



II-139 – OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DE UM REATOR ELETROQUÍMICO APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS: pH, CONDUTIVIDADE, DENSIDADE DE CORRENTE E CONCENTRAÇÃO INICIAL DO CORANTE

Germana de Paiva Pessoa⁽¹⁾

Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade de Federal do Ceará (UFC). Doutoranda em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela UFC.

Antônio Idivan Vieira Nunes⁽¹⁾

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Campus do Pici – Bloco: 713 - Fortaleza – CE – Brasil – Tel.: +55 (85) 33669623 - Fax: +55 (85) 33669627 - e-mail: germanapaiva@hotmail.com

RESUMO

A cor dos efluentes têxteis oriunda das estruturas poliméricas dos corantes é um problema para as indústrias têxteis. Dentre as técnicas para o tratamento desse tipo de efluente, ressalta-se a eletrocoagulação (EC), a qual consiste em uma técnica físico-química aplicada tanto para remoção de cor como para poluentes orgânicos. Neste trabalho, avaliou-se, em sistema de batelada, o processo EC na remoção de cor de corantes utilizando efluente sintético e eletrodos de alumínio primário, sendo o efluente sintético composto pelo corante reativo, Remazol Blue RR, onde verificou-se o efeito dos parâmetros operacionais, tais como: densidade de corrente, o pH inicial da solução, tempo de eletrólise, concentração inicial do corante, condutividade da solução. Obtendo-se uma remoção de cor de 98% e 100%, em um tempo de tratamento de 20 e 40 minutos, respectivamente. Nesse estudo foi possível verificar que o processo de eletrocoagulação pode ser eficiente na remoção de cor de um efluente sintético constituído por corantes.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocoagulação, efluente têxtil, remoção de cor.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas do efluente têxtil está relacionado à cor, devido às grandes estruturas poliméricas que os corantes apresentam e são muito difíceis de decompor biologicamente (LIN e CHEN, 1997). A principal causa da geração desses efluentes, caracterizado pela forte cor, seria a lavagem em banhos correntes para a retirada do excesso do corante original ou do corante hidrolisado que não foi fixado à fibra (GUARATINI e ZANONI, 2000).

A eletrocoagulação (EC) envolve a geração de coagulantes *in situ* através da dissolução elétrica de eletrodos de ferro e/ou alumínio.

Ao inserir eletrodos de alumínio no reator, ou célula eletroquímica, onde é aplicada uma determinada corrente elétrica provoca a oxidação do Al^0 para o estado Al^{+3} . Esta etapa da reação ocorre no ânodo, simultaneamente ocorre a redução da água no cátodo, ocasionando a formação de íons hidroxila, OH^- , estes reagirão com o Al^{3+} formando o composto de hidróxido de alumínio, $Al(OH)_3$. O composto formado atuará como agente coagulante, pois será responsável pela coagulação e formação das partículas coloidais. Além dessas reações há também a formação do gás hidrogênio durante a redução da água, o qual auxilia a flotação das partículas coaguladas (CHEN, 2004).

A grande maioria das estações de efluentes envolve a adição de agentes coagulantes e floculantes, como polímeros e sais de ferro e alumínio, podendo citar como exemplo deste último o sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$. Tratamentos com esses tipos de produtos químicos podem causar impactos ambientais, principalmente nos organismos aquáticos do corpo receptor.

Portanto, faz-se necessário um sistema de tratamento eficiente, que não acarrete impactos subseqüentes, para remoção da cor característica dos efluentes provenientes das indústrias têxteis.



Este trabalho tem como objetivo principal otimizar os parâmetros operacionais (pH, condutividade, densidade de corrente e concentração inicial do corante) de um sistema de tratamento de efluentes têxteis, envolvendo processos eletroquímicos, como a eletrocoagulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O corante utilizado nesta pesquisa foi o reativo Remazol Blue RR do fabricante DyStar, utilizado em tingimento de fibras de algodão e celulósicas. As soluções foram preparadas dissolvendo-se os corantes em água deionizada e ajustando-se o pH com H_2SO_4 0,1N e NaOH 0,1N e a condutividade com NaCl.

