foi utilizado um eletrodo de trabalho de Diamante Dopado com Boro com dopagem de 8000 ppm B/C com área geométrica de 2 cm². O eletrodo de referência utilizado foi de mercúrio/sulfato mercurioso e dois eletrodos auxiliares de fio espiral de platina. Os estudos foram realizados com potenciostato/galvanostato da Autolab, modelo PGSTAT 30.

3.1. PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

Previamente a realização dos experimentos, foi elaborado o Delineamento Composto Central Rotacionado (DCCR) em dois níveis, com 23 pontos fatoriais, 2x3 pontos axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 17 experimentos. Para o DCCR, as variáveis independentes de trabalho serão: Densidade de corrente (mA/cm²), tempo (minutos), concentração do eletrólito (mol. L⁻¹) e suas inter-relações. A variável de resposta, dependente, analisada foi a eficiência de remoção do Carbono Orgânico Total (COT) obtida em cada um dos experimentos da matriz, apresentada com os valores reais e os parâmetros codificados utilizados no DCCR. As variáveis de trabalho foram codificadas e decodificadas pela Equação 1, gerando os parâmetros de análise do modelo estatístico.

$$X_n = \frac{(X_{real} - X_{médio})}{\Delta X/2} \quad (1)$$

X_n corresponde a variável codificada, X_{real} a variável real, X_{médio} ao ponto central de cada variável e ΔX a variação entre os níveis inferior e superior da variável real. A análise estatística foi realizada por meio do software Estatística 7.0 da StatSoft, o que gerou a Tabela 1 com os experimentos a serem realizados durante o procedimento.



Tabela1: Matriz experimental com os valores reais e codificados ($-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$) utilizados no Delineamento Composto Central Rotacionado.

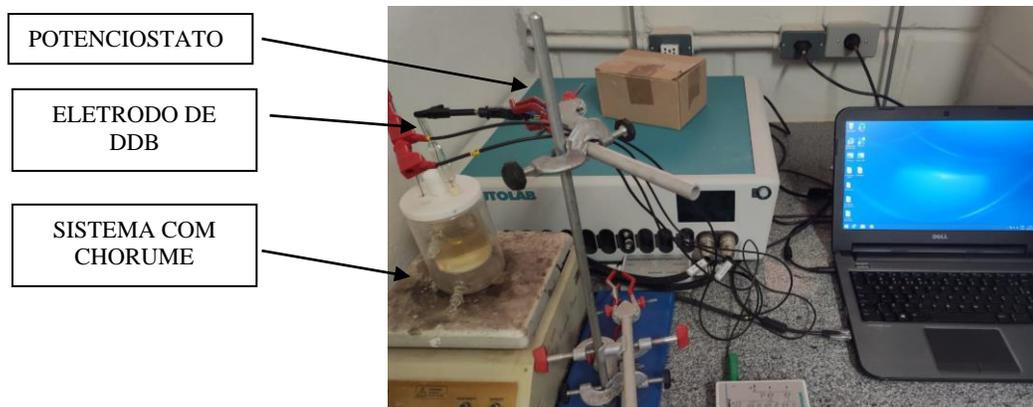
Experimentos	Densidade de Corrente(mA/cm ²)	Tempo(min)	Concentração do eletrólito (mol. L ⁻¹)
1	50 (-1)	3(-1)	0,1(-1)
2	150 (+1)	3 (-1)	0,1 (-1)
3	50 (-1)	27 (+1)	0,1 (-1)
4	150 (+1)	27 (+1)	0,1(-1)
5	50 (-1)	3 (-1)	0,3 (+1)
6	150 (+1)	3 (-1)	0,3 (+1)
7	50 (-1)	27 (+1)	0,3 (+1)
8	150 (+1)	27(+1)	0,3 (+1)
9	158 ($+\alpha$)	15 (0)	0,2 (0)
10	42 ($-\alpha$)	15 (0)	0,2 (0)
11	100 (0)	30 ($+\alpha$)	0,2 (0)
12	100 (0)	1 ($-\alpha$)	0,2 (0)
13	100 (0)	15 (0)	0,32 ($+\alpha$)
14	100 (0)	15 (0)	0,084 ($-\alpha$)
15	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)
16	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)
17	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)

Fonte: Autoria própria, 2019.

