



II-003 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR RESÍDUO ARGILOSO PROVENIENTE DA INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO

Tereza Cristina da Silva

Bacharel em Química pela Universidade Católica de Pernambuco, Mestra em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE em 2008. Atualmente trabalha no laboratório de Meio Ambiente da ALCOA, unidade Itapissuma-PE. Tem experiência na área de ensino de segundo grau e em tratamento de efluentes, gerenciamento de resíduos e tratamento de água.

Tiago José Marques Fraga

Aluno do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE. Formou-se em Engenharia Química em dezembro de 2008. Foi bolsista do PIBIC/CNPq, com projeto desenvolvido na UFPE na área de engenharia ambiental. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Tratamentos e Aproveitamento de Rejeitos, atuando principalmente nos seguintes temas: corante, adsorção, têxtil, cinética e extensão.

Valdinete Lins da Silva

Possui graduação em Química pela Universidade Católica de Pernambuco (1972), mestrado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (1979) e doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (1991). Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal de Pernambuco. É avaliador das revistas: Journal of the Brazilian Chemical Society, Química Nova, Water Research Revista Química & Tecnologia (UNICAP), Analytical Chimica Acta e Revista de Química & Tecnologia. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Técnicas Avançadas de Tratamento de Águas, Efluentes e solos. Desenvolve Processos de tratamento de efluentes, águas e solos contaminados com metais e hidrocarbonetos de Petróleo, utilizando Processos Oxidativos Avançados e Adsorção. Atua principalmente nos seguintes temas: adsorção, qualidade, fia, bioindicadores de poluição e processos oxidativos avançados.

Maurício da Motta⁽¹⁾

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (1992), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (1995) e doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (2001). Atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Revisor das revistas Water Research, Journal of Chemometrics e Bioprocess and Biosystems Engineering, Brazilian Journal of Chemical Engineering e Ambiente e Água entre outras.. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Tratamento de Água e de Efluentes, atuando principalmente nos seguintes temas: tratamento de efluentes, análise de imagem, adsorção, lodo ativado e resíduos sólidos.

Endereço⁽¹⁾: UFPE – Departamento de Engenharia Química – Rua Professor Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP: 50.740-521 – Brasil – Tel.: (81) 2126-7268 – Fax (81) 21267278 – e-mail: mottas@ufpe.br.

RESUMO

As indústrias têxteis constituem fator de grande importância na economia brasileira e são agrupadas em três categorias principais de fibras: tecidos de algodão, de lã e sintéticos. O impacto ambiental provocado pelo setor, a geração de efluentes líquidos, se constitui num parâmetro representativo como fator potencialmente poluidor. Além disso, é uma das tipologias industriais que mais consomem água em seu processo produtivo. Um dos maiores problemas ambientais gerados durante o processo de tingimento nas lavanderias industriais é a grande quantidade de despejos altamente poluidores, contendo elevada carga de substâncias tóxicas, dentre estas os corantes. Os objetivos propostos visam contribuir com informações para a minimização de problemas ambientais, promovendo a avaliação dos sistemas de remoção de cor de efluentes têxteis e elaborando uma proposta para um sistema técnico e economicamente viável, visando sua aplicação em pequenas e médias empresas. Neste trabalho estudou-se a utilização de um resíduo argiloso como adsorvente, o qual apresenta grande disponibilidade na indústria de laminação do Alumínio, especificamente a indústria ALCOA ALUMÍNIO S.A, num processo de remoção de cor em efluente típico das lavanderias de tingimento. Para que se pudesse avaliar a eficiência da terra de filtragem usada como adsorvente de corantes, foram utilizados três corantes, Remazol Black B, Remazol Red RB133 e Solophenyl Red 3BL, por serem corantes bastante representativos nos processos de tingimento nas indústrias têxteis e por pertencerem a classes diferentes. Os



estudos cinéticos e de equilíbrio em banho finito permitiram determinar a capacidade máxima de adsorção para cada corante em três valores de pH. Os resultados demonstraram que a quantidade de resíduo utilizada influencia diretamente na adsorção do corante. Considerando os resultados satisfatórios de remoção de corante, a grande disponibilidade do resíduo gerado na indústria do alumínio e que a cinética de adsorção se dá em tempos bem menores que o de qualquer outro adsorvente comparado, pode-se concluir que a proposta deste trabalho apresenta-se como uma alternativa viável e bastante promissora, em substituição aos métodos físico-químicos utilizados, que têm custos elevados.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, Resíduo Sólido, Corante, Efluente Têxtil.