O aparato experimental foi montado de acordo como ilustrado na Figura 1.

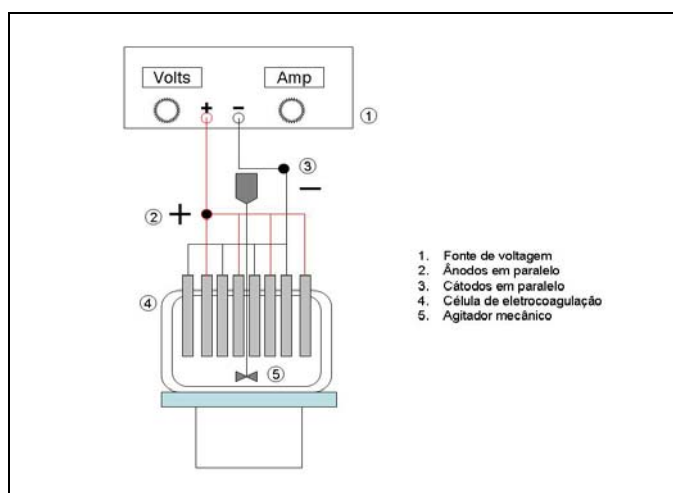


Figura 1 – Reator eletroquímico

A célula foi construída com material acrílico e com dimensões 100 x 150 x 180 mm, sendo o volume útil de 1500 cm^3 . Foram utilizados oito eletrodos, sendo quatro cátodos e quatro ânodos, em forma de placas de alumínio apresentando as dimensões iguais de 50 x 110 x 3 mm, com área de superfície total de 0,04784 m^2 e a distância entre os eletrodos na célula de EC é de 11 mm.

Os eletrodos foram conectados de forma monopolar a uma fonte de tensão (DAWER FCC-3020 D 30 V e 20 A). A agitação foi controlada por um agitador mecânico a uma velocidade de 350 rpm.

As amostras da solução foram coletadas antes e depois de cada ensaio e realizadas análises de cor e DQO, antes da realização das análises as amostras eram centrifugadas (2000 rpm) e filtradas para que não houvesse interferências.

As concentrações do corante foram determinadas a partir do método da curva de calibração, alcançando um valor máximo de absorbância no comprimento de onda (λ) de 600nm, utilizando um Espectrofotômetro UV/Visível. (Marca: Thermo election, Modelo: Nicolet evolution 100).

O cálculo da eficiência de remoção da cor (ER), após o tratamento por EC, foi realizado utilizando a Equação (1):

$$\text{Eficiência de Remoção (\%)} = \frac{C_0 - C}{C} \times 100 \quad \text{Equação(1)}$$

onde C_0 e C são respectivamente as concentrações inicial e final da eletrocoagulação do corante em mg L^{-1} .



RESULTADOS

EFEITO DO pH INICIAL

O efeito do pH inicial na remoção da cor foi analisado entre os valores de pH 3 a 11 utilizando os seguintes parâmetros operacionais:

- Concentração inicial do corante (C_0): 50 mg L^{-1} ;
- Condutividade do efluente (κ): 1 mS cm^{-1} ;
- Tempo de eletrocoagulação (t_{EC}): 20 minutos;
- Densidade de corrente (d. c.): 48 A m^{-2} .

Como mostra a Figura 2 a maior eficiência obtida foi de 91%, para o pH inicial 4.

