

Aplicação de Métodos Combinados de Coagulação-Eletroquímico-Fotocatálise Solar para o Tratamento de Lixiviado do Aterro Sanitário de Catalão-GO

Jordanna K. R. Aleixo, Larissa F. da Silva, Andreia D. Barbosa, Mayra S. de Oliveira & Leonardo S. Andrade

Este trabalho apresenta e discute os resultados obtidos no tratamento do lixiviado, proveniente do aterro sanitário de Catalão-GO, a partir da combinação das técnicas de coagulação química (cloreto férrico) e processos de oxidação avançada (POA): Foto-Fenton artificial, Foto-Fenton solar, Foto-eleto-fenton-solar e Eletroquímico (eletrodo de diamante dopado com boro - DDB). Para isso, parâmetros tais como: turbidez, carga orgânica (DQO), cor e espécies inorgânicas foram avaliados. A melhor condição para o processo de coagulação envolveu uma dosagem de 20 mL/L de FeCl_3 em pH 5,5 e assim, prosseguiu-se para os tratamentos pela aplicação dos POA durante 180 min.

Palavras-chave: *lixiviado; coagulação; POA.*

This paper presents and discusses the results obtained in the treatment of leachate from the Catalão-GO landfill, using the combination of chemical coagulation technique (ferric chloride) and the advanced oxidation processes (AOP): artificial photo-Fenton, solar photo-Fenton, photo-electro-fenton-solar and electrochemical (boron-doped diamond electrode - BDD). For this, parameters such as turbidity, organic load (COD), color and inorganic species were evaluated. The best condition for the coagulation process involved a 20 mL/L dosage of FeCl_3 at pH 5.5 and thus, the treatments were continued by applying the POA for 180 min.

Keywords: *leachate; coagulation; AOP*

Introdução

Nos dias atuais, a escassez dos recursos hídricos tem sido considerada uma das maiores preocupações ambientais e está relacionada não necessariamente a um fator específico, mas a uma sequência de fatores que proporcionam um impacto de caráter mundial. O crescimento populacional descontrolado, a mudança na produtividade, consumo e nas atividades industriais, propiciam excessivo uso da água e imensa produção de resíduos sólidos descartados em aterros sanitários^{1,2}. O método de descarte de resíduos sólidos em aterros sanitários é amplamente utilizado devido à facilidade e ao baixo custo. No entanto, esta disposição prática leva a consequentes desvantagens, pois além de demandar amplo espaço, há uma produção de grandes volumes de lixiviado que submete a altos riscos de vazamentos no ar, água e solo³.

Sendo a água um dos elementos essenciais para a vida, é indiscutível que para preservar este recurso, de forma quantitativa e qualitativa, é necessário o estabelecimento de novos métodos que viabilizem o tratamento deste efluente para minimizar a contaminação, enquadrando-o nos requisitos para descarte e reuso, e, além da sustentabilidade, manter abastecimento atual e das gerações futuras. Assim, estudos relacionados à investigação de novos processos de tratamento de efluentes, especificamente de lixiviado de aterro, têm se tornado frequentes, visto que as técnicas convencionais utilizadas tais como, processos biológicos, aeróbio, anaeróbico e uma variedade de processos físico-químicos⁴ não apresentam eficiência adequada no tratamento deste efluente¹, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos.

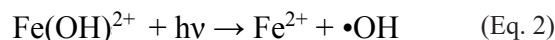
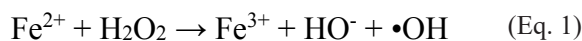
A interação da água da chuva com os resíduos sólidos descartados em aterros, em degradação, produz um líquido escuro e altamente contaminante, denominado lixiviado de aterro, ou chorume. Este efluente possui composição variada e complexa, pois é dependente de uma série de fatores como, natureza dos resíduos descartados, idade do aterro, precipitação e clima⁵. No entanto, sua toxicidade resume em possuir componentes orgânicos, inorgânicos, metais pesados, compostos xenobióticos, alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO),

amônia^{1,5,6} e ainda, forte odor, alta turbidez e coloração. São estas as características que invalidam o tratamento por meio da aplicação dos métodos biológicos, devido à capacidade limitada dos microorganismos em degradar substâncias orgânicas tóxicas e recalcitrantes presente no efluente.