INTRODUÇÃO

No Nordeste, mais especificamente em Pernambuco e no Ceará, vem se observando nos últimos anos uma tendência de instalação de empresas do setor têxtil, atraídas por benefícios fiscais. A antiga Resolução CONAMA Nº20/86 e sua sucessora Nº 357/05, não fixam limites de cor para lançamento de efluentes. Em razão disso, durante muitos anos se subestimou o impacto ambiental causado pelo lançamento de efluentes com níveis de cor elevados, se destacando, neste caso, os efluentes têxteis, muitas vezes considerando a cor como um caráter meramente de natureza visual e estética.

Por outro lado, a indústria de beneficiamento de metais, gera enormes impactos ao meio ambiente. Dentre eles destaca-se a geração da torta de filtração do óleo de laminação (“cake”), gerado a partir da produção de alumínio laminado, quem tem o Brasil como um dos principais produtores mundiais. A prática do reuso de resíduos já é comum no mundo, embora em nosso país, principalmente na nossa região, seja algo um tanto difícil de ocorrer, face a dificuldade de encontrar co-processadores. De acordo com as análises da amostra bruta, solubilizada e lixiviada, conforme determina a ABNT (NBR 10004), o resíduo é classificado como Classe II, porém devido as suas características de inflamabilidade é tratado como Classe I.

Processos de adsorção envolvendo transferências de massa de uma fase fluida para a superfície de um sólido (adsorvente) têm sido utilizados para tratamento de efluentes têxteis (ZANOTTA et al., 2000). Esse processo tem demonstrado ser eficaz e econômico no tratamento desses efluentes, sendo necessário a pesquisa de materiais de baixo custo para que permita uso em escala industrial. O carvão ativado tem sido grande fonte de pesquisa nessa área, devido a sua grande propriedade de remoção de cores de efluentes (MOREIRA et al., 2000), mas o seu custo é elevado e, por isso, utilizamos um resíduo da indústria do alumínio neste estudo como um material alternativo de baixo custo.

AL-DEGS et al. (2000), estudaram a adsorção deste material durante o processo mostrando uma abordagem inovadora para investigar a adsorção destes corantes através da modificação da superfície química do carvão e caracterização de um modelo resultante procurando por funções apropriadas para cada tipo de corante. Existe ainda uma vasta pesquisa no desenvolvimento de novos adsorventes, aplicados à remoção de corantes têxteis. Pode-se referenciar os esforços de Lin (1993) que utilizou diatomita, alumina ativada, peneiras moleculares e serragem de madeira na adsorção do corante RED 60.

ZANOTTA et al. (2000) também realizaram um estudo com alumina ativada e carvão ativado na remoção de corantes de soluções monoclorotriazina amarelo e monoclorotriazina vermelho por adsorção. Os adsorventes utilizados mostraram-se adequados para remoção de corantes de soluções aquosas em coluna recheada, sendo que a alumina apresentou resultado superior em relação ao carvão ativado granular.

MCKAY et al. (1981) utilizaram partículas de turfa na adsorção, em batelada, do corante Astrazone Blue 69.

MCKAY et al. (1982) utilizou a quitina para adsorver os corantes Acid Blue 25 e Blue 158, Mordant Yellow 5 e Direct Red 84.

YOSHIDA et al. (1991) estudaram o equilíbrio de adsorção com os corantes Direct e Acid Blue em quitosana.

