

TRATAMENTO ELETROQUÍMICO DE EFLUENTE INDUSTRIAL CONTENDO CORANTES REATIVOS

Paulo de Tarso Ferreira Salles¹; Núbia Natália Brito Pelegrini²; Ronaldo Teixeira Pelegrini³

RESUMO

O emprego dos processos eletroquímicos no tratamento de águas residuárias é uma tecnologia moderna e versátil que pode ser adaptada a qualquer tipo de efluente industrial. Esta técnica apresentou grande evolução nas últimas décadas, principalmente em relação ao desenvolvimento de eletrodos. Neste trabalho, foram utilizados eletrodos de óxidos condutores tipo DSA (Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O₂) no tratamento terciário de efluentes têxteis contendo corantes reativos. Foi usado um reator eletroquímico com capacidade para operar com um volume de 1000 mL de efluente em processo de recirculação. Empregando densidade de corrente de 100,00 mA.cm⁻² pôde-se observar reduções de 78% da coloração do efluente em 40 minutos de tratamento. Outros parâmetros importantes como: Demanda Química e Bioquímica de Oxigênio (DQO e DBO) e no Carbono Orgânico Total (TOC) também apresentaram reduções significativas. O tratamento apresentou um custo relativamente baixo em relação aos tratamentos biológicos indicando que esta técnica pode ser desenvolvida para grande escala com bons resultados ambientais.

Palavras-chave: Efluente têxtil, Corantes reativos, Processos eletroquímicos.

ELECTROCHEMICAL TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER WITH REACTIVE DYES

ABSTRACT

The application of the electrochemical processes in the treatment of wastewater is a modern and versatile technology that can be adapted any type of industrial effluent. This technique showed great evolution in the last decades, mainly regarding electrodes development. In this work, was used conductive oxides electrodes as DSA (Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O₂) in the tertiary treatment of textile effluents containing reactive dyes. A reactor electrochemical was used with capacity to operate with a volume of 1000 mL of effluent in recirculation process. Using density of current of 100 mA.cm⁻² could be observed reductions of 78% of the coloration of the effluent in 40 minutes of treatment. Other important parameters as Chemical and Biochemical Oxygen Demand (COD and BOD) and Total Organic Carbon (TOC) also showed significant reductions. The electrochemical treatment showed a cost relatively low in comparison with the conventional biological processes indicating that this technique can be developed for use great scale with good environmental results.

Key words: Textile effluent, Reactive dyes, Electrochemical processes.

Trabalho recebido em 12/11/2006 e aceito para publicação em 23/11/2006.

¹ Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás - CEFET-GO, Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente. Rua 75 no. 46 – Centro, CEP: 74055-110, Goiânia-GO. E-mail: ptfes@cefetgo.br

² Química Agroindustrial, Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Rua Paschoal Marmo nº1888, Jardim Nova Itália Limeira-SP-Brasil. E-mail: núbia.brito@agr.unicamp.br.

³ Professor Doutor do Centro Superior de Educação Tecnológica – CESET - Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, Rua Paschoal Marmo nº1888, Jardim Nova Itália Limeira-SP-Brasil. E-mail: pelegrini@ceset.unicamp.br.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e as conquistas do homem contemporâneo desencadeiam condições para a melhoria da qualidade de vida, ao mesmo tempo em que aumentam os fenômenos de contaminação ambiental (Kunz et al., 2002).

O aumento populacional nas grandes cidades tem gerado quantidades exageradas de resíduos, os quais quando não gerenciados por sistemas eficazes podem prejudicar a qualidade de vida das comunidades que os geram (Kunz et al., 2002).

A indústria é a atividade que mais contribui para a contaminação ambiental, principalmente as águas dos rios, visto que a maioria dos processos industriais utiliza grandes volumes de água levando conseqüentemente a produção de rejeitos líquidos contendo espécies tóxicas ou difíceis de serem degradadas (Freire et al., 2000; Jain, et al., 2004).

Destas atividades, as indústrias têxteis têm se destacado pelo seu alto grau poluidor, por meio dos corantes provenientes das etapas de tingimento e que são descartados após o tratamento biológico, com uma intensa coloração (Ceron et al., 2004). Os corantes são detectáveis a olho nu, sendo visíveis em alguns casos em concentrações tão baixas quanto um ppm (Guaratini e Zanoni,

2000). Essa forte coloração pode ser altamente interferente nos processos fotossintéticos naturais nos leitos dos rios provocando alterações na biota aquática (Freire et al., 2000).

Além disso, há a agravante da indústria têxtil ser uma atividade que gera rejeitos de composição extremamente variável em virtude da diversidade de corantes que são processados durante o dia. Isto apresenta um alto potencial de choque aos microorganismos empregados no tratamento dos efluentes e também ao corpo receptor (Freire et al., 2000).

