

II-051 - PLANEJAMENTO FATORIAL 2² APLICADO À ADSORÇÃO DO CORANTE AMARELO REATIVO EM ARGILA TERMICAMENTE ATIVADA

Geraldo Martins Rodrigues Filho⁽¹⁾

Possui graduação em Licenciatura Plena em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE (2004), especialização em Formação de Educadores pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE (2006), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (2007). Atualmente é aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Tratamento de Efluentes, Processos Oxidativos Avançados e Adsorção.

Anderson Deodato da Silva

Graduando em Química Industrial na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Bolsista do Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade - LEAQ-DEQ-UFPE.

Daniella Carla Napoleão

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2008) e mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). Atualmente é aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Tratamento de Efluentes e Processos Oxidativos Avançados.

Profa. Dra. Márcia Maria Lima Duarte

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1978), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1983) e doutorado em Engenharia Química pelo Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT (1989). Atualmente é professor associado 04, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, sendo a coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ. Atua como pesquisadora em Operações de Separação e Mistura, com ênfase em: extração líquido-líquido, tratamento de efluentes, processos oxidativos avançados, adsorção, remoção de corantes e bioassorção. Pertence ao quadro de avaliadores do INEP.

Profa. Dra. Valdinete Lins da Silva

Professora Titular do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Possui graduação em Química pela Universidade Católica de Pernambuco (1972), mestrado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (1979) e doutorado em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (1991). Tem experiência em Química Analítica, na área de Eletroanalítica e Espectrometria, com sistemas automatizados (FIA e SIA) e na área Ambiental e Saúde, com ênfase em Biossensores, Técnicas Avançadas de Tratamento de Águas de abastecimento e resíduárias, principalmente nos seguintes temas: monitoramento e qualidade de água de abastecimento e resíduária, superficial ou subterrânea e tratamento de águas, utilizando Processos de Adsorção e Oxidação Avançada, desenvolvimento, caracterização e automação em sistemas biológicos empregando biossensores.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Arthur de Sá, s/n - Cidade Universitária – Recife - CEP: 50.740-521- Tel: (81) 2126-7290 - Pernambuco, Brasil - e-mail: gmrlq2003@yahoo.com.br

RESUMO

A indústria têxtil possui um dos processos produtivos de maior consumo de água e também de geração de efluentes, os quais, quando não tratados corretamente, ocasionam graves problemas ambientais. O corante estudado foi o Amarelo Reativo BF-4G 200%, ao qual foi aplicado o tratamento de adsorção em banho fínto, utilizando-se argila esmectita termicamente ativada como adsorvente e o cloreto de sódio (NaCl) P.A. como agente fixador. Foram utilizados durante os estudos um efluente sintetizado em laboratório com concentração de 20 mg/L do corante e uma massa de argila fixada em 0,2 g. Desenvolveu-se um planejamento fatorial 2² visando à otimização do processo de adsorção, no qual foram adotadas como variáveis a quantidade de NaCl (g) e a rotação (rpm) utilizada durante o processo de banho fínto. A partir do planejamento fatorial 2² realizou-se um estudo estatístico, por meio da construção de um diagrama de pareto. Foram avaliados os percentuais de remoção de cor e também as capacidades máximas de adsorção da argila esmectita quimicamente ativada, cujos melhores resultados obtidos durante este estudo foram 95,85% e 4,80 mg/g, respectivamente. O percentual de remoção de cor obtido comprova que a argila esmectita termicamente ativada se mostra como uma alternativa de adsorvente eficiente e economicamente viável, podendo ser

adoptado no tratamento de efluentes têxteis, reduzindo-se assim, os impactos ambientais provocados pelo seu descarte inadequado.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, Corante, Efluente têxtil.

INTRODUÇÃO

O rio Capibaribe, importante rio do estado de Pernambuco, sofre com a poluição hídrica provocada por indústrias têxteis. O estado possui um dos maiores pólos têxteis do Brasil, com suas indústrias localizadas na região agreste do estado.

O setor têxtil produz uma diversidade de produtos incluindo artigos de mesa, banho, cortinas, tapetes, lonas industriais, jeans, entre outros. Sendo cada um destes produzidos de forma distinta, gerando uma gama considerável de fluxos produtivos (Silva, 2005).

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, que quando descartados inadequadamente provocam sérios danos ambientais (Fraga, 2010).

