

Avaliação da Eficiência dos Processos Oxidativos Fenton, Foto-Fenton e UV/H₂O₂ na degradação de Poluente Orgânico em Efluente Sintético

Nayana Suellen Silva de Souza (IFPB, Campus Campina Grande), Emily Beatriz Bezerra Barros (IFPB, Campus Campina Grande), Thiago Querino da Rocha (IFPB, Campus Campina Grande), Clarice Oliveira da Rocha (IFPB, Campus Campina Grande), Antonio José Ferreira Gadelha (IFPB, Campus Campina Grande)

E-mails: nayana.suellen@academico.ifpb.edu.br, barros.emilly@academico.ifpb.edu.br, thiago.querino@academico.ifpb.edu.br, clarice.rocha@ifpb.edu.br, antonio.gadelha@ifpb.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.07.02.04-6 Técnicas Avançadas de Tratamento de Águas.

Palavras-chave: tratamento de efluente; corante; oxidação; luz ultravioleta.

1. Introdução

Os corantes sintéticos são substâncias orgânicas utilizadas em grande escala em diversas áreas, como na indústria têxtil, de plásticos, couro, papel, cosméticos, alimentos, entre outras. Se descartados de forma incorreta, a cor permanece no meio hídrico impedindo a penetração de luz nas camadas mais profundas, o que inibe a fotossíntese das algas, deteriorando a qualidade da água e reduzindo a concentração de O₂ (Lalnunhlimi; Krishnaswamy, 2016).

Conforme relatam Murthy et al. (2019), esses produtos coloridos são apontados como causadores de muitos problemas de saúde, como dermatite, eczema e alguns distúrbios vaso-circulatórios. Sendo, alguns deles, reconhecidamente genotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos. É difícil remover esses corantes de efluentes aquosos usando métodos convencionais de tratamentos devido a sua estabilidade química e a sua estrutura aromática complexa, os quais são resistentes à degradação química, física e/ou biológica.

A aplicação de processos oxidativos avançados - POAs, como os processos Fenton, Foto-Fenton e UV/H₂O₂, para a remoção de corantes e pigmentos de efluentes aquosos vem se apresentando como uma boa alternativa para os problemas gerados por esses rejeitos. O uso dessa técnica apresenta significativas vantagens em relação a outros POAs como, por exemplo, a reduzida taxa de formação de subprodutos tóxicos.

Desta forma, este trabalho busca investigar a eficiência da oxidação do corante azul de metileno em um efluente aquoso através dos processos oxidativos homogêneos Fenton, Foto-Fenton e UV-H₂O₂, em sistema descontínuo.

2. Materiais e métodos

Inicialmente foi preparada uma solução estoque do corante azul de metileno (AM), MM 319,85 g/mol (C₁₆H₁₈ClN₃S), a 200 mg/L, e a partir dela, por diluição, foram preparadas soluções de diferentes concentrações visando simular um efluente têxtil, além de construir de uma curva de calibração para quantificação do corante residual por espectrofotometria na faixa do visível no comprimento de onda (λ) de 664 nm.

Para a execução dos ensaios de degradação do corante foi utilizado peróxido de hidrogênio (H₂O₂) P.A. (Neon), como fonte de radicais •OH, sulfato ferroso heptaidratado (FeSO₄ · 7 H₂O), marca dinâmica, como fonte de íons Fe²⁺, e ácido sulfúrico (H₂SO₄) à 0,1 mol/L para ajuste do pH das soluções. As condições usadas nos ensaios foram:

Tabela 1: Condições operacionais para o estudo cinético dos processos Fenton, foto-Fenton e H₂O₂/UV.