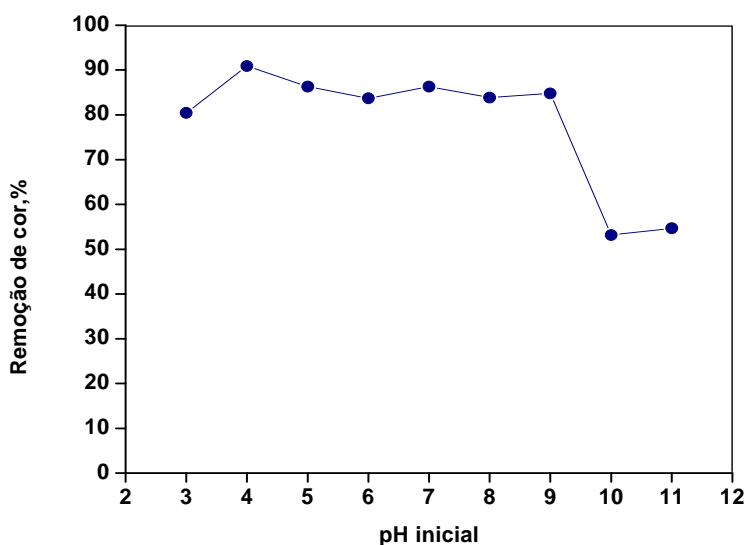


Figura 2 - Efeito do pH inicial
($C_0 = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $t_{EC} = 20 \text{ min}$; d. c. = 48 m^{-2})

A Figura 2 mostra que durante a faixa de pH 5-9 há uma taxa de remoção de cor praticamente constante apresentando um grande decaimento na eficiência nas faixas de pH 10 e 11. Isto se dá pelo fato da formação em excesso dos íons OH^- fazendo com que não se formem compostos monoméricos e sim compostos que não se adsorvem nas partículas do corante.

Na Figura 2 ainda é possível verificar que durante a faixa de pH 5 - 9 há uma taxa de remoção de cor praticamente constante (85%), o que foi verificado também por DANESHVAR *et al.* (2007) utilizando corante ácido.

EFEITO DA CONDUTIVIDADE

O efeito da condutividade na eficiência de remoção da cor foi estudado entre os valores de 1 e 5 mS cm^{-1} utilizando NaCl como eletrólito.

Como pode ser observado na Figura 3 há uma diminuição constante na eficiência com o aumento da condutividade.

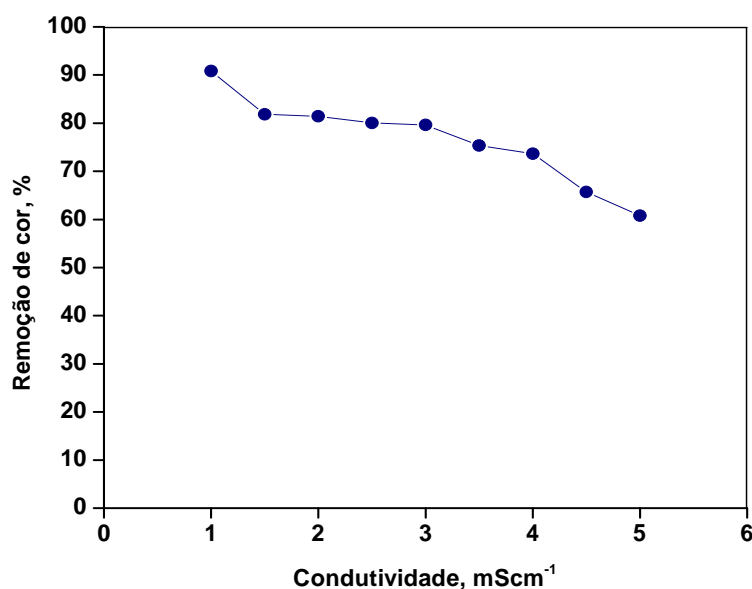


Figura 3 - Efeito da condutividade
($C_0 = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $t_{EC} = 20 \text{ min}$; $d.c. = 48 \text{ A m}^{-2}$)

Este fato pode ser atribuído à mudança da força iônica devido à mudança de condutividade no meio aquoso. A força iônica afeta claramente o equilíbrio e a cinética das reações entre espécies carregadas ocorrendo durante a eletrocoagulação (CAN e KOBAYASHI, 2003).

O melhor resultado, remoção de cor, obtido na análise da condutividade foi de 91% utilizando uma condutividade de 1 mS cm^{-1} .

EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE

O efeito da densidade de corrente na remoção da cor foi estudado entre os valores de 21 a 86 A m^{-2} . Os valores foram selecionados, para verificação do efeito da densidade elétrica na remoção de cor, devido à facilidade de calibração da célula para valores de: 1 A, 1,5 A, etc.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos das análises da eficiência de remoção de cor variando de acordo com a mudança na densidade de corrente elétrica.

