

II-016 – TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL UTILIZANDO A TÉCNICA DE ADSORÇÃO EM CASCA DE CAFÉ

Danilo Fernandes dos Santos

Tecnólogo em Processos Químicos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Apucarana.

Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro

Engenheira Têxtil pela Universidade Estadual de Maringá – Câmpus Regional de Goioerê. Mestre e Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Apucarana.

Ana Cláudia Ueda⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Apucarana.

Endereço⁽¹⁾: Rua Marcílio Dias, 635 – Jardim Paraíso – Apucarana – PR – CEP 86812-460 – Brasil – Tel: +55 43 3425-6460 – e-mail: anaueda@utfpr.edu.br

RESUMO

A indústria têxtil é um grande consumidor de águas, principalmente na etapa de beneficiamento do tecido. Nessa fase é realizado, entre outros processos, o tingimento, no qual a água é indispensável para solubilização e transporte dos corantes para as fibras. As águas residuárias deste processo apresentam forte coloração e elevada DQO, entre outros problemas, não podendo ser descartadas em redes fluviais, pois desse modo contaminariam enorme volume de água gerando um grande impacto ambiental. Muitos trabalhos estão voltados para esta área com a finalidade de apresentar um novo método para o tratamento deste tipo de efluente. A técnica de adsorção tem apresentado bons resultados no desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de efluentes industriais. Além disso, podem ser utilizadas como matrizes de adsorção resíduos sólidos, como a casca de café, que promovem a retenção dos poluentes presentes no efluente, bem como propiciam reutilização deste tipo de resíduo. O método de adsorção depende de algumas variáveis, como pH, temperatura, carga de adsorvente, para uma boa eficiência. Foi avaliada a porcentagem de remoção de cor, alcançando valores de até 60%.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, efluente têxtil, casca de café, resíduo sólido, planejamento fatorial.

INTRODUÇÃO

Atualmente grande parte das indústrias utiliza um elevado volume de água de boa qualidade, porém, após os processos industriais, é gerado um grande volume de águas residuárias, que, por sua vez, é carregado de uma variedade enorme de substâncias. Por este motivo é necessário empregar técnicas de tratamento para que estas águas possam ser descartadas em corpos receptores sem que ocasionem poluição ou qualquer tipo de impacto ambiental (FURLAN, 2008).

Entre os vários segmentos de indústrias que necessitam de um posterior tratamento de água está a indústria têxtil, que gera efluentes com uma forte coloração devido à utilização de corantes nos processos de tingimento, além de grande quantidade de sólidos suspensos, elevada DQO, metais pesados, compostos orgânicos clorados e surfactantes (ARAUJO e YOKOYAMA, 2006). Alguns corantes possuem um baixo nível de fixação, ocasionando a liberação de uma quantidade significativa juntamente com a água utilizada no processo (MORAIS, 1996).

Vários processos têm sido utilizados para a remoção da cor desse tipo de efluente, como: precipitação, degradação química e fotoquímica, entre outros (FURLAN, 2008). Outro processo muito utilizado é a adsorção, que pode ser definida como a adesão de partículas de um fluido a uma superfície sólida. A temperatura, a pressão e a área superficial do adsorvente são variáveis que podem influenciar no processo de

adsorção, sendo que adsorventes podem se distinguir entre carvão ativado, adsorventes sintéticos poliméricos, resinas de troca iônica, inorgânicos, adsorventes naturais de baixo custo e outros (FERNANDES et al., 2010). Os setores agroindustrial e de alimentos produzem grandes quantidades de resíduos sólidos, como casca de café, casca e palha de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, serragem, entre outros. Esses resíduos podem representar problemas de disposição final e potencial poluente, uma vez que normalmente apresentam perda de biomassa e nutrientes de alto valor (PINTO et al., 2006). Estes materiais podem ser utilizados como matriz sólida para adsorção, uma vez que constituem um material de baixo custo, de grande disponibilidade e de fácil obtenção.

O Brasil é o maior produtor de café do mundo e, segundo Waleska (2008), a cada tonelada de café processado é gerado uma tonelada de resíduo (casca). Segundo Zanon (2010), o consumo dos paranaenses é de 3 a 4 milhões de sacas de café ao ano. O Norte Pioneiro representa 50% da produção estadual, seguido da região central, com 35% e noroeste, 10%. Em 2009, o Paraná ficou em quinto lugar no ranking de produção nacional. Isso faz com que seja viável o estudo com a utilização da casca de café já que Apucarana está localizada próxima ao norte pioneiro do Paraná e também possui beneficiadoras de café no município.