RAMAKRISHNA & VIRARACHAVAN (1997), utilizaram a bentonita, escórias de aço e pena de aves para adsorver os corantes Acid Blue 29 e Basic Blue 9 e Red1.



ASFOUR et al. (1985) realizaram um estudo comparativo da capacidade de adsorção do corante AstrazoneBlue 69 sobre carvão ativado e pedaços de madeira. Também, estudaram a adsorção deste mesmo corante sobre serragem de madeira.

NASSAR & MAGDY (1997), realizaram um estudo comparativo entre palhas de palmeira e carvão ativado na adsorção de corantes básicos Yellow 21, Red 22 e Blue 3.

FURLAN et al. (2000), utilizaram o bipolímero quitosana na adsorção do corante Amarelo Reativo 135 e concluíram que a capacidade máxima de adsorção depende da temperatura, o mecanismo de adsorção ocorre por adsorção física e em pH alcalino a adsorção física diminui.

SOUZA et al. (2000), estudaram a clarificação de efluentes da indústria têxtil utilizando vermiculita ativada como adsorvente e concluíram que as trocas iônicas mais eficazes foram realizadas com soluções aquosas de HCl 1M a 25°C, onde ocorreram as melhores remoções de carbono orgânico total, dando indício de adsorção física. A vermiculita ativada mostrou ser um bom adsorvente alternativo, pois, quando comparado com o carvão ativado, apresenta a mesma eficiência.

FINCATO et al. (2000), estudaram a remoção do corante Rodamina B de efluentes de tingimento de ágatas por adsorção na biomassa do macrófito aquático *Slavinia* sp. e concluíram que a biomassa seca do macrófito aquático remove eficientemente a cor rosa-avermelhada produzida pela Rodamina B.

MOREIRA et al. (2000), estudaram as isotermas de adsorção dos corantes reativos monoclorotriazina vermelha e monoclorotriazina amarela. Os resultados mostraram que as isotermas de adsorção foram favoráveis, sendo que a adsorção da monoclorotriazina vermelha ocorreu em maior extensão do que a do corante monoclorotriazina amarela, para o mesmo adsorvente. O processo é exotérmico e físico. O carvão mineral utilizado ativado por pirólise demonstrou ser um ótimo adsorvente mesmo comparado ao carvão ativado comercial.

BONAN et al. (2002), estudaram a remoção do corante reativo Remazol Vermelho RG, utilizando a serragem (pó de serra) e o carvão ativado obtido da casca de coco. Sivaraj et al. (2001) utilizaram a casca da laranja como adsorvente para remoção do corante Acid Violet 17. MORAIS et al. (1999), estudaram a remoção de corantes reativos por adsorção sobre a casca de eucalipto.

ESPANTALEÓN et al. (2003), obtiveram resultados que demonstraram alta capacidade de remoção de corantes em efluentes de curtumes, utilizando argilas do tipo bentonita e sepiolita ativadas com ácido. (AGUIAR et al., 2002).

Por outro lado, o gerenciamento de resíduos é parte integrante de todo e qualquer processo industrial e pode ser entendido como o “controle sistemático da geração, coleta, segregação na fonte, estocagem, transporte, processamento, tratamento, recuperação e disposição final” (MAIA, 1992).

Este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade técnica e econômica do beneficiamento de um resíduo perigoso para uso como adsorvente na remoção de corantes de efluente da indústria têxtil. A avaliação da viabilidade será feita através da determinação de parâmetros de adsorção em banho finito

MATERIAIS E MÉTODOS

Para que se pudesse avaliar a eficiência da terra de filtragem usada como adsorvente de corantes, foram utilizados três corantes, Remazol Black B, Remazol Red RB133 e Solophenyl Red 3BL, por serem corantes bastante representativos nos processos de tingimento nas indústrias têxteis e por pertencerem a classes diferentes. Todos os corantes são fabricados pela CIBA. Foram preparadas soluções padrões de 1 mg.L⁻¹ partindo-se de uma solução mãe ou estoque de 1 mg.L⁻¹. Determinou-se o comprimento de onda máximo (máx) para todos os corantes.