Quando este efluente é descartado pode causar impactos no corpo receptor oriundo da sua carga poluente, além de contaminações (Kunz, 1999), pois os efluentes têxteis possuem elevados valores para níveis de coloração, demanda química e bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Schonbereger, 1999).

Vários métodos de tratamento têm sido desenvolvidos para efeitos de descontaminação incluindo a coagulação, oxidação química, a separação por membranas, processos eletroquímicos, e as técnicas de adsorção (Chih-Huang and Yi-Fong, 2007). Comparando com outros tratamentos de águas residuais, a adsorção como técnica de purificação e separação tem se mostrado um dos métodos eficaz e relativamente barato para a remoção de corantes oferecendo algumas vantagens, como alta eficiência, simples operação e fácil recuperação ou reutilização do adsorvente (Mitchell et al 1978, Ozcan et al,2005).

Vários materiais vêm sendo testados como adsorventes, entre eles, bagaços, espiga de milho e madeira, com destaque para as argilas.

As argilas têm uma alta capacidade de adsorção devido a sua estrutura lamelar que oferece alta área de superfície específica e possibilidade de absorver íons e moléculas polares orgânicas em partículas do sítio externo e em posições intercalares (Gürses et al, 2004).

O adsorvente utilizado neste estudo foi a argila esmectita que é encontrada recobrindo as jazidas de gipsita da região do pôlo gesseiro do Araripe-PE-Brasil. Quando disposta no meio ambiente de forma inadequada, a argila pode causar sérios danos ambientais. Dessa forma, este trabalho contribui duplamente para o meio ambiente ao apresentar a argila esmectita como alternativa para o tratamento de efluentes têxteis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente procedeu-se a ativação térmica da argila esmectita utilizada como adsorvente. A ativação térmica foi realizada em uma mufla, na qual pequenas quantidades de argila permaneceram por um período de 24 horas a uma temperatura de 300°C.

Preparou-se um efluente têxtil sintético com concentração de 20 mg/L do corante Amarelo Reativo BF-4G 200%. A massa de argila utilizada como adsorvente foi fixada em 0,2 g e as demais variáveis presentes no processo de adsorção, NaCl e rotação, foram aplicadas conforme o planejamento fatorial 2², mostrado na Tabela 1.



Tabela 1: Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial 2²

Variáveis	Níveis		
	Inferior (-)	Central (0)	Superior (+)
NaCl (g)	2,0085	5,512	8,340
Rotação (rpm)	200	300	400

Em cada experimento, foram colocados exatamente 0,2g da argila termicamente ativada em um erlenmeyer de 125 mL com tampa, juntamente com 25 mL da solução corante e NaCl de acordo com o planejamento fatorial. As amostras contendo o adsorvente e adsorvato foram submetidas a ensaios em banho finito a temperatura ambiente (25°C) durante 8 horas a uma rotação estabelecida pelo planejamento fatorial.

Em seguida, as soluções foram filtradas em membrana milipore e as concentrações de cor foram determinadas por espectrofotometria. Os ensaios foram realizados em duplicata, com ponto central, utilizando-se nos resultados as médias das leituras, o pH inicial foi obtido através de um pHmetro da marca Radelkis OP-265. A matriz de planejamento fatorial 2² está representada a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz de planejamento do fatorial 2²

ENSAIOS	NaCl (g)	Rotação (rpm)
1	-	-
2	+	-
3	-	+
4	+	+
5	0	0
6	0	0
7	0	0

De acordo com a matriz do planejamento fatorial mostrada acima, foram estabelecidos os valores máximos e mínimos de massa de NaCl e de rotação utilizados nos sete ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do desenvolvimento do planejamento fatorial 2² foram obtidos o percentual de remoção e a capacidade máxima de adsorção, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do planejamento fatorial 2²

Ensaio	Absorbância (nm)	Concentração (mg/L)	Percentual de remoção do corante (%)	Capacidade máxima de adsorção (q)
Branco	0,358	20,05	0	5,00
1	0,162	8,89	55,50	2,79
2	0,058	2,98	85,10	4,26
3	0,166	9,14	54,30	2,72
4	0,025	1,07	94,65	4,74
5	0,057	2,91	85,40	4,28
6	0,083	4,41	77,90	3,91
7	0,020	0,83	95,85	4,80

Observando-se a Tabela 3, constata-se que o melhor percentual de remoção de cor (%) e a maior capacidade máxima de adsorção (q) foram 95,85% e 4,80 mg/g, respectivamente.