Diante deste problema, o pré-tratamento, realizado por meio do processo de coagulação, destaca-se como um procedimento essencial para obtenção de bons resultados para o tratamento de efluentes complexos. Este processo consiste na adição de sais, de metais inorgânicos, como sulfato de alumínio e cloreto férrico⁷, que têm como objetivo promover a desestabilização das partículas coloidais em suspensão em água, disposta de cor e turbidez, para a formação de partículas que possam ser removidas em um processo físico de separação, seja por sedimentação ou flotação⁸. Além da escolha do coagulante é necessário também nesse processo a otimização de parâmetros tais como, dosagem do coagulante e pH, fundamentais para obtenção de redução de turbidez e, dependendo do efluente, da cor⁹.

O uso de Processos de Oxidação Avançada (POA) é considerado como uma das alternativas viáveis para o tratamento de efluentes contendo compostos refratários semelhantes ao lixiviado⁹. Esse método baseia-se na produção de radicais hidroxilas ($\bullet\text{OH}$) que podem mineralizar compostos extremamente recalcitrantes e gerar produtos inofensivos e totalmente oxidados como CO_2 e H_2O ¹⁰. Dentre os variados procedimentos existentes de geração de radical hidroxila, o método escolhido para a investigação principal da eficiência no tratamento do efluente chorume deste trabalho foi o foto-Fenton.

O processo foto-Fenton consiste na produção de radicais hidroxilas pela decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio por íons ferrosos (Fe^{2+}), em meio ácido (Equação 1)^{11,12}. Essa reação de Fenton, descoberta por Henry J. H. Fenton, combinada à radiação ultravioleta (UV) proporciona aumento da eficiência na geração de radicais hidroxila devido à regeneração de íons Fe^{2+} (Equação 2)^{12,13}.



Além disso, o uso de processos eletroquímicos no tratamento de efluentes também podem colaborar de forma significativa. Isso porque, além de não apresentar custo operacional elevado (desde que devidamente programado), a técnica também se baseia na oxidação de compostos orgânicos a partir da geração de espécies $\bullet\text{OH}$, formadas pela oxidação eletroquímica da água¹³. Dentre os diversos tipos de eletrodos utilizados nessa tecnologia, o eletrodo de diamante dopado com boro (DDB) possui características excelentes à mineralização de compostos orgânicos, como resistência à corrosão em meios extremos, estabilidade de resposta em longo prazo e ampla janela de potencial em meio aquoso e não-aquoso^{14,15}.

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta e discute os resultados da combinação dos métodos de coagulação química, utilizando o cloreto férrico (FeCl_3), com processos oxidativos avançados no tratamento do efluente lixiviado de aterro sanitário (proveniente do município de Catalão - GO, Brasil) com a finalidade de atender aos requisitos para seu descarte em corpos hídricos.

Procedimento Experimental

COAGULAÇÃO QUÍMICA

As amostras de efluente utilizadas neste estudo foram coletadas no aterro sanitário localizado no municipal de Catalão-GO. O lixiviado foi recolhido de uma das lagoas de estabilização existentes no aterro do município e armazenado em fracos de polietileno em temperatura ambiente.

O processo de coagulação foi realizado em um equipamento Jar Test (Etik[®]), o qual possui seis cubas de 2 L cada e regulador de rotação das hastas misturadoras. Uma velocidade de rotação de 100 rpm foi aplicada durante 3 min, seguido de mistura lenta durante 30 min a 40 rpm. No final dos ensaios, os flocos resultantes foram deixados em repouso durante 60 min para a sedimentação. Os ensaios de otimização da dosagem de coagulante foram realizados adicionando diferentes volumes de uma solução de cloreto férrico (50 g/L) a 1 L de efluente bruto resultando em dosagens de 4 mL/L, 8 mL/L, 12 mL/L, 16 mL/L, 20 mL/L, 24 mL/L em faixa de pH compreendida entre 5,0 e 7,0.