O pH da solução foi medido usando pHmetro de bancada marca Quimis, modelo Q400AS. Acompanhamento de descoloração da solução foi realizado em amostras específicas e em intervalos de coleta a cada 05 minutos para cada experimento e analisadas no espectrofotômetro por arranjo de diodos modelo HP-8452A, Hewlett Packard, com cubetas de quartzo com caminho ótico de 1,0 cm e capacidade de 3,0 mL. Medidas do decaimento de Carbono Orgânico Total foram realizadas com analisador da Shimadzu, modelo TOC-VCPN seguindo o referencial de CASTRO (2018). As 17 eletrólises (Tabela 01), no modo galvostático foram realizadas sob agitação constante utilizando o eletrodo de diamante dopado com boro, os equipamentos utilizados estão demonstrados na Figura 02.



Figura 02- Estação de trabalhos de degradação eletroquímica



Fonte: Autoria própria, 2019.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de remoção de COT para os estudos realizados em NaCl estão apresentados na Tabela 02. A leitura do padrão de TOC sem nenhum tipo de degradação foi realizada previamente aos estudos e apresentou um resultado de 427 ppm e um pH médio de 7,8.

Tabela 02: Porcentagem de remoção para estudos de NaCl obtidas no Delineamento Composto Central Rotacionado

Experimentos	Densidade de Corrente(mA/cm ²)	Tempo(min)	Concentração do eletrólito (mol L ⁻¹)	% Degradação
1	50 (-1)	3(-1)	0,1(-1)	69,55
2	150 (+1)	3 (-1)	0,1 (-1)	69,69
3	50 (-1)	27 (+1)	0,1 (-1)	71,10
4	150 (+1)	27 (+1)	0,1(-1)	77,73
5	50 (-1)	3 (-1)	0,3 (+1)	50,70
6	150 (+1)	3 (-1)	0,3 (+1)	70,20
7	50 (-1)	27 (+1)	0,3 (+1)	71,24
8	150 (+1)	27(+1)	0,3 (+1)	70,25
9	158 (+ α)	15 (0)	0,2 (0)	70,77
10	42 (- α)	15 (0)	0,2 (0)	76,65
11	100 (0)	30 (+ α)	0,2 (0)	73,35
12	100 (0)	1 (- α)	0,2 (0)	67,52
13	100 (0)	15 (0)	0,32 (+ α)	68,95
14	100 (0)	15 (0)	0,084 (- α)	71,59
15	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)	73,98
16	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)	71,03
17	100 (0)	15 (0)	0,2 (0)	70,3