A tecnologia moderna no tingimento consiste de várias etapas que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil (Guaratini e Zanoni, 2000). No entanto todo o processo de tintura envolve como operação final uma etapa de lavagem para a retirada do excesso de corante original ou corante hidrolisado não fixado a fibra nas etapas precedentes (Guaratini e Zanoni, 2000). De toda a carga orgânica presente no efluente o maior problema está representado pelas moléculas de corante, pois grande parte destas mostra-se resistente ao tratamento biológico convencional (Pelegrini et al., 1999).

Dentre as classes de corantes, aqueles caracterizados como reativos apresentam alta solubilidade em água e estabelecem uma ligação covalente com a

fibra dos tecidos (Freire et al., 2000). Esta ligação confere maior estabilidade na cor do tecido tingido reduzindo assim o consumo (Guaratini e Zanoni, 2000). Todavia, sua proporção de fixação é variável por volta de 60 a 90%, razão pela qual quantidades substanciais são lançadas em efluentes industriais (Pelegrini et al., 1999). Os riscos toxicológicos desses corantes sintéticos à saúde humana estão relacionados ao modo, ao tempo de exposição, à ingestão oral, à sensibilização da pele e à sensibilização das vias respiratórias (Guaratini e Zanoni, 2000).

O grupo de corantes reativos que mais tem atraído atenção têm sido os azos corantes (Mohan et al., 2004). A biotransformação destes corantes pode ser responsável pela formação de aminas, benzidinas e outros intermediários com potencialidade altamente carcinogênica (Guaratini e Zanoni 2000).

O caráter prejudicial para a saúde humana vem sendo observado há algum tempo. Manifestações de complicações respiratórias, como asma e rinite alérgica foram registradas, além da ocorrência de casos de câncer de bexiga têm sido reportadas em trabalhadores que manipulavam corantes há mais de cinquenta anos (Guaratini e Zanoni, 2000).

Em função de toda a problemática envolvendo os corantes reativos é

necessário que as indústrias têxteis busquem tecnologias mais eficazes para o tratamento de seus efluentes, visando o desenvolvimento sustentável e a minimização dos impactos ambientais.

Neste estudo foram avaliadas as eficiências do processo eletroquímico no tratamento de efluente têxteis de uma indústria da região de Americana, no estado de São Paulo, após este passar por tratamento biológico por lodo ativado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Controle Analítico

Para a avaliação do desenvolvimento do processo eletroquímico no tratamento de efluente têxtil foram empregados os seguintes parâmetros:

a) pH

A determinação dos valores de pH no efluente foi realizada de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition, 1998.

b) Turbidez

A determinação da turbidez no efluente foi realizada de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2130-B), 20th Edition, 1998.

c) Cor

A coloração do efluente foi determinada no comprimento de onda de máxima absorção apresentado pelas amostras em espectrofotômetro de UV-VIS de acordo com o procedimento descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Color: 2120 A - Colorimetric Method), 20th Edition 1998.

d) Condutividade

A condutividade do efluente foi determinada, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2510 B), 20th Edition, 1998.

e) Ferro

Neste efluente a determinação de ferro foi realizada pelo método da fenantrolina no comprimento de onda de 510 nm de acordo com a Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (3500 B), 20th Edition, 1998.

f) Manganês

Neste efluente a determinação de manganês foi feita no comprimento de onda de 550 nm de acordo com Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (3500B), 20th Edition, 1998.

g) Cloretos

Neste efluente a determinação de cloreto foi realizada no comprimento de onda de 515 nm, de acordo com Standard

Method for the Examination of Water and Wastewater (4500 G), 20th Edition, 1998.

h) Demanda química de oxigênio (DQO)

A determinação da demanda química de oxigênio foi realizada pelo método colorimétrico de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (5220 D), 20th Edition, 1998.

i) Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A determinação dos valores da demanda bioquímica de oxigênio no efluente foi realizada de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (5210 B), 20th Edition, 1998.

j) Carbono orgânico total (TOC)

A determinação do carbono orgânico total no efluente foi realizada segundo a metodologia descrita na norma ISO 8245.

2. 2. Processo eletroquímico

Para a realização dos estudos eletroquímicos foi empregado um reator de bancada com duas placas de dimensões 7,00 x 30,00 x 0,01 cm de $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$ usadas como eletrodos, tendo como área de trabalho 65,00 cm² (13,00 x 5,00 cm). O reator eletroquímico era composto de duas placas em acrílico com dimensões de 14,00 x 28,00 x 1,00 cm e separadores/vedantes

de borracha de 3,0 mm. Para a recirculação do efluente no reator foi usada uma bomba marca Dancor modelo CP-4R com potência de ½ HP. O monitoramento da corrente e da tensão aplicados nos eletrodos foi realizado com multímetro de marca Voyager, modelo XF-2000. A temperatura foi controlada por coluna de vidro *pyrex* usada em destilação, com resfriamento à água. Para diminuir a quantidade de gases, proveniente da eletrólise, utilizou-se um becker de 125,00 mL com pérolas de vidro. Utilizou-se também uma fonte de corrente contínua, marca MMECL modelo 6028.