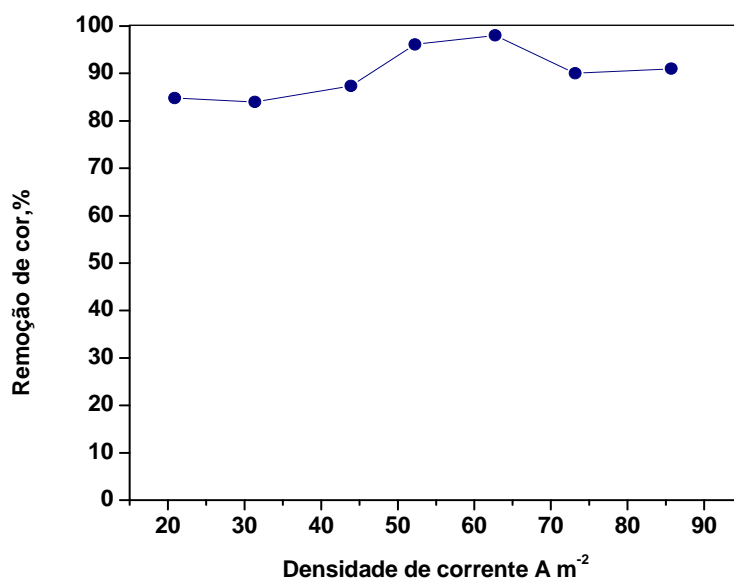


Figura 4 - Efeito da densidade de corrente.
($C_o = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $t_{EC} = 20 \text{ min}$)

O melhor resultado encontrado foi na densidade de corrente de 63 A m^{-2} com uma eficiência de 98.

Pode-se observar que após o valor 63 A m^{-2} há um pequeno decréscimo na eficiência da remoção se mantendo estável em 91% em valores mais elevados de corrente, ou seja, houve uma perda de potência nestes valores devido à dissipação da energia elétrica como energia térmica, fazendo com que a eficiência de remoção fosse reduzida (CRESPILHO e REZENDE, 2004).

O argumento citado pode ser confirmado pelo aumento da temperatura do efluente nos valores mais elevados de corrente elétrica, conforme mostra a Figura 5.

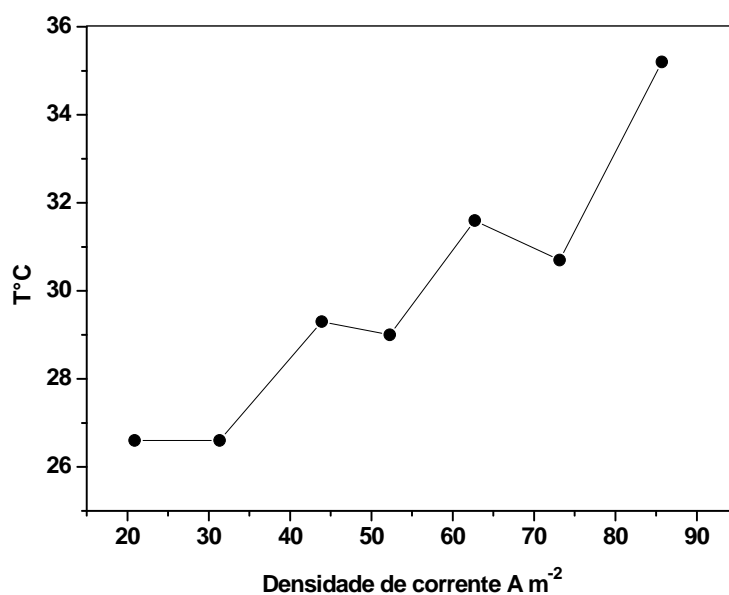


Figura 5 - Efeito da densidade de corrente elétrica na temperatura do efluente.
($C_o = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $t_{EC} = 20 \text{ min}$)



Para o valor de 86 A m^{-2} a temperatura do efluente chega a $35,2^\circ\text{C}$ e aplicando a densidade de corrente de 21 A m^{-2} a temperatura é de apenas $26,6^\circ\text{C}$, ambos após 20 minutos de tratamento. A temperatura do efluente antes da aplicação do processo de eletrocoagulação foi de aproximadamente 25°C para todos os ensaios apresentados.