Assim, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência da casca de café como adsorvente natural para remoção de cor do efluente da indústria têxtil. Para a realização dos ensaios de adsorção foi aplicado um planejamento fatorial 2^n , para estudo de 3 parâmetros de influência: pH, velocidade de agitação e temperatura, e o resultado avaliado foi a porcentagem de remoção de cor.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

O efluente têxtil foi obtido do Laboratório de Lavanderia Industrial do Câmpus Apucarana da UTFPR e continha como principal componente, o corante Vermelho Tiafix ME6BL. A casca de café foi obtida de uma cooperativa de beneficiamento de café. Os demais reagentes utilizados foram de grau analítico.

MÉTODOS

Foram determinados os parâmetros: cor (Colorímetro digital AquaColor), pH (pHmetro digital TEKNA T-1000) e DQO (APHA, 2005) para o efluente bruto; e cor (para todos os ensaios) e DQO (para o melhor resultado de remoção de cor) do efluente tratado.

Em relação ao processo de adsorção, primeiramente realizou-se o pré-tratamento da casca de café que consistiu em sua lavagem com água destilada (cerca de 300 mL de água por grama de café) até que a mesma não apresentasse nenhum tipo de coloração devido a sujeiras que as cascas trazem em sua superfície. Este procedimento evita que os corantes contidos no efluente não sejam adsorvidos pelas sujeiras contidas no bioadsorvente ocasionando erros nos resultados e também para evitar que material orgânico passe da casca para o efluente. Realizaram-se tantas lavagens quanto necessárias. Após, foram deixadas de molho por 24 horas em solução de formaldeído 2% (v/v), com a finalidade de reduzir a lixiviação orgânica para o meio aquoso (LEANDRO et al., 2008). Na sequência foram submetidas à temperatura de 105°C por 5 horas em estufa de convecção para a retirada de umidade.

Os experimentos foram realizados em um agitador tipo *shaker* com controle de temperatura e agitação, em erlenmeyer de 500 mL contendo 300 mL de efluente em seu interior. Foi analisado o efeito do pH, da velocidade de agitação (rpm) e da temperatura no processo de adsorção, por meio da técnica de planejamento fatorial. Os experimentos foram realizados variando o pH de 3,0 até 9,0 com a adição de HCl 1 M, a agitação foi variada de 190 a 230 rpm e a temperatura de adsorção analisada foi de 25, 35 e 45°C, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros estabelecidos para os experimentos.

Parâmetro	Níveis		
	-1	0	+1
pH	3	6	9
Velocidade de agitação (rpm)	190	210	230
Temperatura (°C)	25	35	45

Foram adicionadas quantidades fixas de 1,5% (m/v) de adsorvente em todos os experimentos.

Foi construída a curva padrão do corante, com concentrações de 0 a 50 mg L⁻¹ para posteriormente proceder o cálculo das concentrações inicial e final de corante no efluente. A absorbância foi medida em Espectrofotômetro UV-Vis (Hach DR 2800) no comprimento de onda de 525 nm.

Para determinação de dados para a cinética de adsorção, foram retiradas alíquotas de 1,5 mL em tempos pré-definidos e foram determinadas as concentrações de corante na solução.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO

O efluente utilizado nos ensaios apresentou características básicas, com pH igual a 10,78. A elevada alcalinidade deste tipo de efluente têxtil proveniente do processo de tingimento é característico dos banhos de tingimento com corantes reativos, onde são adicionados carbonato de sódio e cloreto de sódio, além dos auxiliares de tingimento. Outra característica analisada foi a DQO, que apresentou valor de 1.044,3 mg O₂ L⁻¹.

Ao final do processo de adsorção foi escolhido o ensaio com melhor resultado de remoção de cor, para o qual a DQO foi analisada novamente. O resultado obtido foi de 1.187,2 mg O₂ L⁻¹. Houve um aumento de 12,04%, um resultado desfavorável para o processo, pois provavelmente houve a lixiviação da matéria orgânica da casca para o efluente, apesar do procedimento de pré-tratamento da casca, para evitar este efeito.

CURVA PADRÃO DO CORANTE

Foi construída a curva padrão do corante vermelho Tiafix ME6BL de acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 e na Figura 1.