Para o desenvolvimento do tratamento eletroquímico do efluente têxtil utilizou-se uma configuração do reator com separador de borracha mantendo os eletrodos bidimensionais (ambos cátodo/ânodo: $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$) separados a uma distância de 3,0 mm (Figura 1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Otimização do processo eletroquímico

Para a otimização dos estudos foi empregado 1,0 L de efluente têxtil e avaliadas as concentrações molares do eletrólito suporte (Na_2SO_4) de 0,025; 0,050; 0,075; 0,100 e 0,250 M, as densidades de corrente 15,00; 60,00; 100,00 e 108,0 $mA.cm^{-2}$, e as vazões 24,0; 26,0; 28,0 e 30,0 $mL.s^{-1}$. A temperatura do

processo foi mantida constante mediante um sistema de refrigeração a água.

O processo de otimização foi realizado medindo-se a absorvância do efluente no comprimento de onda máximo na região do visível (400 nm), após 20 min de tratamento.

3.2. Otimização da concentração de eletrólito suporte e da densidade de corrente.

Nos estudos de otimização da concentração de eletrólito suporte confirmou-se a melhor performance para o efluente contendo 0,050 M de Na_2SO_4 (Figura 2). O comportamento das soluções 0,250; 0,100 e 0,075 M apresentaram aumento da absorvância, este fato pode ser devido à formação de outros compostos intermediários fortemente coloridos cuja formação é bastante comum em processos eletroquímicos (Saracco et al., 2000).

No estudo da densidade de corrente (Figura 3), quando foram aplicados 15,00 e 60,00 $mA.cm^{-2}$, verificou-se um aumento da absorvância no início do processo. Os melhores resultados foram alcançados com as densidades de correntes 100,00 e 108,0 $mA.cm^{-2}$, sendo que os comportamentos das curvas sugerem melhor eficiência quando se emprega 100,00 $mA.cm^{-2}$ em um tempo de tratamento de 20 minutos.

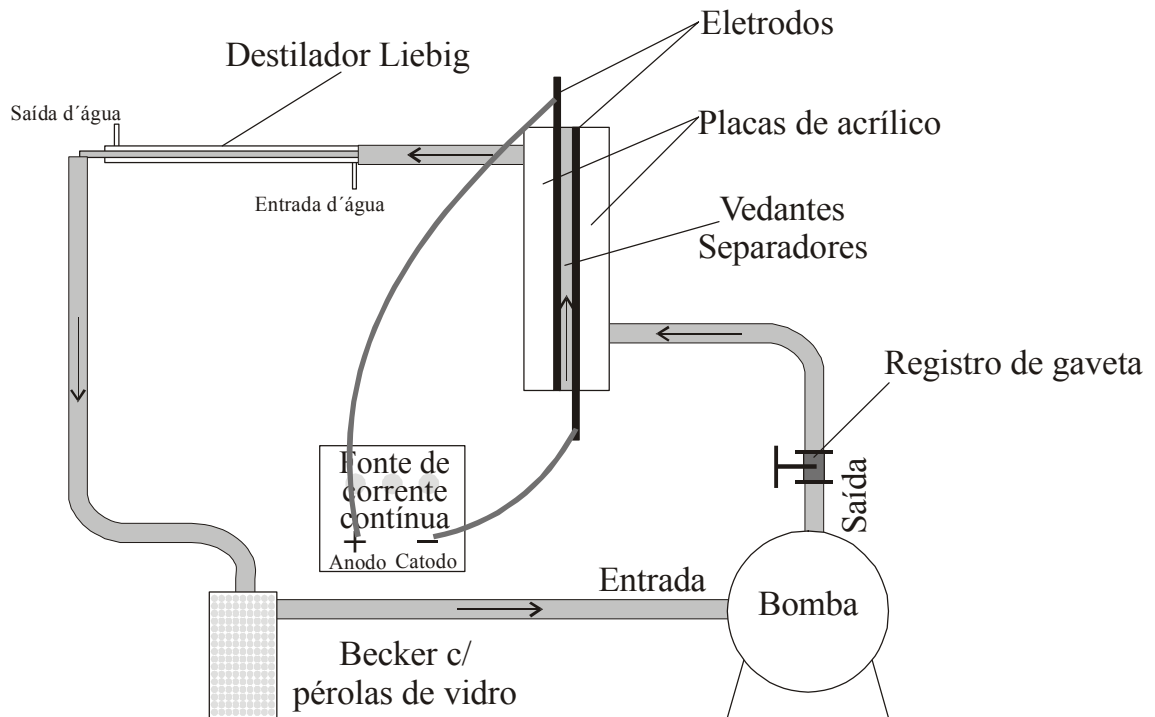


Figura 1. Esquema geral do reator eletroquímico. O fluxo do efluente está indicado pelas setas e o processo recirculante é aberto apenas no Becker, para escape dos gases produzidos eletroliticamente.