Determinação das concentrações de corantes

Para a determinação das concentrações dos corantes, antes e após cada ensaio adsorptivo, foi utilizado um espectrofotômetro UV-Visível. Inicialmente, foi determinado um espectro completo para cada corante, a fim de se identificar o comprimento de onda do pico de maior intensidade, para que se pudesse então realizar uma curva de calibração para cada corante. Esta curva foi construída com concentrações variando de 0,1 mg.L⁻¹ até 11,0 mg.L⁻¹, onde foi obtido um coeficiente de correlação (R²) igual a 0,9999.

Os parâmetros utilizados foram os seguintes:

Comprimento de onda: 597 nm – Remazol Black B
514 nm – Remazol Red
528 nm – Solophenyl Red

Integração: 1 s

Ajuste da curva: linear

Largura de faixa: 2,0 nm

Unidade: mg.L⁻¹

O adsorvente que foi utilizado neste estudo foi o “cake” beneficiado, cedido pela empresa Alcoa Alumínio S.A. Foram realizados dois estudos de ativação do adsorvente visando avaliar a condição mais adequada de processo e custo, no caso a ativação química e a ativação térmica (calcinação).

Estudo cinético

Os experimentos de adsorção foram realizados em banho finito em recipiente de vidro (pyrex) com capacidade de 50 mL, em agitador mecânico, trabalhando a uma velocidade de agitação constante de 350 rpm.

Os testes de cinética foram realizados fixando-se a massa de adsorvente e velocidade de agitação e fazendo-se variar o tempo, de modo a se achar as curvas cinéticas da capacidade de adsorção (q) e da concentração (C) para duas quantidades diferentes de adsorvente (0,500 g e 1,000 g).

50mL de amostras dos corantes a concentração de 10ppm, foram deixadas sob agitação e em contato com o resíduo calcinado nas quantidades acima citadas, em intervalos de tempo conhecido (0', 1', 3', 5', 10', 15', 20' e 30') sem ajuste de pH. Ao final, todas as amostras foram centrifugadas. Após a centrifugação, a quantidade de corante que permaneceu na solução foi determinada por espectrofotometria. A diferença da massa de corante inicial e a massa que remanesce na solução forneceram a quantidade adsorvida no resíduo calcinado 500°C.

Todos os experimentos foram realizados à pressão atmosférica e à temperatura ambiente, no laboratório climatizado.

Estudo de equilíbrio

A partir dos dados obtidos no estudo cinético, foi realizado o ajuste dos dados experimentais, conforme o modelo da isoterma Langmuir-Freundlich, para se obter os parâmetros adsorptivos.

RESULTADOS

A partir dos dados cinéticos, foram realizados ensaios de equilíbrio para os três corantes, a diferentes valores de pH, objetivando-se obter as capacidades máximas de adsorção. Foram utilizadas as terras tratadas termicamente, uma vez que o estudo da ativação mostrou ser este o melhor tratamento.



Experimentos de Equilíbrio para o Corante Remazol Black B

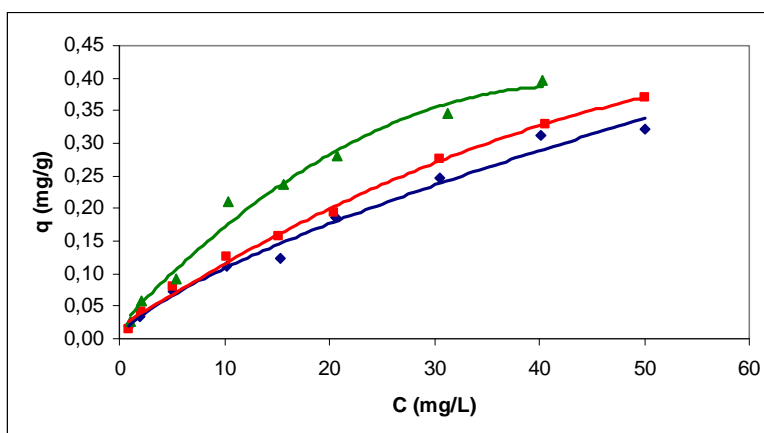


Figura 1 – Teste de equilíbrio para o Remazol Black B, com pH = 6,5(♦), pH = 4,0(■) e pH = 8,0(▲), agitação de 350 rpm e tempo fixado em 20 minutos.