Os resultados apresentados na Tabela 3 permitiram a construção dos gráficos apresentados nas Figuras 1 e 2, abaixo.

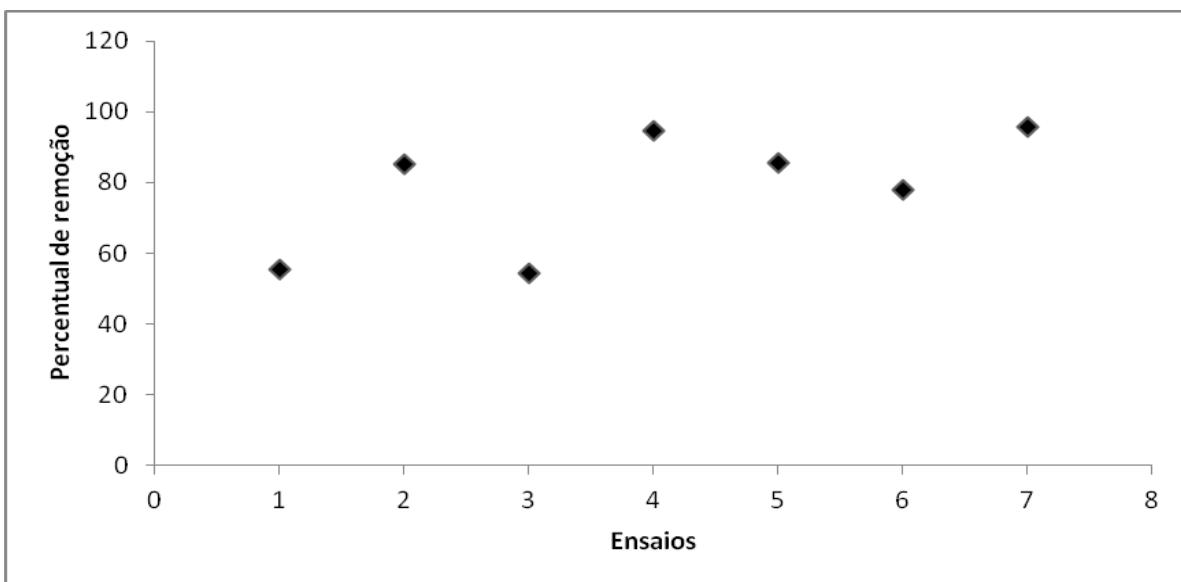


Figura 1 – Percentual de remoção de cor

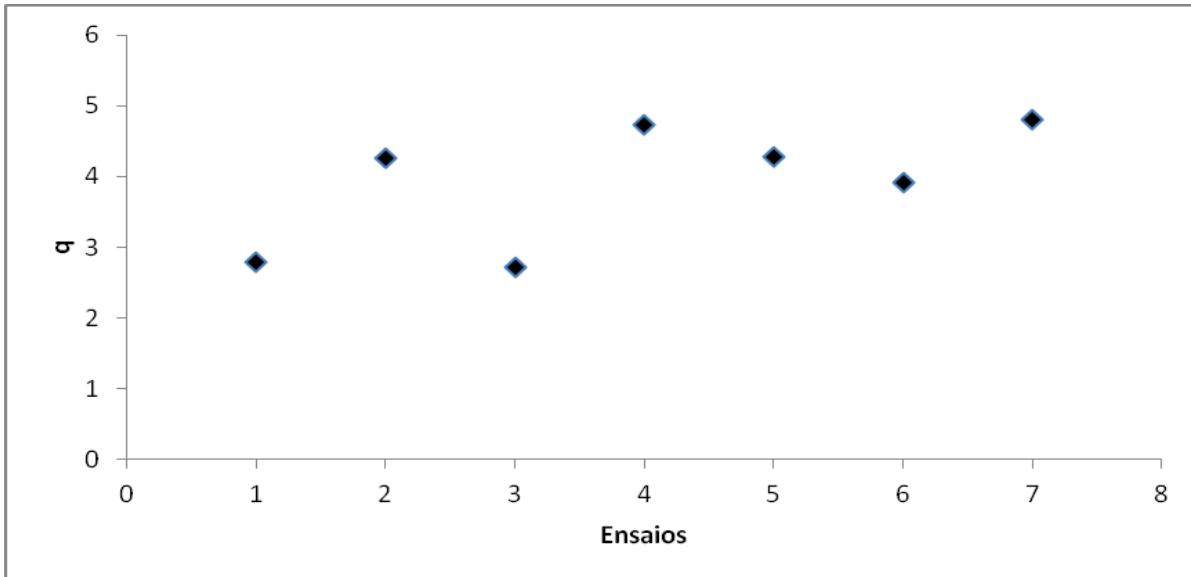


Figura 2 – Capacidade máxima de adsorção

A partir dos dados apresentados nas Figuras 1 e 2 verificou-se que os melhores resultados para remoção de cor e capacidade máxima de adsorção foram obtidos nos pontos 4 e 7, sendo que o ensaio 4 possui a característica de ter uma maior quantidade de sal (NaCl) em seu meio (8,340g) e uma rotação de 400 rpm e o ensaio 7, que é o ponto central, teve uma quantidade de sal de 5,512 e uma rotação de 300 rpm.

A partir dos resultados obtidos no planejamento factorial 2^2 , tornou-se possível o desenvolvimento de um estudo estatístico por meio da construção de um diagrama de pareto e de um gráfico de superfície de resposta, conforme mostram as Figuras 3 e 4, respectivamente.