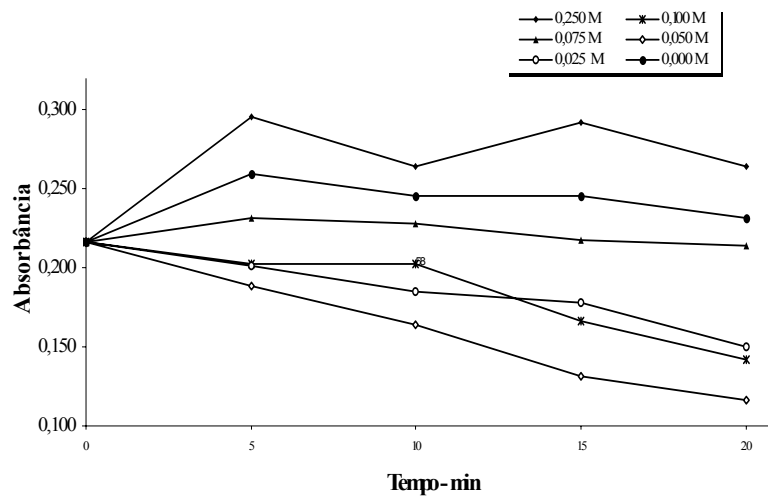


Figura 2. Variação da absorbância medida em 400 nm vs tempo para diferentes concentrações do eletrólito suporte.

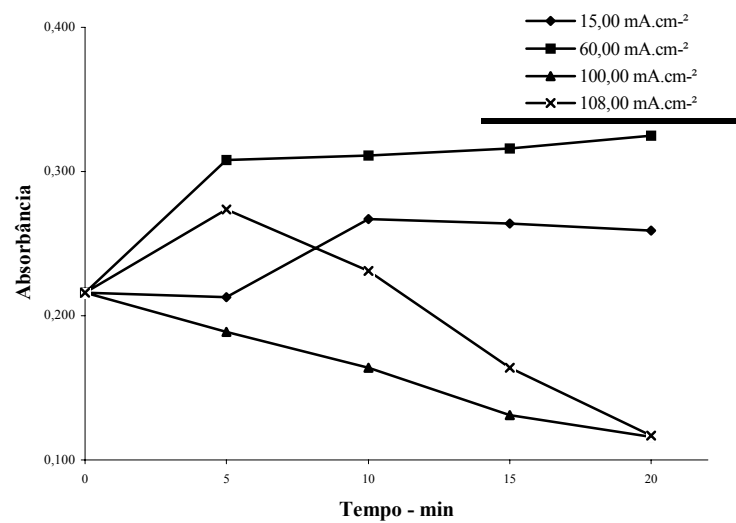


Figura 3. Variação da absorbância medida em 400 nm vs tempo para diferentes densidades de corrente.

3.3. Otimização da vazão

O estudo de otimização da vazão foi efetuado a 24,0; 26,0; 28,0 e 30,0 mL s⁻¹, trabalhando nas condições otimizadas anteriormente (Figura 4). Observou-se que a vazão de 28,0 mL.s⁻¹ oferece a máxima redução da absorvância com a melhor eficiência em 20 min de tratamento. A vazão de 30,0 mL.s⁻¹ mostra uma redução da eficiência do processo demonstrando claramente que o excessivo transporte de massa pode implicar em reações incompletas, reduzindo a eletroxidação dos substratos. Resultados similares puderam ser observados por Donaldson et al. (2002).

3.4. Determinação de Cor

Após a otimização, um experimento foi realizado para a avaliação da redução da cor usando o eletrólito na concentração de 0,050 M, densidade de corrente de 100,00 mA.cm⁻² e uma vazão de 28,0 mL.s⁻¹. O tempo de tratamento foi estendido até 40 min quando puderam ser observadas reduções de aproximadamente 78% da coloração do efluente (Figura 5). Após 40 min de tratamento não foram verificadas mudanças significativas na descoloração, conforme mostra a tendência da curva. Estudos realizados com o efluente sem acréscimo de eletrólito suporte foram incluídos na Figura 5, para

efeito de comparação. Neste caso, o rendimento do tratamento ficou 30% menos eficiente que nos processos em que foi empregado o agente intermediário. Também foi observado um aumento significativo da coloração nos primeiros minutos de tratamento

3.5. Outros parâmetros importantes

Com o tratamento eletroquímico otimizado puderam ser observadas reduções consideráveis de parâmetros importantes, os quais são apresentados na Tabela 1. Para a comparação, foram incluídas análises do efluente in natura e do efluente tratado a partir da otimização.