EXPERIMENTOS PARA O TRATAMENTO FOTO-FENTON

Após o pré-tratamento por coagulação, foram realizados os ensaios de fotodegradação em escala de bancada, utilizando radiação artificial e solar. No processo, usando a radiação artificial, foi empregado como fonte de radiação um reator composto com uma lâmpada de mercúrio de alta pressão de 400 W sem o bulbo protetor e um reservatório do efluente de 1L. Já no processo usando a radiação solar, foi empregado um reator para a fotocatalise solar. Para essa técnica, realizaram-se ajustes para pH 3,0 sendo monitorada a remoção de matéria orgânica (DQO), turbidez e pH. As concentrações de Fe^{2+} e H_2O_2 foram fixadas em 100 mg/L e 2g/L, respectivamente^{16,17}. Posteriormente, foi também realizado o ensaio com o acoplamento do reator solar ao eletroquímico, para a comparação de todos os processos (foto-Fenton com radiação artificial, foto-Fenton com radiação solar, eletroquímico e foto-eletro-fenton-solar).

EXPERIMENTOS COM O TRATAMENTO ELETROQUÍMICO

As eletrólises foram realizadas, após o pré-tratamento, em um reator de fluxo equipado com eletrodo DDB, (2000-4000 mg/L em Boro, DIACHEM[®], Alemanha) utilizando solução de 0,1 mol/L de Na_2SO_4 como eletrólito suporte. Este eletrodo de trabalho (Nb/DDB, $A = 36 \text{ cm}^2$) possui dois catodos de aço inoxidável, que foram usadas como contra eletrodos¹⁸. O controle de corrente aplicada no sistema, no intuito de evitar o desperdício de energia, foi feito a partir da determinação de corrente limite (i_{lim}) calculada de acordo com a Equação 3, que considera a demanda química de oxigênio (DQO, em mol/m³), o coeficiente de transporte de massa obtido para o reator ($k_m, 3,13 \times 10^5 \text{ m/s}$) e a constante de Faraday ($F, 96485 \text{ C/mol}$)¹⁹.

$$i_{\text{lim}}(t) = 4Fk_m DQO \quad (\text{Eq. 3})$$

Os ensaios de eletrólise foram feitos em duas vazões. Em um deles, o processo foi realizado com a vazão de 5,0 L/min com duração de 180 min. Neste processo, os reatores não estavam acoplados e operavam de forma separada. No

outro, a vazão utilizada foi de 1,0 L/min devido à perda de carga hidrodinâmica do sistema quando houve acoplamento entre os reatores eletroquímico e solar.

ANÁLISES QUÍMICAS

Após a determinação das melhores condições do processo de coagulação e de cada tratamento realizado, analisaram-se parâmetros como, DQO - demanda química de oxigênio (Hach DR 2000, $\lambda = 620$ nm), pH, turbidez (Hach DR/850), nitrito (Hach DR/850- reagente NitraVer5); nitrato (Hach DR/850 - reagente NitraVer5), cloro livre (Hach 10069), cloro Total (Hach 10070), cloreto (Método de Mohr) e análise de metais e não-metais (EDX - 7000, Shimadzu).

Resultados e Discussão

As amostras de chorume utilizadas no trabalho foram coletadas no aterro sanitário municipal de Catalão – GO e, posteriormente, analisadas quanto às características do efluente bruto. A Tabela 1 mostra os resultados desta análise.