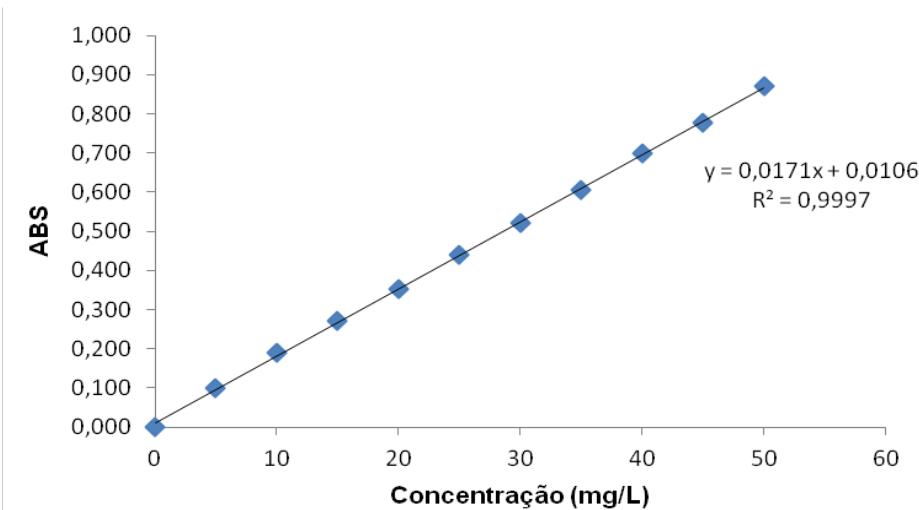


Figura 1: Curva padrão para o corante Vermelho Tiafix ME6BL.

Tabela 2: Resultados obtidos na obtenção da curva padrão do corante Vermelho Tiafix ME6BL.

ABS	Concentração (mg L ⁻¹)
0,000	0
0,099	5
0,190	10
0,272	15
0,354	20
0,439	25
0,521	30
0,606	35
0,698	40
0,776	45
0,870	50

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente foi determinado o tempo máximo dos ensaios de adsorção, submetendo uma amostra de efluente com adsorvente à agitação de 190 rpm e temperatura de 25°C. Foram retiradas alíquotas em tempos pré-determinados. Desta forma, foi determinado o tempo de 4 horas para o ensaio de adsorção, após o qual não foi mais observada diferença significativa ($p < 0,05$) na absorbância da amostra de efluente.

Os resultados obtidos nos ensaios do planejamento fatorial foram submetidos à análise estatística com a utilização do software Statistica 7.0, para avaliação das variáveis estudadas. Na Tabela 3 são apresentados os resultados da ANOVA.

Tabela 3: ANOVA dos resultados obtidos no planejamento fatorial.

	Coef. de regressão	Erro Padrão	t(4)	p-valor
Média	11,91	2,373	5,022	0,007374
pH (1)	-26,22	5,565	-4,712	0,009225
Temp.(2)	-1,37	5,565	-0,247	0,817022
Rpm (3)	2,62	5,565	0,471	0,661743
1 x 2	0,67	5,565	0,121	0,909314
1 x 3	-2,92	5,565	-0,525	0,626975
2 x 3	2,42	5,565	0,435	0,685517

Para a porcentagem de remoção de cor, o único fator significativo, a 95% de confiança, foi o pH. A temperatura e velocidade de agitação não forneceram resultados significativos no resultado do processo.

Na Figura 2 são apresentados os valores observados e os valores preditos dos experimentos de adsorção para o resultado .

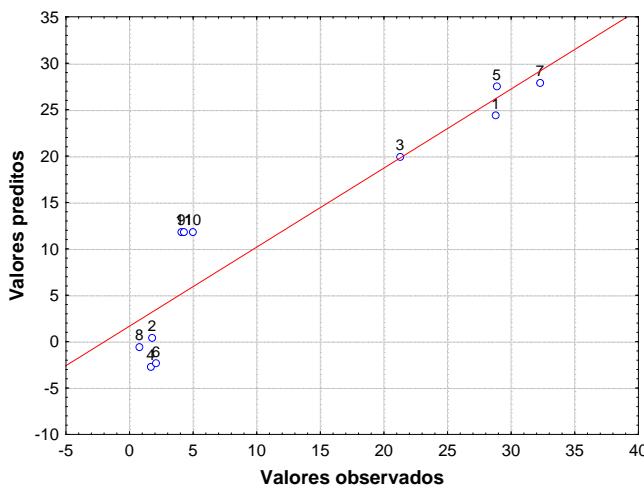


Figura 2: Valores preditos e valores observados para a porcentagem de remoção de cor.