A turbidez, a cor e a absorvância são parâmetros que permitem fazer avaliações do aspecto da água do efluente. A turbidez refere-se à presença de sólidos em suspensão os quais podem acomodar microrganismos e, em alguns casos, até microrganismos patogênicos (Peralta et al., 1998).

A cor pode ser altamente interferente na biota aquática nas proximidades do descarte do efluente, interferindo sobremaneira na fotossíntese de algas no leito dos rios (Bertazzoli e Pelegrini 2002). O tratamento eletroquímico mostrou-se altamente eficiente na redução desses parâmetros.

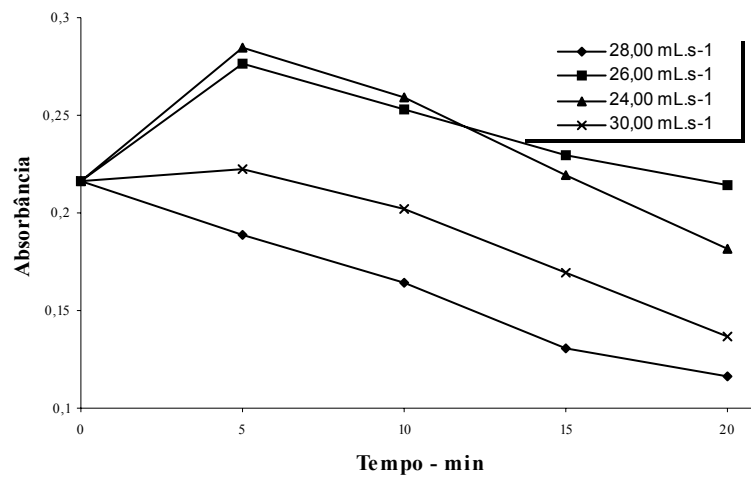


Figura 4. Variação da absorbância (400 nm) ao longo do tempo, de acordo com a variação da vazão do efluente.

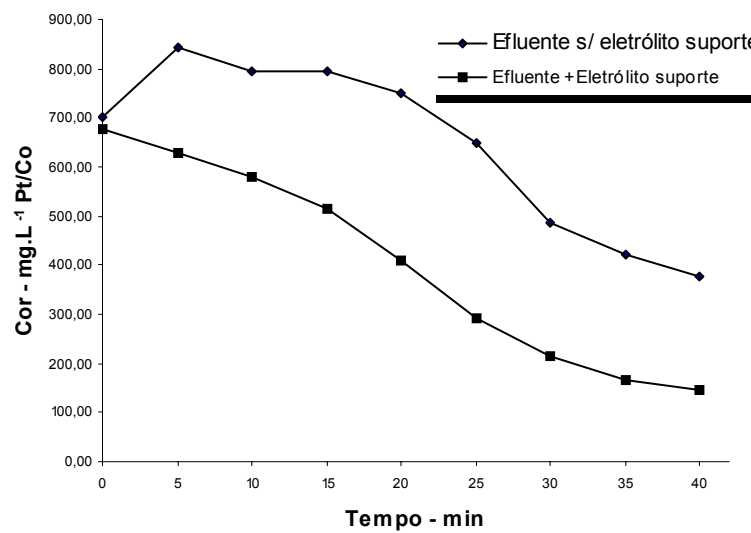


Figura 5. Processo de descoloração do efluente, usando-se eletrólito suporte 0,050 M e sem uso do eletrólito suporte (medidos em 400 nm).

Tabela 1. Características físico-químicas do efluente *in natura* (tratado por lodo ativado) e pós-tratamento eletroquímico.

Característica	<i>In natura</i>	Efluente pós-tratamento eletroquímico
Turbidez	5 UNT	2UNT
Cor	700 mg Pt/Co L ⁻¹	156 mg Pt/Co L ⁻¹
Absorbância a 400 nm	0,216	0,045
Condutividade elétrica	8,47 mS	15,95 mS
Ferro (550 nm)	0,45 mg.L ⁻¹	0,06 mg.L ⁻¹
Manganês (550 nm)	4,32 mg.L ⁻¹	4,32 mg.L ⁻¹
Cloreto	260,00 mg.L ⁻¹	200,00 mg.L ⁻¹
PH	8,84	8,95
DQO	169,00 mg de O ₂ .L ⁻¹	53,00 mg de O ₂ .L ⁻¹
DBO	50,00 mg de O ₂ .L ⁻¹	28,00 mg de O ₂ .L ⁻¹
TOC	174,08 mg.L ⁻¹	119,36 mg.L ⁻¹

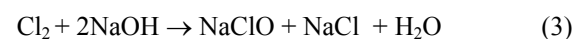
O aumento observado da condutividade elétrica é devido à presença do eletrólito suporte acrescido intencionalmente para a melhoria da condutância.

