

Tratamento de efluente têxtil em reator eletroquímico batelada com conjunto de eletrodos híbrido (metal/grafite)

RESUMO

Sarah Behling Portela
sportela@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Medianeira, Paraná, Brasil

Lucas D'avila
lucasdavila10@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Medianeira, Paraná, Brasil

Eduardo Eyng
eduardoeyng@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Medianeira, Paraná, Brasil

OBJETIVO: Otimização do tratamento de efluente têxtil por eletrocoagulação a partir da aplicação de corrente elétrica em eletrodos de metal e grafite, procurando manter a concentração de ferro residual abaixo de 15 mg/L e eficiente remoção de cor. **MÉTODOS:** A metodologia baseia-se no tratamento do Corante Reativo Azul 5G em batelada, analisando-se os efeitos de três fatores: tempo de reação, intensidade de corrente aplicada aos eletrodos de grafite e aos eletrodos de ferro, nas variáveis-respostas: remoção da cor e concentração residual de ferro, por meio de um Delineamento Composto Central Rotacional – DCCR. **RESULTADOS:** A remoção de cor mostrou resultados satisfatórios apresentando a porcentagem máxima de 98,91%, mínima de 47,04% e média de 86,87%; a análise estatística dos dados experimentais permitiu ajustar um modelo matemático para a remoção da cor. A superfície de resposta gerada demonstrou não haver ponto ótimo dentro da faixa estudada para os fatores. **CONCLUSÕES:** As concentrações de ferro residual mantiveram-se abaixo do limite permissível de 15 mg/L para lançamento de efluente. Além disso, a eficiência de tratamento permaneceu com uso de eletrodos híbridos.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocoagulação. Corante Reativo Azul 5G. Eletrodo de grafite.

INTRODUÇÃO

Encontra-se no contexto atual extrema preocupação quanto a melhor gestão de recursos hídricos, portanto, é necessário grande investimento na procura de melhores tecnologias de tratamentos de águas residuárias. De acordo com Tundisi (2006), somente a indústria têxtil é responsável por ocupar cerca de 15% da água utilizada no ramo industrial, sendo que a etapa de maior consumo de água é na tintura. Neste caso, é corriqueiro encontrar como alternativas de tratamentos para efluentes têxteis processos biológicos, infelizmente, para Kunz (2002) o processo apresenta o grande inconveniente de ser bastante susceptível à composição do efluente (cargas de choque), além de produzir um grande volume de lodo.

Processos físico-químicos para tratamento de efluentes têxteis exibem alternativa para as dificuldades encontradas em tratamentos biológicos, aumentando de forma significativa a eficiência da remoção de cor. A eletrocoagulação, processo físico-químico utilizado neste estudo, baseia-se em um reator eletrolítico – sendo ele composto por um par de eletrodos metálicos (geralmente de ferro ou alumínio) posicionados paralelamente em meio aquoso, onde corrente elétrica é aplicada aos mesmos –. Cheng (2004) afirma que ânodo de sacrifício libera espécies químicas causadoras da coagulação e sofre corrosão por meio de oxidação. No cátodo do reator, microbolhas de hidrogênio são formadas promovendo a separação de partículas por flotação. Ao passo que a eletrocoagulação é um tratamento com ótima eficiência, encontra-se certa concentração de metal residual.

O objetivo da pesquisa em questão foi a utilização de eletrodos híbridos, ferro e grafite, para manter a concentração residual abaixo do limite previsto pela resolução CONAMA 430/2011, a qual indica o limite máximo de 15 mg/L para ferro residual em efluente lançado; assim como a otimização do tratamento fazendo uso do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

MÉTODOS

Preencheu-se para os ensaios de eletrocoagulação em batelada por completo um becker com capacidade de 2L com água destilada, em seguida 50mg/L do Corante Reativo Azul 5G e 2g/L de NaCl, uma vez que o tratamento somente ocorre com alta condutividade elétrica. Os quatro eletrodos (dois de ferro e dois de grafite) foram distribuídos paralelamente e o solução manteve-se sob agitação.

Utilizou-se o DCCR como estratégia de planejamento experimental, sendo quatro repetições no ponto central, oito ensaios fatoriais e seis axiais, contemplado um total de 18 ensaios (tabela 1). A análise estatística foi realizada no software STATISTICA, versão 10.