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO INICIAL DO CORANTE

A Figura 6 apresenta os resultados da variação de remoção de cor em função da concentração inicial do corante.

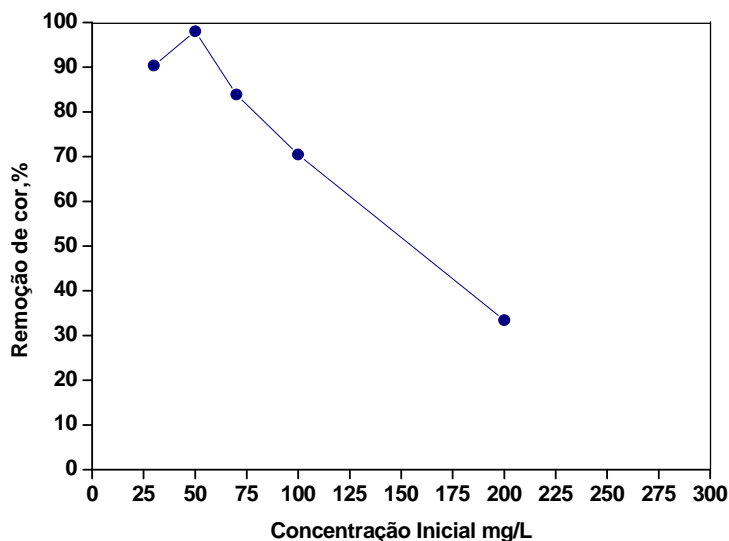


Figura 6 - Efeito da concentração inicial.

($\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $d.c. = 63 \text{ A m}^{-2}$; $t_{EC} = 20 \text{ min}$)

A análise da concentração inicial do corante foi realizada a partir da concentração 30 mg L^{-1} chegando a 200 mg L^{-1} . Os resultados apresentados na Figura 6 mostram que a eficiência de remoção cai de 98% para 70,5% quando a concentração do corante aumenta de 50 mg L^{-1} para 100 mg L^{-1} , respectivamente, o que significa que a eficiência varia em função da concentração do corante.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A eletrocoagulação pode ser considerada um processo eficiente para remoção da cor de um efluente sintético constituído por corantes utilizados na indústria Têxtil.

Os parâmetros como pH inicial, condutividade e densidade de corrente elétrica são variáveis importantes que afetam diretamente a eficiência da remoção.

Recomenda-se que sejam estudados outros parâmetros operacionais, como: tempo de tratamento, aplicação do processo de eletrocoagulação em fluxo contínuo consumo de energia bem como a redução de DQO no sentido de otimizar o reator para uma melhor eficiência do processo.

Realização de estudos utilizando fontes alternativas de energia, como: solar, eólica ou ainda o aproveitamento do gás hidrogênio formado durante as reações, visando à redução dos custos e minimização impactos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAN, O.T.; BAYRAMOGLU, M.; KOBAY, M., Decolorization of Reactive Dyes Solutions by Electrocoagulations using Aluminum Electrodes. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v.42, p.3391-3396, 2003
2. CHEN, G., Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, v.38, p.11-41, 2004.
3. CRESPILO; REZENDE, F. N.; REZENDE, M.O., *Eletroflotação: Princípios e Aplicações*. São Carlos, Rima, 2004.
4. DANESHVAR, N.; KHATAEE, A.R.; AMANIGHADIM, A.R.; RASOULIFARD, M.H. Decolorization of C.I. Acid Yellow 23 solutions by electrocoagulation process: Investigation of operational parameters and evaluation of specific electrical energy consumption (SEEC). *Journal of Hazardous Materials*, 2007.
5. GUARATINI, C.C.I e ZANONI, M.V.B. Corantes Têxteis. *Química Nova*, v.23, p.71-78, 2000
6. LIN, S.H.; CHEN, L.M., Purification of textile wastewater effluents by a combined Fenton process and ion exchange. *Desalination*, v.109. p.121-130, 1997.