Pode-se verificar que, para pH = 8,0, foram obtidos os melhores resultados de q (a curva correspondente a essa faixa de pH está acima das demais na Figura 1): $q = 0,3963 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0); $q = 0,3713 \text{ mg.g}^{-1}$ (para pH = 4,0); $q = 0,3213 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,5); todos verificados para uma concentração inicial em torno de 50 mg.L⁻¹. Aplicando a isoterma de Langmuir e linearizando o gráfico, pode-se obter as capacidades máximas de adsorção.

Através da linearização das curvas, foi possível calcular os valores de q_{max} : $q_{\text{max}} = 0,2647 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,5); $q_{\text{max}} = 0,9768 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 4,0); $q_{\text{max}} = 0,6262 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0).

Experimentos de Equilíbrio para o Corante Remazol Red

Foi verificado um comportamento diferente do corante Remazol Black B, pois a curva correspondente a pH = 6,0 (neutro) se localiza acima das correspondentes a pH igual a 4,0 e 8,0, que estão bastante próximas, como mostra a Figura 2.

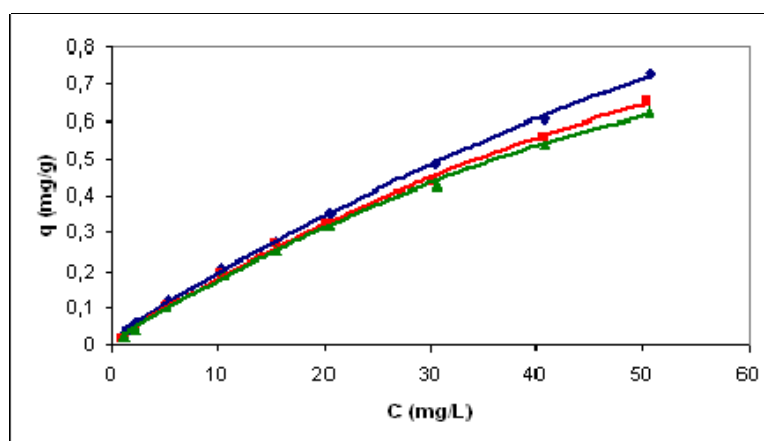


Figura 2 – Teste de equilíbrio para o Remazol Red, com pH = 6,0(●), pH = 4,0(■) e pH = 8,0(▲), agitação de 350 rpm e tempo fixado em 20 minutos.

Para pH igual a 6,0, foi obtido $q = 0,7298 \text{ mg.g}^{-1}$, enquanto que para pH = 4,0, o valor da quantidade adsorvida foi de $0,6536 \text{ mg.g}^{-1}$, e para o nível de pH igual a 8,0, obteve-se $q = 0,6217 \text{ mg.g}^{-1}$. Todos os resultados foram obtidos para uma concentração inicial em torno de 50 mg/L. Aplicando-se o modelo da isoterma de Langmuir e linearizando os resultados, pode-se calcular as capacidades máximas para cada pH.

De acordo com as equações das retas para cada faixa de pH, foi possível calcular os valores de q_{\max} : $q_{\max} = 0,9602 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,0); $q_{\max} = 6,8775 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 4,0); $q_{\max} = 2,3668 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0).