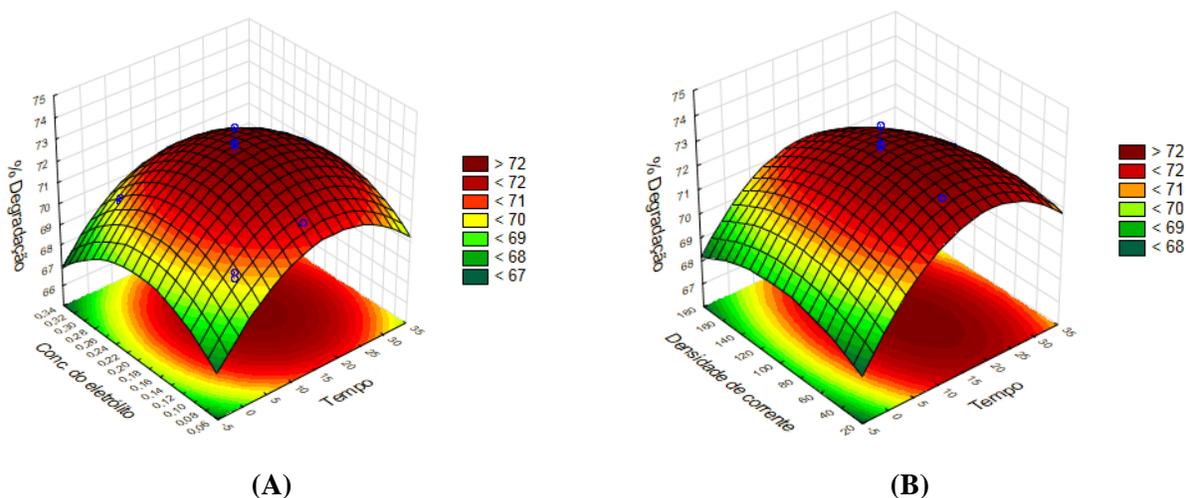
Fonte: Autoria própria, 2019

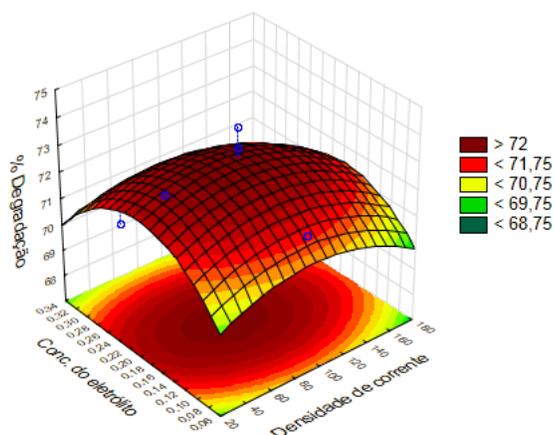


Nota-se que no experimento 04 obteve-se melhor eficiência de remoção de COT (77,73%) e o experimento 12 a pior (67,52%). Porém, quando se aumenta o tempo de eletrólise a eficiência aumenta para mais de 70% (experimento 11). Assim, é possível observar que o aumento da concentração de cloreto na solução não refletiu em aumento da eficiência de remoção de COT, já que tanto em alta concentração quanto em baixa, é possível observar eficiência acima de 70%. Isso pode ser devido à formação de compostos organoclorados, conhecidos por serem resistentes ao processo de degradação.

Considerando todas as variáveis significativas estudadas, foi realizada análise da superfície de resposta para obter as melhores condições reacionais para cada uma. De acordo com as superfícies de resposta (Figura 4) para as três variáveis críticas estudadas, foi possível obter a melhor condição experimental para a remoção de TOC do chorume. As melhores condições experimentais para cada variável crítica estudada estão apresentadas na Tabela 03:

Figura 4: Superfícies de respostas da eficiência de remoção de COT- Carbono Orgânico Total em função das variáveis críticas estudadas: (A) concentração do eletrólito x tempo, (B) densidade de corrente x tempo e (C) concentração do eletrólito x densidade de corrente.





(C)

Fonte: Autoria própria, 2019

Tabela 03: Melhores condições para cada variável analisada para melhor eficiência de remoção de COT- Carbono Orgânico Total

Variáveis	Ponto crítico (otimizado)
Densidade de corrente	82 mA/cm ²
Tempo	18,5 minutos
Concentração do eletrólito	0,19 mol L ⁻¹

O coeficiente de correlação (R^2) apresentado na regressão linear foi de 0,9838, ou seja, 98,38% dos dados foram bem ajustados ao modelo proposto e com nível de confiança de 95%. O modelo pode ser representado pela equação:

$$\% \text{ degradação} = 64,38 + 0,039.X_1 + 0,299.X_2 + 44,96.X_3 - 109,8.X_3^2 - 0,024.X_1.X_3 - 0,057.X_1.X_2$$

Sendo,

X_1 = densidade de corrente

X_2 = tempo de eletrólise

X_3 = concentração do eletrólito

5. CONCLUSÃO

Este estudo inicial mostra que é possível atingir uma alta eficiência de remoção em COT (77,73%) e descoloração (até 40%) do chorume pela utilização do tratamento eletroquímico utilizando um eletrodo de BDD. Otimização final das variáveis como tempo e densidade de corrente são importantes para a avaliação da aplicabilidade do tratamento eletroquímico deste tipo de efluente, pois sua alta complexidade e seu alto potencial de risco podem acarretar diversos



problemas ao meio ambiente e em particular as nossas bacias hidrográficas que recebem os impactos que são transpassados pelo solo.

Agradecimentos

FAPEMIG, CNPq e CAPES

6. REFERÊNCIAS

CASTRO, Cláudio Márcio de; OLIVI, Paulo. **Oxidação eletroquímica do corante amarelo disperso 3**. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/002888045>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

OLIVEIRA, M. S. **Tratamento de lixiviados de aterro sanitário combinando coagulação (sulfato de alumínio) e técnicas eletroquímicas (diamante dopado com boro)**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9537>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

SANTOS, A. J. **Tratamento de águas contaminadas com corantes azóicos pela aplicação de processos oxidativos avançados fotoquímicos, eletroquímicos e fotoeletroquímicos utilizando radiação UVA e solar**. 2018. 133f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Acesso em 28 jun. 2019.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: Ciência e Aplicação (4ª ed.)**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.