Como pode ser visualizado na Figura 2, a maioria dos valores experimentais (observados) se aproxima dos valores preditos pelo modelo estatístico (reta).

Na Figura 3 são apresentados os resultados dos efeitos da variação da velocidade de agitação e do pH em relação à porcentagem de remoção de cor.

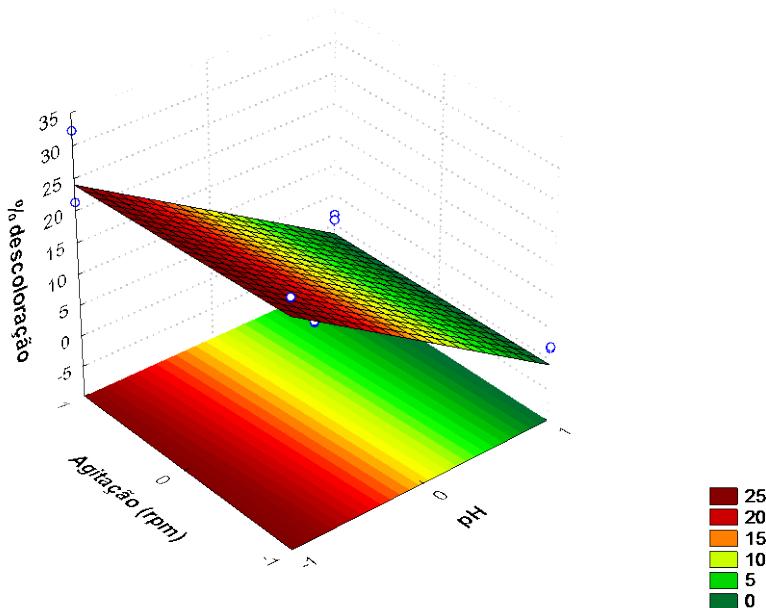


Figura 3: Superfície de resposta e curvas de contorno para a remoção do corante vermelho Tiafix ME 6 BL em função do pH do efluente e da agitação do meio.

Nota-se através da representação gráfica, que o pH é uma variável que possui alta influência no processo de adsorção deste corante especificamente. Porém a agitação não possui influência significativa no processo conforme observado na Figura 3, considerando 95% de limite de confiança.

Na Figura 4 é apresentada graficamente a influência do pH e da temperatura em relação à porcentagem de remoção de cor do efluente estudado.

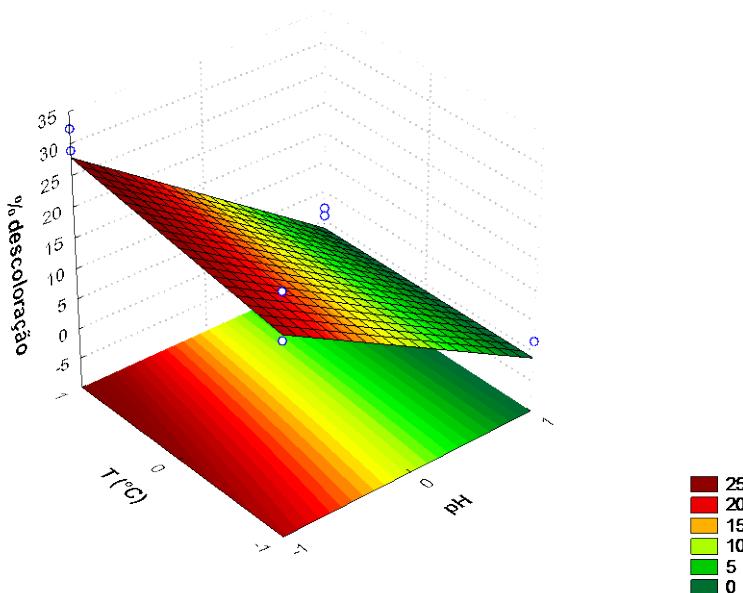


Figura 4: Superfície de resposta e curvas de contorno para a remoção do corante vermelho Tiafix ME 6 BL em função do pH do efluente e da temperatura do meio.

Novamente observa-se a influência do pH na adsorção do corante e confirma-se o comportamento da influência da temperatura, que não é significativo para o processo, considerando 95% de limite de confiança.