Experimentos de equilíbrio para o corante Solophenil Red

Os resultados mostraram que os valores de q não dependem do pH da solução, uma vez que as três curvas estão sobrepostas numa reta. Os maiores valores de q obtidos foram: $q = 2,4225 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,0); $q = 2,4138 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 4,0) e $q = 2,4044 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0). Foi então aplicado o modelo Langmuir-Freundlich, cuja linearização é apresentada na Figura 3.

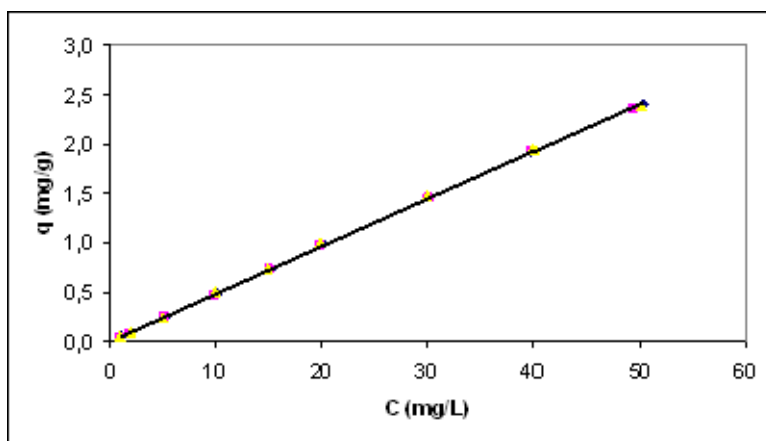


Figura 3 – Teste de equilíbrio para o Solophenil Red, com pH= 6,0(●), pH = 4,0(■) e pH = 8,0(▲); agitação de 350 rpm e tempo fixado em 20 minutos.

De acordo com as equações das retas para cada faixa de pH, foi possível calcular os valores de q_{\max} : $q_{\max} = 0,6132 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,5); $q_{\max} = 0,6128 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 4,0); $q_{\max} = 0,6114 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0).

Pelo fato dos valores de q_{\max} terem sido negativos, é possível que o modelo de Langmuir não se aplique ao processo de adsorção do corante Solophenil Red. Foi realizada então uma nova linearização (Figura 4) usando a Isotherma de Langmuir-Freundlich de modo a se obter novas retas e novos valores de q_{\max} .

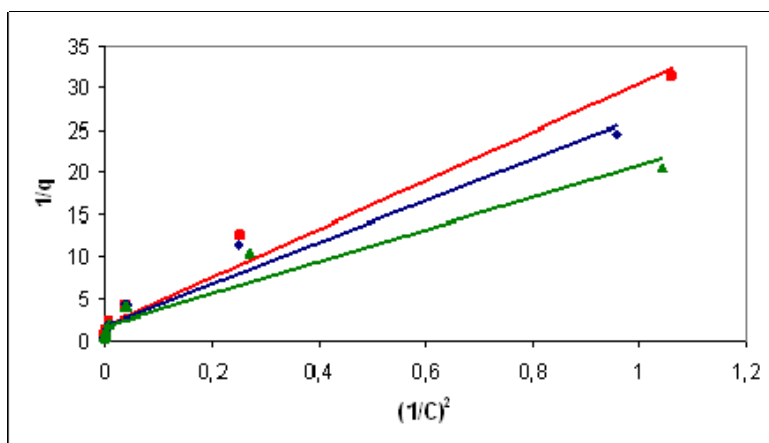


Figura 4 – Curvas de equilíbrio com parâmetros linearizados segundo o modelo de Langmuir-Freundlich para o corante Solophenil Red, com pH = 6,5 (♦), pH = 8,0 (▲) e pH = 4,0 (■).

De acordo com as equações das retas para cada faixa de pH, foi possível calcular os valores de q_{\max} : $q_{\max} = 0,6132 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 6,5); $q_{\max} = 0,6128 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 4,0); $q_{\max} = 0,6114 \text{ mg.g}^{-1}$ (pH = 8,0).