As reduções da concentração de ferro em até 85% puderam ser observadas após o tratamento eletroquímico. Este resultado é importante porque elevadas concentrações de ferro contribuem para aumentar a coloração das águas. O manganês é outra espécie que também contribui para aumentar a coloração das águas, mas, neste caso, não foi observada nenhuma redução desse mineral por meio do processo eletrolítico.

Elevadas concentrações de cloretos foram detectadas no efluente in natura. Este fato origina-se da adição de NaCl nos processos finais de tingimento realizado pela indústria. Entretanto, águas com elevadas concentrações de cloretos são indesejadas até mesmo nos processos desenvolvidos pela mesma indústria em suas fases iniciais de processamento.

Com o tratamento eletroquímico foi possível observar uma significativa redução, por volta de 30%, na concentração de íons cloretos. Esta diminuição pode ser devida à oxidação do íon cloreto (Eq. 1), gerando cloro livre, uma reação muito observada em processos eletroquímicos (Sanromán et al., 2004).

Com a evolução do hidrogênio no catodo e a correspondente formação do íon OH⁻ (Eq. 2), o íon hidroxila migra da área do catodo e reage com o Na⁺ e Cl₂ próximo do anodo produzindo o hipoclorito de sódio (Eq. 3).

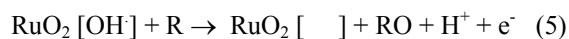
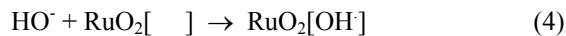


Essa técnica é conhecida como processo indireto de tratamento das águas. Uma das grandes vantagens de se obter o hipoclorito é sua geração *in situ*, não precisando ser adicionado mais reagentes químicos ao sistema para a desinfecção.

Um acompanhamento da variação dos valores de pH foi realizado durante todo o processo de tratamento (Figura 6).

O monitoramento deste parâmetro é de suma importância em razão dos processos eletroquímicos serem favorecidos em valores de pH mais elevado (Dogan e Turkdemir, 2005). Os valores de pH têm fundamental importância nas reações orgânicas e muitas só se realizam em valores específicos de pH (Vaghela et al., 2005). Os íons hidroxilas favorecem as reações anódicas de formação do radical hidroxila (Eq. 4) que é o principal agente oxidante dos substratos orgânicos (Bonfatti et al., 1999).

Conseqüentemente a degradação da matéria orgânica (Eq. 5) é também favorecida através deste radical (Pelegrini et al., 2001; Pelegrini et al., 2000).



A espécie radical hidroxila adsorvida no eletrodo ($\text{RuO}_2[\text{OH}^\cdot]$) é responsável pela oxidação orgânica (R) para (RO) (Pelegrini et al., 2001).

Outros parâmetros importantes para a avaliação da eficiência do tratamento eletroquímico correspondem às demandas bioquímica e química de oxigênio (DBO e DQO) e ao teor de carbono orgânico total (TOC). Embora os ensaios de DBO e DQO tratem da quantidade de matéria orgânica existente no efluente, a taxa de decaimento de ambos foi de 44% e 67% respectivamente, diferentemente da redução da matéria orgânica avaliada pelo TOC, a qual atingiu 31%. Tal divergência se deve ao fato dos parâmetros DBO e DQO serem avaliações indiretas da matéria orgânica, todavia o seu emprego continua sendo importante para avaliar a biodegradabilidade do efluente, a qual melhorou após o tratamento eletroquímico.

Para a avaliação mais criteriosa da eficiência do tratamento, o ensaio de TOC é a melhor forma de se verificar a

mineralização do efluente, por estabelecer valores mais precisos da quantidade do substrato orgânico ainda presente nele (Pelegrini et al., 2000), embora os valores de DBO e DQO encontrados no efluente *in natura* se enquadrarem nos padrões exigidos pela legislação brasileira.

O grande problema dos efluentes têxteis sempre foi a intensa coloração, mesmo pós-tratamento biológico. Valores definidos pelo “Ecological and Toxicological Association of the Dyestuff Manufacturing Industry (ETAD)” para descarte de efluentes, fixa parâmetros de absorvância em diferentes comprimentos de onda, a fim de estabelecer padrões confiáveis. A Figura 7 compara as absorvâncias observadas no efluente *in natura* com aquelas do tratado eletroquimicamente com e sem eletrólito suporte. Os resultados mostraram que o tratamento eletroquímico com eletrólito suporte, utilizado como uma técnica terciária, pode deixar o efluente dentro dos padrões almejados pela ETAD em pouco tempo de tratamento.