Tabela 1. Características do efluente bruto de chorume

Parâmetros	Valores
DQO (mg/L)	2080
Turbidez (NTU)	>1100
pH	8,20
Cor	Marrom escuro
Nitrato (mg/L)	14,4
Nitrito (mg/L)	560
Cloro livre (mg/L)	0,16
Cloro total (mg/L)	1,2
Cloreto (mg/L)	368
Análise Elementar (XRF-EDX)	
K	44,86 %
Ca	16,99 %
S	13,71 %
Ag	13,54 %
Cu	7,15 %
Zn	3,77 %

Primeiramente, o pré-tratamento por coagulação química foi avaliado para determinação da melhor condição de dosagem de FeCl_3 a partir da adição de diferentes volumes de uma solução estoque (50 g/L) de coagulante para serem adicionados ao efluente. Para obtenção da melhor condição no tratamento por coagulação, foram analisados os resultados obtidos a partir da variação dos parâmetros de dosagem do coagulante e pH do efluente (Figura 1), sendo o parâmetro pH foi avaliado de acordo com a faixa de ação efetiva de trabalho do coagulante utilizado.

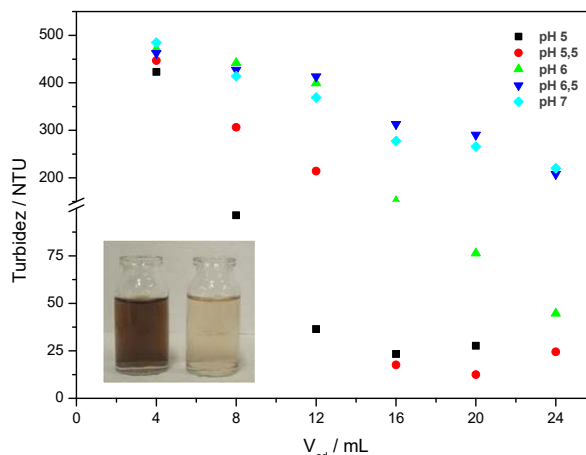


Figura 1. Turbidez versus dosagem de FeCl_3 (50 g/L) em pH 5; pH 5,5; pH 6, pH 6,5 e pH 7.

A medida de turbidez foi utilizada na definição da melhor condição do tratamento por coagulação, e foi avaliada com base em partículas coloidais (matéria orgânica suspensa), que determinam a transparência do efluente. Pode ser observado a partir dos resultados plotados no gráfico da Figura 1 que os parâmetros pH e dosagem apresentam um papel importante na remoção da turbidez.

Ao analisar o gráfico da Figura 1, é possível perceber que em pH 6,0, 6,5 e 7,0 os resultados não foram satisfatórios, pois resultaram em um efluente de alta turbidez. No entanto, em pH 5,0 e 5,5, foram obtidos os melhores resultados em termos de remoção de sólidos e cor. Por um lado, o aumento da dosagem promove melhora significativa na remoção de sólidos (expresso em turbidez) em dosagens ≥ 16 mL/L. Por outro lado, o uso de dosagens de coagulantes superiores

a 20 mL/L leva a um aumento da turbidez, o que evidencia a capacidade máxima de coagulante atividade pois, quando em excesso, pode gerar um aumento da turbidez em função da saturação da solução¹. Portanto, a condição mais adequada para a aplicação do processo de coagulação química foi considerada em pH 5,5 e na dosagem de FeCl₃ de 20 mL/L, que proporcionou uma remoção de turbidez de até 98% em relação ao efluente bruto.

O pré-tratamento também reduziu os valores encontrados para os parâmetros de DQO, nitrato e nitrito total valores (Tabela 2). Em comparação com esses parâmetros no efluente bruto, as taxas de remoção foram de 33%, 64% e 86%, respectivamente (na ordem citada anteriormente). Entretanto, o resíduo encontrava-se ainda incompatível as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)²⁰, pois ainda apresentava cor (Figura 1), odor e uma quantidade de carga orgânica residual elevada.

Tabela 2. Resultados do efluente bruto antes e após o tratamento por coagulação química.