A Tabela 1 apresenta um resumo comparativo de diversos adsorventes utilizados na remoção de corantes têxteis. Ao se analisar os resultados obtidos em relação à capacidade de adsorção do resíduo, constata-se o



potencial desses apenas para a remoção do corante Remazol Red em pH 4,0, uma vez que para os outros corantes a sua capacidade foi muito baixa.

Tabela 1 - Parâmetros de adsorção de corantes em diversos adsorventes.

ADSORVENTE	q (mg.g ⁻¹)	t (min)	CORANTE	REFERÊNCIA
Carvão de casca de eucalipto	90	-	Remazol Black B	MORAIS, L. C. et al., 1999
Mesocarpo de coco verde	2,93	90	Remazol Black B	LEAL, C. C. A. , 2003
Carvão de casca de coco	11,04	<400	Remazol Vermelho RG	BONAN, A. A. et al., 2002
Serragem	2,19	400	Remazol Vermelho RG	BONAN, A. A. et al., 2002
Microesfera de quitosana	30,4 (pH 2) 5,69 (pH 9,5)	480	Remazol Brilliant Orange 3R	KIMURA I. Y. et al., 2000
Alumina	20,48	55	Monoclorotriazina amarelo	ZANOTTA, P. A. et al., 2000
Salvinia sp	133	360	Rodamina B	FINCATO, et al., 2000
Carvão	0,68	20	Monoclorotriazina Amarelo	ZANOTTA, P. A. et al., 2000
Carvão	0,38	25	Monoclorotriazina Vermelho	ZANOTTA, P. A. et al., 2000
Carvão comercial	1111	-	Remazol Black B	AL-DEGS et al., 2000
Carvão comercial	434	-	Remazol Golden Yellow	AL-DEGS et al., 2000
Carvão comercial	400		Remazol Red	AL-DEGS et al., 2000
Terra de Filtro Usada (cake)	0,98 (pH 4,0); 0,26 (pH 6,5); 0,63 (pH 8,0)	<5	Remazol Black B	Presente estudo
Terra de Filtro Usada (cake)	6,88 (pH 4,0) 0,96 (pH 6,0) 2,37 (pH 8,0)	<5	Remazol Red RB 133	Presente estudo
Terra de Filtro Usada (cake)	0,61 (pH 4,0) 0,61 (pH 6,5); 0,61 (pH 8,0)	<5	Solophenyl Red 3BL	Presente estudo

CONCLUSÕES

Nas condições desenvolvidas neste trabalho, o processo da adsorção dos corantes Ramazol Black B, Ramzol Red e Solophenyl Red, utilizando o resíduo argiloso proveniente da indústria de laminação de alumínio, após beneficiamento, se mostrou muito satisfatórios, principalmente para o Remazol Red, que apresentou o melhor $q_{máx}$ e pode constituir em uma alternativa de baixo custo para tratamento de efluentes de lavanderias industriais.

Os resultados dos ensaios em batelada, utilizando o resíduo argiloso beneficiado (queimado e calcinado), demonstraram uma alta percentagem de remoção do corante, atingindo uma redução de até 98,6% de eliminação do corante.

Os resultados demonstraram que a quantidade de resíduo utilizada influencia diretamente na adsorção do corante. A ativação química do resíduo mostrou-se eficiente, com alto percentual de remoção do corante, porém a modificação na cor final da solução não se mostrou como uma boa alternativa, sendo, portanto, a ativação térmica a melhor opção.



Embora não tenha sido realizado experimento em leito fixo, devido à baixa granulometria do resíduo, os experimentos em banho finito permitiram observar que a capacidade de adsorção demonstrada pela terra é muitas vezes maior que o mesocarpo de coco e o carvão e que os tempos de adsorção são muito menores que qualquer outro adsorvente utilizado.