Tabela 1 – Matriz do delineamento experimental

| Ensaio | Corrente Grafite | | Corrente Ferro | | Tempo | |
|--------|------------------|-----|----------------|------|-------|-------|
| | X1 | (A) | X2 | (A) | x3 | (min) |
| 1 | -1 | 0,7 | -1 | 0,18 | -1 | 14,05 |
| 2 | -1 | 0,7 | -1 | 0,18 | 1 | 25,95 |
| 3 | -1 | 0,7 | 1 | 0,42 | -1 | 14,05 |
| 4 | -1 | 0,7 | 1 | 0,42 | 1 | 25,95 |
| 5 | 1 | 1,3 | -1 | 0,18 | -1 | 14,05 |
| 6 | 1 | 1,3 | -1 | 0,18 | 1 | 25,95 |
| 7 | 1 | 1,3 | 1 | 0,42 | -1 | 14,05 |
| 8 | 1 | 1,3 | 1 | 0,42 | 1 | 25,95 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 11 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 13 | -1,68 | 0,5 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 14 | 1,68 | 1,5 | 0 | 0,3 | 0 | 20 |
| 15 | 0 | 1 | -1,68 | 0,1 | 0 | 20 |
| 16 | 0 | 1 | 1,68 | 0,5 | 0 | 20 |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | -1,68 | 10 |
| 18 | 0 | 1 | 0 | 0,3 | 1,68 | 30 |

Fonte: Portela (2017).

Com o objetivo de obter a otimização do tratamento, o modelo matemático empregado contemplou os coeficientes da regressão, os termos lineares e quadráticos das variáveis corrente aplicada nos eletrodos de grafite (CG), corrente aplicada nos eletrodos de ferro (CF) e tempo (T); assim como as interações entre elas.

$$y = \alpha_1 + \alpha_2x_1 + \alpha_3x_1^2 + \alpha_4x_2 + \alpha_5x_2^2 + \alpha_6x_3 + \alpha_7x_3^2 + \alpha_8x_1x_2 + \alpha_9x_1x_3 + \alpha_{10}x_2x_3 \quad (1)$$

Onde, y: variável resposta; α_n : coeficientes; x_1 : variável independente corrente grafite; x_2 : variável independente corrente ferro; x_3 : variável independente tempo; x_3 : variável independente tempo.

As variáveis-respostas avaliadas foram a remoção de cor (RC), a qual contou com leitura do espectrofotômetro de feixe simples, marca Perkinelmer, modelo Lambda XLS sendo o comprimento de onda de 618 nm; e a concentração de ferro ([Fe]) residual depositada pelo ânodo de sacrifício, determinada por absorção atômica pelo espectrofotômetro de absorção atômica com chama e forno de grafite, marca Varian, modelo AA240FS. Foram analisadas amostras do efluente bruto, e após o tratamento, sendo que estas permaneceram 24h para decantação do ferro em excesso, evitando-se sua interferência na medida de absorbância.

RESULTADOS

Os resultados (tabela 2), levaram em consideração a RC em porcentagem e a [Fe] em partes por milhão (ppm), ou seja, mg/L.

Tabela 2 – Resultado das análises

| Ensaio | Remoção de cor (%) | [Fe] residual (ppm) |
|--------|--------------------|---------------------|
| 1 | 47,04 | 3,742 |
| 2 | 84,13 | 3,742 |
| 3 | 56,85 | 1,9547 |
| 4 | 97,73 | 2,6907 |
| 5 | 80,86 | 3,1638 |
| 6 | 95,27 | 1,8496 |
| 7 | 85,76 | 3,9523 |
| 8 | 98,70 | 2,4804 |
| 9 | 98,72 | 3,3215 |
| 10 | 96,38 | 4,6882 |
| 11 | 93,43 | 7,7898 |
| 12 | 88,11 | 2,2701 |
| 13 | 88,36 | 3,4792 |
| 14 | 95,71 | 2,7958 |
| 15 | 90,37 | 3,2689 |
| 16 | 96,04 | 3,4266 |
| 17 | 69,65 | 2,4278 |
| 18 | 98,91 | 4,11 |

Fonte: Portela (2017).

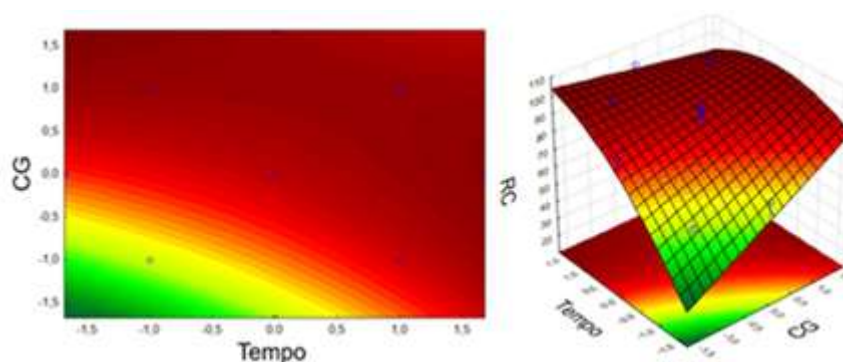
DISCUSSÃO

Constata-se alta RC, pois, além da média de todos os ensaios obtidos ser de 86,87%, as maiores porcentagens – acima de 95% - são encontradas em 8 dos 18 ensaios. Tendo em vista tais resultados, é possível concluir a eficiência do tratamento de Eletrocoagulação para efluentes têxteis.