Parâmetros	Efluente Bruto	Após a coagulação
DQO (mg/L)	2080	1394,78
Turbidez (NTU)	>1100	12,5
pH	8,20	3,40
Cor aparente	Marrom escuro	Marrom claro
Nitrato (mg/L)	14,4	5,2
Nitrito (mg/L)	560	80
Cloro livre (mg/L)	0,16	-
Cloro total (mg/L)	1,2	0,4
Cloreto (mg/L)	368	518
Análise Elementar (XRF-EDX)		
K	44,86 %	39,78 %
Ca	16,99 %	12,59 %
S	13,71 %	17,34 %
Ag	13,54 %	-
Cu	7,15 %	10,09 %
Zn	3,77 %	7,6 %
Fe	-	12,59 %

Dada à persistência da toxicidade do efluente, com alta presença de matéria orgânica, mesmo após o tratamento com coagulação, foram avaliados a combinação com métodos de processo oxidação avançada (POA) (foto-Fenton artificial, foto-Fenton solar, foto-eleto-fenton-solar, eletroquímico). A Figura 2 mostra o resultado de desempenho de cada um dos processos aplicados no efluente após pré-tratado por coagulação com FeCl₃ e a Tabela 3 sumariza todos os parâmetros de análise.

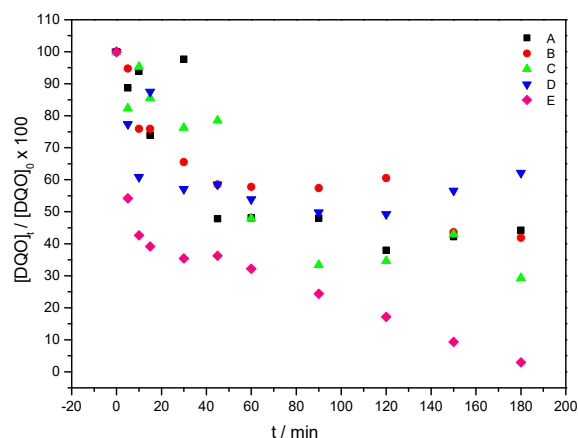


Figura 2. Efeito dos processos de tratamento no efluente corume: (A) Somente Foto-Fenton artificial; (B) Somente Foto-Fenton-solar; (C) Foto-fenton-solar acoplado com eletroquímico; (D) Eletroquímico com de vazão 1,0 L/min; (E) Eletroquímico com de vazão 5,0 L/min.

O primeiro método investigado foi o tratamento por meio do tratamento por foto-fenton. Neste caso, as variáveis do processo (concentrações de Fe²⁺ e H₂O₂) foram definidas com base nas melhores condições obtidas em trabalho anterior realizado pelo o grupo de trabalho. Para o processo foto-fenton com radiação artificial, uma remoção de 55,8% da DQO presente no efluente foi removida, enquanto que para o processo Foto-Fenton Solar a redução foi de 58,1%. A diferença na eficiência de remoção entre os métodos se deve a maior margem de espectros presentes na radiação solar, que é formado principalmente por três radiações do espectro eletromagnético: ultravioleta (100-400 nm), visível (400-800 nm) e infravermelho (acima de 800 nm), sendo maior que o espectro radiação da lâmpada, que é constituída somente pela ultravioleta¹⁵.

Tabela 3. Resultados do efluente bruto antes e após os tratamentos por coagulação química e os processo de Oxidação Avançada (POA).