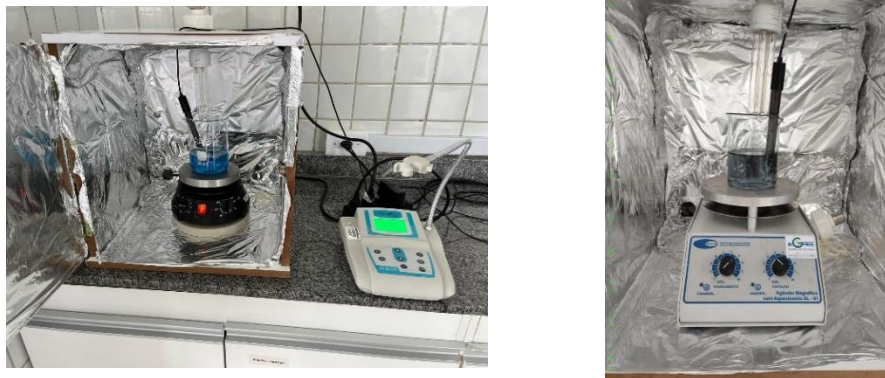
	Fenton	Foto-Fenton	H ₂ O ₂ /UV
[H ₂ O ₂] (mol/L)	0,01	0,01	0,01
[Fe ²⁺] (mol/L)	5,00E-05	5,00E-05	0,0
[H ₂ O ₂]/[Fe ²⁺]	200	200	-
[AM] (mg/L)	30	30	30
Luz UV	OFF	ON	ON

A eficiência de degradação (%Remoção) do AM foi calculada por meio da Equação 1, em que C₀ se trata da concentração (mg/L) do corante no instante t = 0, C_t se trata da concentração (mg/L) do corante ao fim do tempo (min) predefinido e, 100 é o fator multiplicativo que transformará o valor em porcentagem.

$$\%Remoção = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

Para execução dos ensaios dos POAs foi feita a montagem de um fotorreator utilizando uma caixa de madeira revestida com papel alumínio, para evitar interferência luminosa, provida de uma lâmpada UVC com potência de 14 watts, tensão de 220 volts, comprimento de onda de 253,7 nm, conforme mostrado na Figura 1. A agitação do sistema reacional foi mantida com o uso de um agitador magnético.

Figura 1: Fotorreator utilizado nos ensaios.



Fonte: Autores (2024).

Para o estudo cinético, 200 mL da solução de corante foram colocados em um béquer, sobre um agitador magnético no fotorreator, abaixo da lâmpada UV, utilizando o H_2SO_4 para ajuste do pH em 3,45. Após esta etapa, foram adicionados a esta solução de corante, a solução de Fe^{2+} e posteriormente com a caixa já fechada, a luz UV foi ligada e foi adicionado o H_2O_2 , assim iniciando a cronometragem. Em intervalos regulares foram retiradas alíquotas dessa solução e levadas ao espectrofotômetro para leituras das absorvâncias.

Para se estudar a cinética de remoção do corante os dados experimentais foram comparados pelo ajuste com os modelos matemáticos por meio de regressão não-linear, com os modelos de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem, representado pelas Equações 2, 3 e 4, respectivamente:

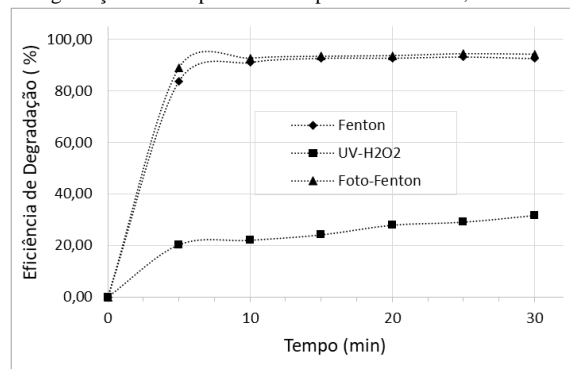
$$C_t = C_0 - K_0 \cdot t \quad (2) \quad C_t = C_0 \cdot e^{-k_1 \cdot t} \quad (3) \quad \frac{1}{C_t} = k_2 \cdot t + \frac{1}{C_0} \quad (4)$$

Em que k ($min^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot L$) é a constante cinética de cada modelo, e C_0 e C_t (mg/L) são as concentrações de corante iniciais ($t = 0$) e no tempo t , respectivamente.

3. Resultados e discussão

Aos dados experimentais da cinética de degradação dos POAs foi aplicada uma análise de regressão não-linear dos diferentes modelos utilizando o Microsoft Excel. Em que avaliou-se o ajuste dos dados experimentais aos modelos cinéticos descritos. A precisão do ajuste dos dados foi medida pela avaliação de alguns parâmetros estatísticos, expostos nas Tabela 2, 3 e 4, bem como nos gráficos das Figuras 2, 3, 4 e 5.