Figura 3: Diagrama de pareto para a argila termicamente ativada

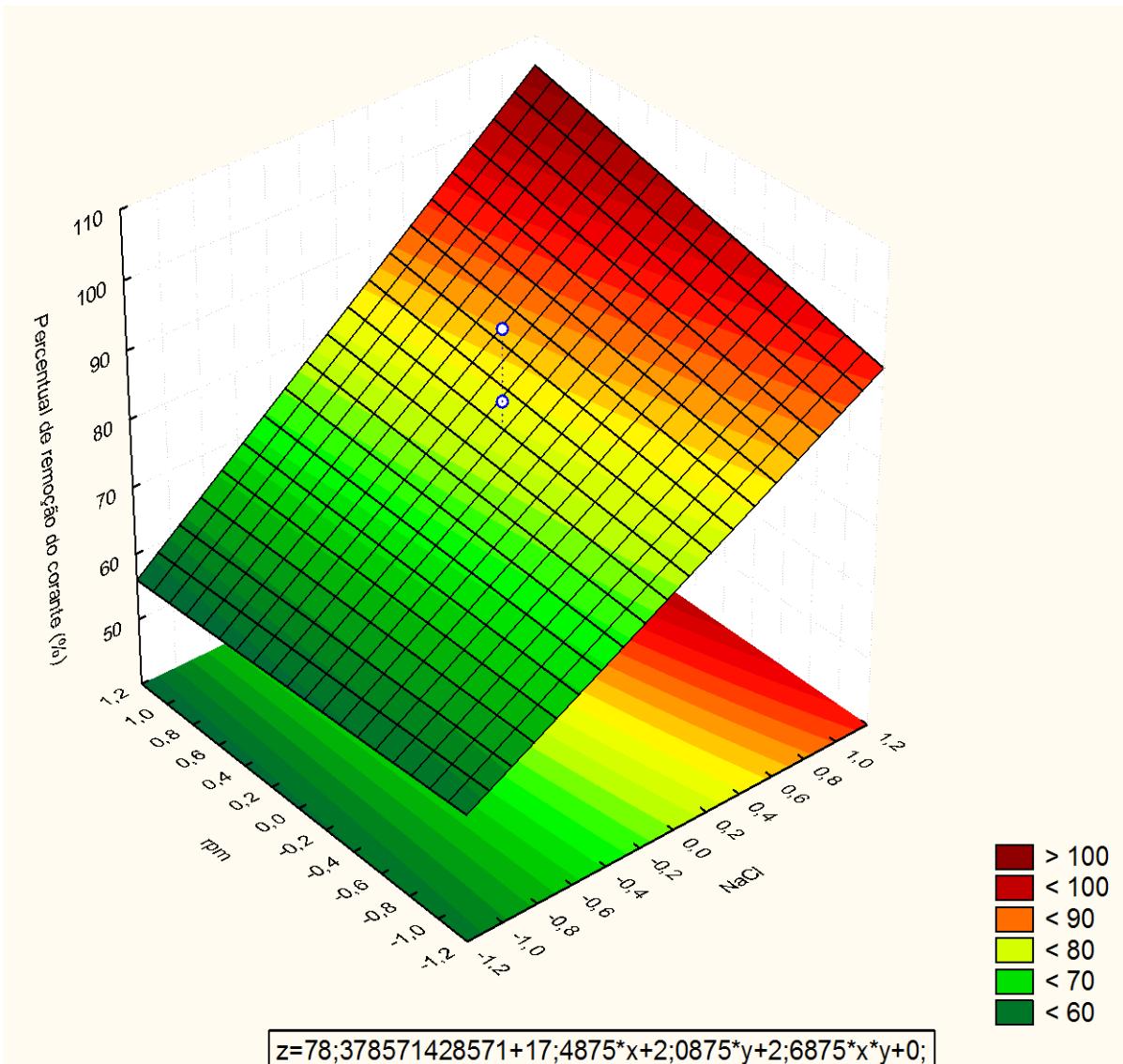


Figura 4: Gráfico de superfície de resposta para a argila termicamente ativada

No diagrama de pareto, os valores que excedem a linha de referência, ou seja, aqueles que correspondem ao intervalo de confiança de 95% são valores significativos (Allen et al, 2005).

O diagrama de pareto mostra que os fatores estudados, NaCl e rotação, não se apresentam, a princípio, como estatisticamente significantes, bem como a interação entre esses dois fatores, uma vez que ambos se encontram antes do intervalo de confiança de 95%. Sendo assim, pode-se apontar a ativação térmica como o principal fator responsável pelos ótimos resultados de remoção de cor apresentados durante este estudo.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que a argila esmectita termicamente ativada se constitui como uma boa alternativa para o tratamento de efluentes têxteis, obtendo-se resultados superiores a 90 % de remoção de cor.

Por se tratar de um adsorvente de baixo custo que passa por um processo de ativação de custo moderado, a utilização da argila esmectita termicamente ativada se mostra atrativa também do ponto de vista econômico, principalmente, quando comparada com alguns adsorventes comuns, como o carvão ativado.

A análise estatística demonstrou que o NaCl é o fator que mais contribui para o processo de adsorção utilizando a argila termicamente ativada. O NaCl favorece o aprisionamento das partículas de corante nas camadas interlamelares da argila, favorecendo a ocorrência da adsorção em um período de tempo menor que o observado na ausência do sal. A adoção da argila esmectita termicamente ativada no tratamento de efluentes têxteis se mostra como uma alternativa eficiente e economicamente viável, contribuindo para a redução dos impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado de tais efluentes.