Parâmetros	Efluente bruto	Após coagulação cloreto férrico	Após coagulação com cloreto férrico				
			Foto- Fenton	Foto- Fenton Solar	Foto- Fenton-solar acoplado	Eletroquímico 1L/min	Eletroquímico 5L/min
Nitrato (mg/L)	14,4	5,2	3,8	1,8	3,4	4,3	32
Nitrito (mg/L)	560	80	88	28	246	-	312
Cloro livre (mg/L)	0,16	-	0,03	-	-	-	0,20
Cloro total (mg/L)	1,2	0,4	-	0,7	0,6	1,5	7,2
Cloreto (mg/L)	368	518	2590	2550	2290	2400	570
DQO (mg/L)	2080	1395	616	584	408	867	41
Turbidez (NTU)	>1100	12,5	30,3	25,7	4,8	92	7,5
pH	8,2	3,4	2,0	2,0	2,3	2,9	2,6
Cor	Marrom escuro	Marrom claro	Ausente	Ausente	Ausente	Marrom claro	Ausente
Análise Elementar (XRF-EDX) (%)							
K	44,86	39,78	30,42	35,88	27,79	23,24	28,32
Ca	16,99	12,59	9,27	10,9	6,87	5,36	8,18
S	13,71	17,34	20,41	19,39	47,39	44,71	46,96
Ag	13,54	-	-	-	-	-	-
Cu	7,15	10,09	8,81	8,14	5,0	3,66	5,09
Zn	3,77	7,6	6,89	7,68	3,37	2,67	3,91
Fe	-	12,59	24,2	18,0	9,56	12,68	7,54

O tratamento eletroquímico foi realizado em intensidade de corrente limite (i_{lim}), calculada pela equação 4, apresentada anteriormente. O coeficiente de transporte de massa (K_m) que foi adotado já havia sido determinado em trabalho prévio do grupo de pesquisa, a partir de cronoamperogramas para a oxidação de $[Fe(CN)_6]^{4-}$, registrados sob um regime de fluxo de 1,0 L/min a 5,0 L/min¹⁹. Considerando o coeficiente de transporte de massa a uma taxa de fluxo de 1,0 L/min ($K_m = 0,813 \times 10^{-5}$ m/s), a DQO do efluente após o pré-tratamento por coagulação ($[DQO]_0 = 1395$ mg/L), a densidade de corrente limite calculada foi de 7,5 mA/cm².

O regime de fluxo adotado (1,0 L/min) foi escolhido a título de comparação com o processo foto-fenton-solar acoplado ao eletroquímico, pois essa foi a máxima vazão alcançada pelo sistema. O tratamento por eletrólise resultou em uma redução de matéria orgânica de até ~38 %, um valor considerado baixo, pois em menores vazões o transporte de massa à superfície do eletrodo fica mais limitada. Já para a vazão máxima do sistema (5 L/min) e também em intensidade de corrente limite compatível com a vazão, o percentual de remoção da carga orgânica foi de 97%, ressaltando, assim, a importância do transporte de massa em um sistema em que a oxidação acontece na interface eletrodo/solução.