EFEITO DO pH

Como determinado pela análise estatística dos ensaios de adsorção, o pH apresentou-se como o fator mais importante na adsorção do corante vermelho Tiafix ME6BL na casca de café, o que é evidenciado na Figura 5.

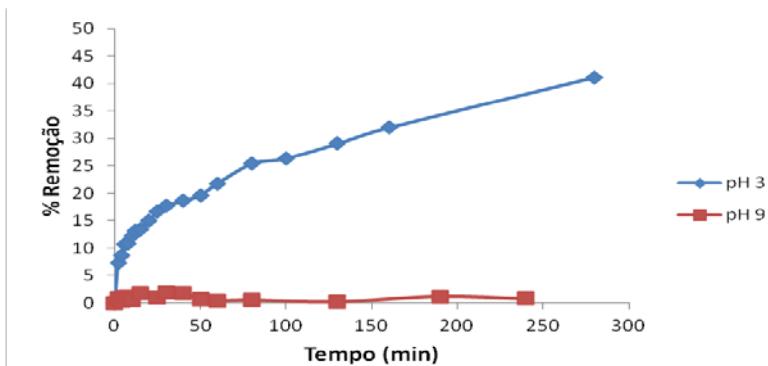


Figura 5: Isotermas de adsorção a 45°C e 230 rpm.

Shimmel (2008) observou efeito semelhante na adsorção dos corantes azul 5G e azul turquesa QG, e relata que quantidade máxima removida pelo carvão ativado comercial ocorreu em pH 2 para ambos os corantes. Resalta também, que o pH da solução afeta a carga na superfície dos adsorventes, assim como influencia na ionização de diversos solutos, ou seja, interfere nos íons presentes na solução. Royer (2008) observa também que a remoção do corante vermelho reativo 194 não-hidrolisado na casca de semente de araucária angustifolia diminuiu drasticamente com o aumento dos valores de pH de 2,5 a 6,0, e que para valores de pH maiores que 4,5 a adsorção do corante foi praticamente anulada.

A classe de corantes reativos, quando dissociados em meio aquoso formam íons carregados negativamente. Assim, não ocorre uma competição entre os íons do corante e os íons H+, ao contrário do que ocorre em meio básico quando os íons do corante competem com os íons OH- no processo adsorptivo (SHIMMEL, 2008).

Assim, acredita-se que a superfície do bioadsorvente utilizado neste trabalho possua cargas positivamente carregadas em sua superfície por apresentar melhores resultados de adsorção em pH ácido, em que não há a competição entre os íons OH⁻ e o adsorbato como citado anteriormente.

EFEITO DA TEMPERATURA

O efeito da temperatura no processo de adsorção é evidenciado na Figura 6.

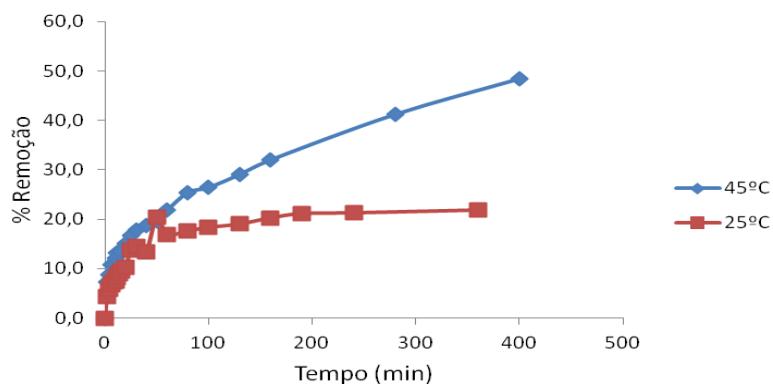


Figura 6: Isotermas de adsorção em pH 3 e 230 rpm.

Nota-se claramente que a temperatura tem influência no processo de adsorção do corante vermelho Tiafix ME6BL. Analisando o tempo de 160 minutos após o início de contato do efluente com o bioadsorvente é observado um aumento de remoção de corante do efluente de 57,6% com a temperatura de 45°C em relação a temperatura de 25°C, e em tempos superiores a diferença tende a aumentar, conforme observado na Figura 6.

EFEITO DA AGITAÇÃO

O efeito da agitação no processo de adsorção é observado na Figura 7.