O processo de adsorção, utilizando argilas esmectitas ativadas termicamente, encontra-se bastante viável para a implantação do procedimento em uma indústria têxtil, com a consequente diminuição da concentração do corante, minimizando assim, a contaminação do meio ambiente. Sendo também viável economicamente, pois os materiais utilizados são simples e de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, S.J., GAN, Q., MATTHEWS, R., JOHNSON, P.A., Kinetic modeling of the adsorption of basic dyes by kudzu, *J. Colloid Interface Sci.* 286 (2005) 101–109.
2. CHIH-HUANG WENG, YI-FONG PAN, Adsorption of a cationic dye (methylene blue) onto spent activated Clay, *Journal of Hazardous Materials* 144 (2007) 355–362.
3. FRAGA, T. J. M. Remoção dos Corantes Reativos Drimarem Blue e Drimarem Red de Soluções Aquosas por Adsorção em Resíduo Argiloso Proveniente da Indústria de Alumínio. X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 2010.
4. GÜRSES, A.; KARACA, S.; DOAR, Ç.; BAYRAK, R.; AÇIKYILDIZ, M.; YALÇIN, M.. Determination of adsorptive properties of clay/water system: methylene blue sorption, *J. Colloid Interface Sci.* 269, p. 310–314, 2004.
5. KUNZ, A. 1999. “Remediação de Efluente Têxtil: Combinação entre Processo Químico (ozônio) e Biológico (p. chrysosporium)”, Tese de Doutorado do Instituto de Química, Unicamp, Campinas SP, p130.
6. MITCHELL, M., ERNST, W.R., LIGHTSEV, G.R., Adsorption of textile dyes by activated carbon produced from agricultural, municipal and industrial wastes, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 19, 1, 1978, 307 – 311.
7. OZCAN, A.S., ERDEM, B., OZCAN, A., Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 266 (2005) 73–81.
8. SCHONBERGER, H. 1999. “Pollution Prevention and Waste Reduction in the Textile Industry”. Gottenheim, Germany, p. 8-71.
9. SILVA, G. L, Reduction of dye in effluent of dyeing process of industrial laundries for adsorption in clay, PhD Thesis, School of Chemical Engineering, - UNICAMP, Campinas-SP, p.120, 2005.