A associação do coagulante mais eficiente (cloreto férrico) a qualquer amido como auxiliar aumentou a eficiência de remoção para velocidades de sedimentação maiores. Nos ensaios de laboratório ficou constatado que a utilização conjunta de amido e cloreto férrico pode permitir um aumento na taxa de escoamento superficial dos decantadores. Porém a utilização do amido na ETA-Morrinhos não pareceu prioritária devido aos bons resultados conseguidos apenas com o cloreto férrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-DEGS, Y.; KHRAISHEH, M. A. M.; ALLEN, S.J. AJMAD, M.N., Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent, *Wat. Res.*, v 34, n.3, 927-935, 2000
2. ASFOUR, H. M.; FADALI O. A.; NASSAR, M. M. & EL-GEUNDI, M. S., Equilibrium studies on adsorption of basic dyes on hardwood, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 35 A, p.21-27, 1985.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 1004 – Resíduos Sólido: classificação . São Paulo, 36p., 1987.
4. BONAN, A. A.; KOROISHI, E. T. & SILVA, C.F., remoção de corantes reativos de efluentes de indústrias têxteis utilizando diferentes adsorventes. *Anais do III Encontro Brasileiro sobre adsorção*, Recife, PE, p.217-221, 2002.
5. ESPANTALEON, A.G., NIETOS, J.A., FERNANDEZ, M., MARSALC, ^a, Use of activated clays in the removal of dyes and surfactants from tannery waste waters. *Applied Clay Science*, 24, 105-110, 2003
6. FINCATO, F.; WALBER, M. & SCHNEIDER, I. A. H., Remoção do corante Rodanina B de efluentes do tingimento de ágatas por adsorção na bioassa do marófito aquático salvinia sp. *Anais do II Encontro Brasileiro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 357-364, 2000.
7. FURLAN, L.; De FÁVERE, V. T.; LARANJEIRA, M. C. & DURÁN, N., Adsorção do corante C. I. Amarelo reativo 135 sobre o bipolímero quitosana. *Anais do II Encontro Brasileiro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 439-447, 2000.
8. MAIA, A.L.D.A. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais, Belo Horizonte, 1992.
9. MCKAY, G. ALLEN, S. J.; MCCONVEY, I. F. & OTTERBURN, M. S., Transport process in the sorption of colored ions particles, *J. colloid and interface Science*, 80, nº2, p. 323-339, 1981.
10. MCKAY, G.; BLAIR, H. S. & GARDNER, J. R., adsorption of dyes on chitin equilibrium studies, *J. App. Pol. Sci*, 27, p. 043-3057, 1982.
11. MOREIRA R. F. P. M.; JOSÉ, H. J. & SOARES J. L., Isotermas de adsorção de corantes reativos sobre carvão ativado. *Anais do II Encontro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 85-91, 2000.
12. MOREIRA R. F. P. M.; JOSÉ, H. J. & SOARES J. L., Isotermas de adsorção de corantes reativos sobre carvão ativado. *Anais do II Encontro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 85-91, 2000.
13. NASSAR, M. M. & MAGDY, Y. H., Removal of different basic dyes aqueous solution on palm-fruit bunch particles, *Chemical Engineering journal*, 66, p.223-226, 1997.
14. RAMAKRISHNA, K. R. & VIRARACHAVAN, T., Dye removal using low cost adsorbents. *Wat. Sci. Tech.*, 36, nº2-3, p. 189-196, 1997.
15. SOUZA, J. R.; MELO, M. ^a F., DANTAS J. M. & MELO D. M. ^a, Clarificação de efluentes da indústria têxtil utilizando vermiculita ativada como adsorvente: estudo cinético e termodinâmico. *Anais do II Encontro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 85-91, 2000.
16. YOSHIDA, H.; FUKUDA, S. & KATAOKA, T., Recovery of direct dyes and acid by adsorption on chitosan fiber: equilibria. *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1991.
17. ZANOTTA, P. ^a; PERUCH, M.G.B.; MOREIRA, R. F. P. M. & PORTO, L.M., Remoção de corantes de efluentes têxteis por adsorção. *Anais do II Encontro Brasileiro sobre Adsorção*. Floripa, SC, p. 475-484, 2000.