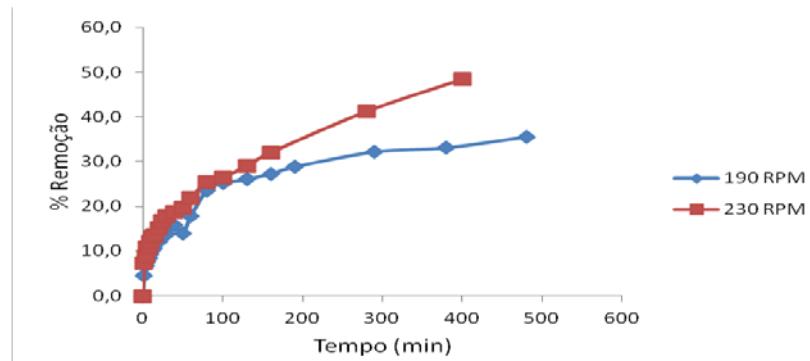


Figura 7: Isotermas de adsorção a 50°C e pH 3.

Dos três parâmetros analisados nos experimentos (pH, agitação, temperatura) a agitação foi a de menor impacto no processo, porém, não desprezível. Foi observado um aumento de aproximadamente 28,5% de remoção com 230 rpm em relação ao ensaio com 190 rpm. Este aumento é referente a 290 minutos após o inicio da adsorção.

O aumento muito acentuado da agitação pode levar à ocorrência da dessorção dos corantes já adsorvidos no bioadsorvente, diminuindo assim a eficiência do processo.

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostraram a capacidade de adsorção do corante vermelho Tiafix ME6BL contido em efluente têxtil real na casca de café. A capacidade máxima de adsorção deste corante na casca é de 2,8 mg de corante por grama de bioadsorvente. A partir dos ensaios experimentais também é possível concluir que as condições ótimas do processo de tratamento de efluente têxtil com adsorção em casca de café são: pH = 3, temperatura de 45°C e 230 rpm. A descoloração máxima alcançada com as condições ótimas foi de 60,4%. As demais conclusões também são baseadas nos resultados do experimento realizado nas condições ótimas do processo.

Pode-se concluir finalmente que o processo de adsorção pode ser utilizado no tratamento de efluentes têxteis como alternativa a outros tipos de processos físicos, pois apresenta boa remoção de cor, utiliza um bioadsorvente e ainda pode promover a recuperação tanto do corante quanto da biomassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19 ed., Washington D.C.: APHA/AWWA/WPCF. 1995. 798p.
2. ARAUJO, F. V. F.; YOKOYAMA, L. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H₂O₂/UV. Química Nova, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2006.
3. FERNANDES, A. C. P.; CUNHA, D. V.; CRAVEIRO, I. P. C. Adsorção de efluentes têxteis: tratamento de efluentes da industria têxtil por adsorção em materiais de baixo custo. Relatório de projeto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
4. FURLAN F. R. Avaliação da eficiência do processo de coagulação-flocação e adsorção no tratamento de efluentes têxteis. Dissertação de Mestrado – Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
5. MORAIS, L. C. P. Tratamento de efluentes têxteis simulados usando técnicas de adsorção. Dissertação de Mestrado – Engenharia do Ambiente – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, 1996.
6. OLIVEIRA, L.S., FRANCA, A.S., ALVES, T.M., ROCHA, S.D.F. Evaluation of untreated coffee husks as potential biosorbents for treatment of dye contaminated waters. Journal of Hazardous Materials, n. 155, p. 507–512, 2008.
7. OLIVEIRA, W.E., FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; ROCHA, S.D. Untreated coffee husks as biosorbents for the removal of heavy metals from aqueous solutions. Journal of Hazardous Materials, n. 152, p. 1073-1081, 2008.
8. PINTO, G.A.S., BRITO, E.S., SILVA, F.L.H., SANTOS, S.F.M., MACEDO, G.R. Fermentação em estado sólido – Uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais. Revista de Química Industrial, v. 74, n. 724, p. 17-20, 2006.
9. ROYER, B. Remoção de corantes têxteis utilizando casca de Araucaria angustifolia como bioadsorvente. Dissertação de Mestrado – Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
10. SCHIMMEL, D. Adsorção dos corantes reativos azul 5g e azul turquesa qg em carvão ativado comercial. Dissertação de Mestrado – Engenharia Química – Universidade do Oeste do Paraná, 2008.
11. ZANON, E. NOVO CAFÉ DO PARANÁ – Modo de produção precisa ser revisto. Folha de Londrina, 29 maio 2010. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=32756>>. Acesso em: 23 set. 2012.