3.6. Avaliação de custos do tratamento eletroquímico

Para mensurar os custos do tratamento eletroquímico do efluente têxtil foram realizados cálculos com bases nas

informações de potencial e corrente segundo a relação:

$$C = \frac{i.V.t.(R\$\text{kWh})}{1000} \quad (6)$$

Em que C é o custo de operação do tratamento químico (R\$); i é a corrente elétrica necessária (A); V é o potencial elétrico (V); t é o tempo de tratamento (em horas) e R\$\text{kWh} o valor do kWh industrial (R\$ 0,03 em SP \approx U\$ 0,01).

No caso deste estudo os valores do potencial e da corrente foram extraídos dos pontos médios medidos no decorrer do tratamento. De modo que o potencial médio foi de 6,4 V e a corrente média de 3,40 A.

Nestas condições o custo do tratamento de 1,0 m³ deste efluente pelo processo eletroquímico empregado durante 40 minutos ficaria em torno R\$ 0,43 ou de aproximadamente U\$ 0,14.

Como um tempo de tratamento de 40 minutos já é suficiente para garantir a qualidade da água, o processo eletroquímico pode ser usado como uma técnica terciária de tratamento de efluente têxtil, visando o reuso da água. O custo do tratamento pode ser reduzido com o emprego de reatores maiores, podendo-se evitar a perda de carga e melhorar a eficiência hidráulica.

4. CONCLUSÃO

Os processos eletroquímicos empregados neste trabalho apresentaram elevado rendimento na redução da coloração do efluente têxtil pós-tratamento biológicas e significativas reduções nos valores de parâmetros de grande importância ambiental. Em função dos bons resultados alcançados, da simplicidade dos processos eletroquímicos e do baixo custo de tratamento o uso desta técnica em grande escala apresenta boas potencialidades para a depuração dos efluentes têxteis principalmente em função da eliminação da cor.

REFERÊNCIAS

- BONFATTI, F.; FERRO, S.; LAVEZZO, F.; MALACARNE, M.; LODI, G.; De BATTISTI, A. Electrochemical incineration of glucose as a model organic substrate I. Role of the electrode material. **Journal of the Electrochemical Society**, v. 146, n. 6, p. 2175- 2179, 1999.
- BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico. **Química Nova**, v.25, n.3, p. 477-482, 2002.
- CARNEIRO, P. A.; OSUGI, M. E.; FUGIVARA, C. S.; BORALLE, N.; FURLAN, M.; ZANONI, M.V.B. Evaluation of different electrochemical methods on the oxidation and degradation of Reactive Blue 4 in aqueous solution. **Chemosphere**, v. 59, n.3, p. 431-439, 2005.

- CERON-RIVERA, M.; DAVILA-JIMENEZ M. M.; ELIZALDE-GONZALEZ, M. P. Degradation of the textile dyes Basic yellow 28 and Reactive black 5 using diamond and metal alloys electrodes. **Chemosphere**, v. 55, n.1, p.1-10, 2004.
- DOGAN, D.; TURKDEMIR, H. Electrochemical oxidation of textile dye indigo. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 80, n. 8, p. 916-923, 2005.
- DONALDSON, J. D.; GRIMES, S. M.; YASRI, N. G.; WHEALS, B.; PARRICK, J.; ERRINGTON, W.E. Anodic oxidation of the dye materials methylene blue, acid blue 25, reactive blue 2 and reactive blue 15 and the characterisation of novel intermediate compounds in the anodic oxidation of methylene blue, **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v.77, n.7, p. 756-760, 2002.
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; De MORAES, S. G.; DURAN, N. New tendencies on textile effluent treatment. **Química Nova**, v. 25, n.1, p. 78-82, 2002.
- FREIRE, R.S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L.T.; DURAN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. New trends for treatment of industrial effluents containing organochloride species. **Química Nova**, v. 23, n.4, p. 504-511, 2000.
- GUARATINI, C. C. I; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v.23, n.1, p. 71-78, 2000.
- JAIN, R.; SHARMA, N.; BHARGAVA, M. Degradation of pharmaceutical and food colourant using electrochemical technique. **Journal of the Indian Chemical Society**, v. 81, n. 9, p. 765-769, 2004.
- PERALTA-ZAMORA, P.; DE MORAES, S.G.; PELEGRINI, R.; FREIRE, JR. M.; REYES, J.; MANSILLA, H.; DURAN, N. Evaluation of ZnO, TiO₂ and supported ZnO on the photoassisted remediation of black liquor, cellulose and textile mill effluents. **Chemosphere**, v. 36, n.9, p. 2119-2133, 1998.
- PELEGRINI, R.; PERALTA-ZAMORA, P.; ANDRADE, A. R.; REYES, J.; DURAN, N. Electrochemically assisted photocatalytic degradation of reactive dyes. **Applied Catalysis B-Environmental**, v.22, n.2, p. 83-90, 1999.
- PELEGRINI, R.; REYES, J.; DURAN, N.; ZAMORA, P. P.; DE ANDRADE, A. R.; Photoelectrochemical degradation of lignin. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 30, p. 953-958, 2000.
- PELEGRINI, R.; FREIRE, R.S.; DURAN, N.; BERTAZZOLI, R. Photoassisted electrochemical degradation of organic pollutants on a DSA type oxide electrode: Process test for a phenol synthetic solution and its application for the E1 bleach kraft mill effluent **Environmental Science e Technology**, v. 35, n.13, p. 2849-2853, 2001.
- MOHAN, S. V.; BHASKAR, Y. V.; Karthikenyam, J.; Biological decolourisation of simulated azo dye in aqueous phase by algae *Spirogyra* species. **International Journal of Environment and Pollution**, v. 21, n.3, p. 211-222, 2004.
- SANROMÁN, M. A.; PAZOS, M.; RICART, M. T.; Cameselle, C. Decolourisation of textile indigo dye by DC electric current. **Engineering Geology**, v. 77, n.3-4, p. 253-261, 2005.