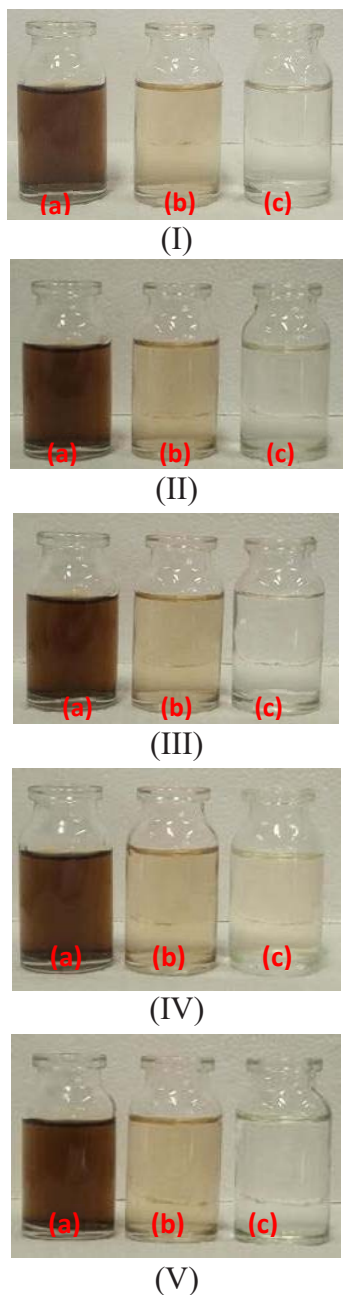


Figura 3. Fotografias (a) do efluente bruto, (b) do efluente tratado por coagulação por FeCl_3 e (c) processo aplicado: (I) Foto-Fenton artificial; (II) Foto-Fenton solar; (III) Foto-eletro-fenton-solar; (IV) Eletroquímico com vazão de 1,0 L/min; (V) Eletroquímico com vazão de 5,0 L/min.

O processo foto-fenton-solar acoplado ao eletroquímico, considerando a vazão máxima de trabalho obtida no sistema igual a 1 L/min, foi o que apresentou o melhor resultado em termos de remoção de DQO, atingindo a remoção de 71%. Além de apresentar uma boa remoção de DQO também apresenta bons resultados na redução da maioria dos parâmetros analisados, com nitrito, turbidez e espécies inorgânicas. As imagens dos resultados obtidos pelos métodos de tratamento utilizados estão apresentadas na Figura 3.

Conforme pode ser observado por meio da Figura 3, quase todos os métodos de tratamento adotados foram eficientes na remoção da coloração e turbidez do efluente, sendo apenas o método IV com menor eficiência para remoção de turbidez mesmo após o tratamento aplicado. De um modo geral, os tratamentos utilizados neste trabalho apresentam um bom desempenho na remoção da carga orgânica e demais compostos presente no efluente, sendo o melhor resultado alcançado no tratamento eletroquímico na vazão de 5,0 L/min seguido do foto-fenton-solar acoplado com eletroquímico.

Conclusão

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que o tratamento do chorume do aterro sanitário de Catalão - GO apenas com o método de coagulação, utilizando o FeCl_3 , reduz significativamente os parâmetros de cor, turbidez, quantidade de matéria orgânica presente no efluente, mas não atinge os padrões necessários para o seu reaproveitamento ou para o descarte nos corpos hídricos. Por este motivo, o efluente tratado por meio de coagulação química foi combinado a processos de tratamento que utilizam a oxidação avançada.

Em relação às condições iniciais do efluente bruto, a combinação da coagulação com os processos de oxidação avançada, resultou na eliminação de parâmetros como cor e turbidez na melhor condição alcançada, além de degradar até 97% da matéria orgânica presente no efluente pelo método eletroquímico em maior vazão. Bons resultados também foram alcançados pelo acoplamento do processo foto-fenton-solar e eletroquímico, com 71% de remoção da DQO.