Quanto a análise estatística referente a RC, os termos significativos a 5% foram os termos CG linear, T linear. Para T quadrático e a relação entre CG e T decidiu-se manter os termos por estarem próximos de 5%. Dessa forma, os demais termos foram removidos do modelo e suas contribuições incorporadas aos resíduos. O coeficiente de determinação, R^2 , foi de 84,83% e a validade do modelo confirmada com base no teste F, sendo o $F_{calculado}$ (10,3371) maior que o $F_{tabelado}$ (3,2592).

Em decorrência dos termos significativos e seus respectivos coeficientes de regressão obtém-se a equação (2) e sua superfície de resposta (figura 4).

Figura 4 – Superfície resposta de RC, T e CG



$$RC = 89,89117 + 6,38983x_1 + 11,32129x_3 - 4,36503x_3^2 - 6,32750x_1x_3 \quad (2)$$

Devido a falta de significância dos termos lineares e quadráticos da CF, a superfície abrange apenas a RC em função da CG e o T. Neste contexto, o cálculo das derivadas parciais igualadas a zero determinam os pontos críticos em valores codificados, estes sendo CG= -24,9 e T= 17,45. O ponto ótimo encontrado está extremamente afastado da faixa de estudo (o que pode ser observado pela falta de uma curva acentuada na superfície de resposta), entretanto, é possível constatar uma faixa de valores com desempenho satisfatório de Tempo para RC entre 0 e o valor máximo 1,68, assim como abrange toda faixa de CG. A análise estatística em relação a [Fe] e não revela termos significativos devido aos p-valores serem maiores que 5%. Dessa forma, não é possível obter o modelo matemático da análise em questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para fins econômicos, sugerem-se tratamentos com os menores valores de correntes e tempo possíveis, ao passo que neste estudo constata-se uma diversidade de valores de corrente aplicada no grafite e corrente aplicada no ferro eficientes para remoção de cor. Apesar de não ter sido possível ajustar um modelo estatisticamente válido para a concentração de ferro residual, o menor e o maior valor em mg/L equivale a 7,8 e 1,8 respectivamente; resultados satisfatórios quando comparados com a resolução CONAMA 430/2011.

Conclui-se, dessa forma, que o tratamento de efluente têxtil por eletrocoagulação com eletrodos híbridos é de fato um estudo com alto potencial a ser explorado.

Textile effluent treatment in batch electrochemical reactor with hybrid electrode set (metal/graphite)

ABSTRACT

OBJECTIVE: To optimize the effluent treatment by electrocoagulation from the application of electric current in metal and graphite electrodes, aiming to maintain a residual iron concentration below 15 mg/L and efficient removal of color. **METHODS:** The methodology is based on the treatment of 5G Blue Reactive Dye in batch, analyzing the effects of three factors: reaction time, current intensity applied to graphite electrodes and iron electrodes, in the response variables: removal of color and residual iron concentration, by means of a Rotational Central Compound Design - DCCR. **RESULTS:** The color removal showed satisfactory results, presenting the maximum percentage of 98.91%, minimum of 47.04% and average of 86.87%; The statistical analysis of the experimental data allowed to adjust a mathematical model for the removal of color. The response surface generated showed no optimal point within the range studied for the factors. **CONCLUSIONS:** Residual iron concentrations remained below the permissible limit of 15 mg / L for effluent release. In addition, the treatment efficiency remained with the use of hybrid electrodes.

KEYWORDS: Electrocoagulation. Blue Reactive Dye 5G. Graphite electrode.

REFERÊNCIAS

TUNDISI, et al, **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. ed. Escrituras: São Paulo, 2006.

KUNZ, Airton et al. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química Nova, [s.l.], v. 25, n. 1, p.78-82, fev. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422002000100014>. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n1/10428.pdf> >. Acesso em: 23 ago. 2017.

CHEN, G.; **Separation and Purification Technology**. 1. ed. Elsevier: [S.l.] 2004.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

PORTELA, S. B. et al. Tratamento de efluente têxtil em reator eletroquímico batelada com conjunto de eletrodos híbrido (metal/grafite). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: 28/08/2017.

Correspondência:

Sarah Behling Portela
Rua Florianópolis, número 1766, Medianeira, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