Figura 2: Cinética de degradação de AM por meio dos processos Fenton, foto-Fenton e H_2O_2/UV .



Fonte: Compilação dos autores.

Figura 3: Cinética de degradação do AM por meio do processo Foto-Fenton.

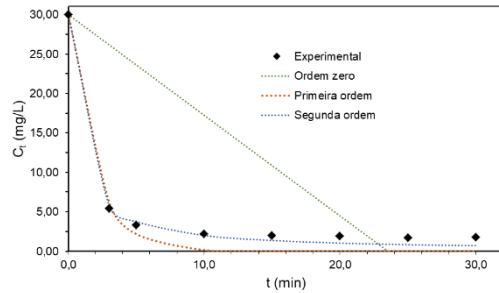


Tabela 2: Dados da cinética de degradação do AM via Foto-Fenton.

Modelo	k	R ²
Ordem zero	1,2757	0,4430
1ª Ordem	0,5238	0,9929
2ª Ordem	0,0465	0,9970

Figura 4: Cinética de degradação do AM por meio do processo Fenton.

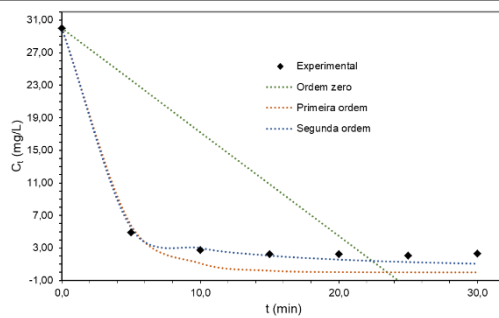


Tabela 3: Dados da cinética de degradação do AM via Fenton.

Modelo	k	R ²
Ordem zero	1,2757	0,4430
1ª Ordem	0,3291	0,9910
2ª Ordem	0,0300	0,9967

Figura 5: Cinética de degradação do AM por meio do processo UV-H₂O₂.

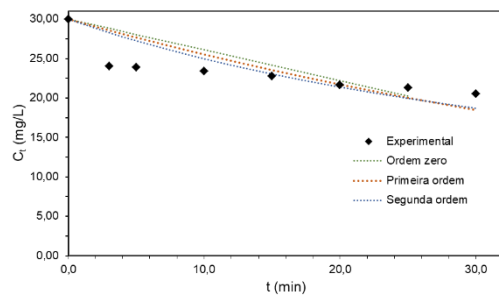


Tabela 4: Dados da cinética de degradação do AM via Fenton.

Modelo	k	R ²
Ordem zero	0,3907	0,6821
1ª Ordem	0,0162	0,7156
2ª Ordem	0,0007	0,7484

5. Considerações finais

Dentre os processos oxidativos avaliados, o processo Foto-Fenton foi o que apresentou melhor eficiência, utilizando-se H₂O₂ (peróxido de hidrogênio), catalisador Fe²⁺ e radiação de alta energia (lâmpada de UV). Em síntese, o tratamento se mostrou eficiente pela capacidade de mineralizar a maior parte do corante AM, resultante do alto poder oxidante do radical hidroxila (•OH), formado no processo Foto-Fenton, atingindo-se 95% de remoção em menos de 20 minutos. O modelo cinético de segunda ordem é o que melhor descreve os dados experimentais (R² = 0,9967).

Agradecimentos

Agradecemos à PRPIPG-IFPB e ao CNPq pela concessão das bolsas de estudo.

Referências

MURTHY, T. P. K.; GOWRISHANKAR, B. S.; PRABHA, M. N. C.; KRUTHI, M.; KRISHNA, R. H. **Studies on batch adsorptive removal of malachite green from synthetic wastewater using acid treated coffee husk: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies.** Microchemical Journal. v. 146. p. 192-201. 2019.

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. **Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium.** Brazilian Journal of Microbiology, v. 47, n. 1, p. 39–46, jan. 2016.