SARACCO, G.; SOLARION, L.;
AIGOTTI, R.; SPECCHIA, V.;
MAJA, M.; Electrochemical
oxidation of organic pollutants at
low electrolyte concentrations.
Electrochimica Acta, v. 46, n.2-3,
p. 373-380, 2000.

VAGHELA, S. S.; JETHVA, A. D.;
MEHTA, B. B.; DAVE, S. P.;
ADIMURTHY, S.;
RAMACHANDRAIAH, G.;
Laboratory studies of
electrochemical treatment of
industrial azo dye effluent.
**Environmental Science e
Technology**, v.39, n.8, p. 2848-
2855, 2005.

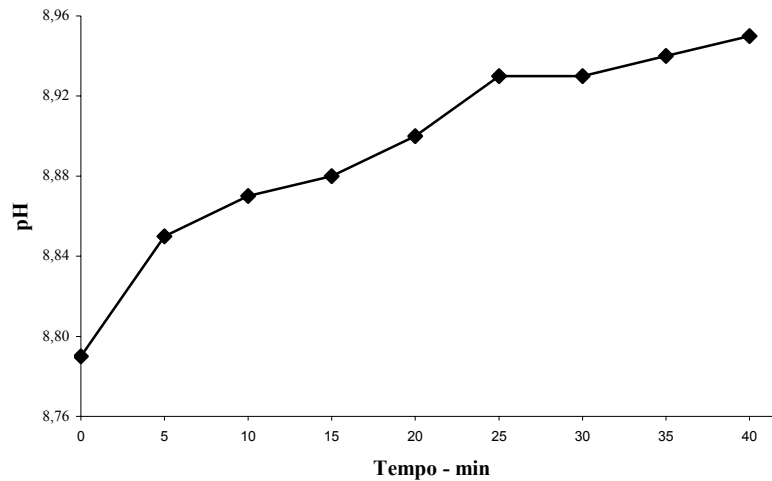


Figura 6. Variação do pH vs tempo, durante o processo eletroquímico.

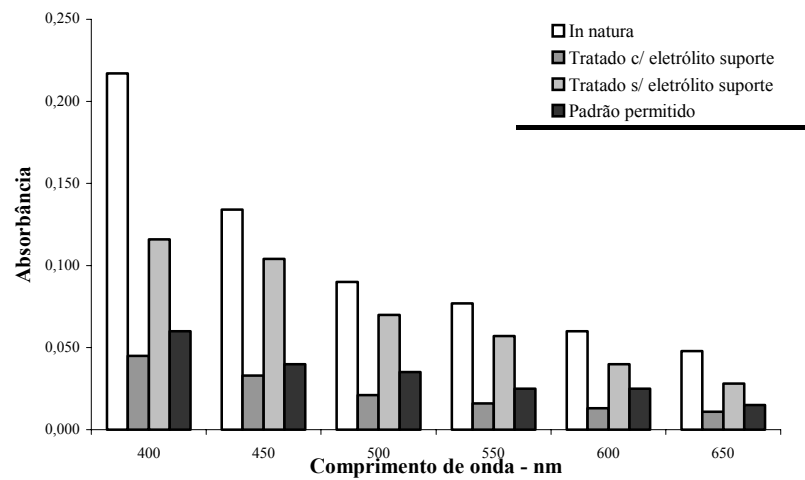


Figura 7. Comparativo das absorvâncias do efluente tratado e o padrão permitido para descarte.