Referências

- Renou, S.; Givaudan J. G.; Poulain, S.; Dirassouyan, F.; Moulin, P. "Landfill leachate treatment: Review and opportunity". *J. Hazard. Mater.*, 150 (3): 468-493, **2008**.
- Oliveira, M. S. de; et al. Landfill Leachate Treatment by Combining Coagulation and Advanced Electrochemical Oxidation Techniques. *ChemPubSoc Europe. ChemElectroChem*, 6, 1427-1433, **2019**.
- E. Dojkgraaf, H. R. J. Vollebergh, *Ecol. Econ.* **2004**, 50, 233-247.
- Serafim, Aline Camillo; et al. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos. *Anais do III Fórum de Estudos Contábeis* **2003**. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Chorume-impactos-ambientais-e-possibilidades-de-tratamento.pdf>>. Acesso em: julho de 2018.
- Pastore, C.; Barca, E.; Del Moro, G.; Di Iaconi, C.; Loos, M.; Singer, H.p.; Mascolo, G. "Comparison of different types of landfill leachate treatment by employment of nontarget screening to identify residual refractory organics and principal component analysis". *Sci. Total Environ*, 635: 984-994, **2018**.
- Oliveira, L. F.; Silva, S.m.c.p.; Martinez, C.b.r. "Assessment of domestic landfill leachate toxicity to the Asian clam *Corbicula fluminea* via biomarkers". *Ecotox. Environ. Safe.*, 103: 17-23, **2014**.
- Lee, C. S., Robinson, J., Chong, M. F., *Process Saf. Environ.*, **2014**, 92, 489.
- Richter, Carlos A; 'Água' Métodos e Tecnologia de Tratamento. 3ª Ed. São Paulo. Blucher, **2009**.
- Amor, C.; De Torrez-Socias, E.; Peres, J.a.; Maldonado, M.i.; Oller, I.; Malato, S.; Lucas, M.s. "Mature landfill leachate treatment by coagulation/flocculation combined with Fenton and solar photo-Fenton processes." *J. Hazard. Mater*, 286: 261-268, **2015**.
- Moreira, F.c.; Boaventura, R.a.r.; Brillas, E.; Vilar, V.j.p. "Electrochemical advanced oxidation processes: a review on their application to synthetic and real wastewaters". *Appl. Catal. B Environ*, 202: 217-261, **2017**.
- Babuponnusami, A., Muthukumar, K. J. "A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment". *Journal of Environmental Chemical Engineering. Chem*, **2014**, 2 (1), 557.
- Silva, L. F.; et al. Combining Chemical and Photo-Fenton Solar Coagulation Processes in the Treatment of Real Wastewater from Paint Industry. *Orbital: Electron. J. 129 Chem.* 11 (2): 128-132, **2019**.
- De Amorim, K. P., Romualdol, L. L., Andrade, L. S. "Performance and Kinetic-Mechanistic Aspects in the Electrochemical Degradation of Sulfadiazineon Boron-Doped Diamond. Electrode". *J. Braz. Chem. Soc.* 25: 1484-1492, **2014**.
- Andrade, L. S.; Moraes, M. C., Rocha-Filho, R. C., Fatibello-Filho, O., Cass, Q. B. "A multidimensional high performance liquid chromatography method coupled with amperometric detection using a boron-doped diamond electrode for the simultaneous determination of sulfamethoxazole and trimethoprim in bovine milk." *Anal. Chim. Acta.* 654: 127-132, **2009**.
- Panizza M., Cerisola, G. Application of diamond electrodes to electrochemical processes. *Electrochim. Acta*, 51(2): 191, **2005**.
- Silva, Jader de Oliveira, "Avaliação isolada e integrada dos processos de coagulação floculação-decantação e Foto-Fenton para o tratamento de chorume" ". Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, **2017**. [Orientador: Alam Gustavo Trovó].
- Silva, Valdislaine Maria da., "Degradação da matéria orgânica presente em chorume de aterro sanitário e de ciprofloxacino por processos de oxidação avançada". Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, **2016**. [Orientador: Alam Gustavo Trovó].
- Silva, L.f.; Barbosa, A.d; De Paula, H.m.; Romualdo, L.l.; Sadoyama, G.; Andrade, L.s. "Treatment of paint manufacturing wastewater by coagulation/electrochemical methods: proposals for disposal and/or reuse of treated water". *Water Res.*, 101: 467-475, **2016**.
- De Amorim, K.P., Romualdo, L.L., Andrade, L.S., **2013**. Electrochemical degradation of sulfamethoxazole and trimethoprim at boron-doped diamond electrode: performance, kinetics and reaction pathway. *Sep. Purif. Technol.* 120, 319e327.
- Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de Maio de **2011**, Dispõe sobre as condições e padrão de lançamento de efluentes Complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de Maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em setembro de 2019.

Jordanna K. R. Aleixo,
Larissa F. da Silva, Andreia D.
Barbosa, Mayra S. de Oliveira
& Leonardo S. Andrade*

Universidade Federal de Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Química, Avenida Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão, Goiás, Brasil, CEP: 75704-020.

*E-mail: ls_andrade@ufg.br