

# **ESTUDO DA REMOÇÃO DO CORANTE TURQUESA REATIVO ATRAVÉS DE DIFERENTES MATERIAIS ADSORVENTES**

Lucas Maycon Hoff Zeni, Indianara Conceição Ostroski  
(Orientadora/UNIOESTE), e-mail: indianaraostroski@hotmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharia e Ciências Exatas – Toledo - PR.

**Palavras-chave:** Adsorção, Corante, Sistema Batelada.

## **Resumo:**

Neste trabalho foi investigado a remoção do corante Turquesa Reativo QG 125%, utilizando diferentes tipos de adsorventes (quatro tipos de carvão ativado, casca de amendoim e arroz, e palha de trigo). Os testes foram realizados em um agitador orbital (Shaker) com temperatura de 30°C. Por meio dos testes iniciais, foi possível determinar o melhor adsorvente, e neste item, os carvões ativados de osso de boi e casca de coco da Bahia foram os que obtiveram uma maior quantidade adsorvida de corante por massa de adsorvente. Foram construídas duas isotermas, utilizando os melhores adsorventes para o corante Turquesa Reativo, em que as concentrações iniciais foram de 10, 30, 70, 110, 150, 190 e 230 mg/L. As isotermas foram ajustadas pelos modelos de Freundlich e Langmuir.

## **Introdução**

A poluição ambiental tem sido motivo de grande preocupação mundial nos últimos anos. Isso tem proporcionado um aumento significativo de pesquisas com o objetivo de desenvolver novas tecnologias para a remoção de substâncias nocivas ao ambiente que são provenientes de efluentes industriais.

Os efluentes contendo grande número de contaminantes, entre eles os corantes, podem ser provenientes de muitas indústrias, incluindo: as indústrias têxteis, papel, plástico, couro, comida, cosmética, etc. No Brasil, segundo a Legislação Federal (CONAMA Resolução nº 357 de 17/03/05), o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderá ser feito, direta ou indiretamente, nos corpos de água de classe 1 a 8, desde que atendam às condições dispostas na Resolução, e não ultrapassem os limites estabelecidos para as respectivas classes.

Em se tratando da indústria têxtil, de acordo com Abrahão e Silva (2002), ela pode ser dividida em três etapas de produção: formação de fios, formação de tecidos e processos molhados. E é na parte de processos molhados que se encontra um dos maiores problemas da indústria em questão, em que a técnica de tingimento do tecido é realizada. Segundo Braille e Cavalcanti (1993), esse processo consome em torno de 120 a 380 litros de água por metro de tecido processado. O problema em questão é a

contaminação da água utilizada, já que 10 a 20% do corante não se fixa à fibra durante o tingimento (GUARATINI e ZANONI, 1999).

Desta forma, se o efluente da indústria têxtil não for tratado adequadamente e despejado ao meio ambiente, pode chegar a reservatórios e estações de água comprometendo a captação, tratamento e consumo. Tem-se ainda, que pequenas quantidades de corantes são suficientes para conferir aspecto de cor à água, e a liberação para rios ou lagos desses contaminantes pode interferir na fauna e flora aquática, pois os mesmos impendem a passagem da luz necessária para a sobrevivência das espécies. De acordo com Brown (1993) alguns corantes podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos, o que reforça ainda mais a necessidade de remoção desses compostos do efluente.

Os principais processos de tratamento destes efluentes incluem precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação, adsorção, entre outros (GUARATINI e ZANONI, 1999). Cada um desses processos tem suas vantagens e desvantagens, e o processo de adsorção está entre os que oferecem o método mais efetivo para o tratamento de águas e o que produz um menor volume de lodo.

Muitos adsorventes podem ser empregados na remoção de contaminantes (BARROS *et al.*, 2004; ZULFADHLY *et al.*, 2001; CHERN e CHIEN, 2002). Um dos adsorventes mais conhecidos e utilizados é o carvão ativado. Os carvões ativados são materiais microporosos, obtidos de qualquer material natural ou sintético, rico em carbono e baixa quantidade de inorgânicos, preparados artificialmente para que exibam um elevado grau de porosidade e alta superfície interna, sendo que estas características são as responsáveis pela propriedade adsorvente. Dependendo da natureza da matéria prima, da forma (granular ou em pó) na qual o carvão ativado se encontra e, obviamente, do processo de produção escolhido, estes serão gerados com diferentes capacidades de adsorção (MEDEIROS, 2001).

Em fase gasosa, o carvão ativado encontra aplicações que incluem proteção contra gases venenosos e remoção de odores. Porém, o uso de carvão ativado ocorre em sua maioria em aplicações em fase líquida, como o tratamento de água potável, efluentes diversos de indústrias têxteis, químicas, de alimentos etc. A utilização de carvão ativado para a obtenção de água potável consome um quarto das aplicações do carvão utilizado para processos líquidos, e um quinto do seu uso, relacionado a processos com águas residuais (RODRÍGUEZ-REINOSO e MOLINA-SABIO, 1998).

Há também outros inúmeros tipos de adsorventes alternativos (sementes, folhas, cascas, etc.), assim chamados por serem de uma forma geral, mais barato do que o carvão ativado. Muitos destes adsorventes alternativos têm sido testados em escala laboratorial para o tratamento de efluentes provenientes da indústria têxtil com diferentes graus de eficiência.

Dentro deste contexto, o presente trabalho visa estudar a adsorção do corante Turquesa Reativo QG 125%, usado na indústria têxtil, empregando-se diferentes tipos de materiais adsorventes, como carvões ativados e adsorventes alternativos.

## Materiais e métodos

Para a avaliação do melhor adsorvente do corante Turquesa Reativo, sete tipos de adsorventes foram testados, os carvões ativados: de osso de boi, da casca de coco de babaçu, da casca de coco da Bahia e do caroço de pêssego, e os adsorventes tipo alternativos: casca de amendoim, casca de arroz e palha de trigo.

A casca de amendoim foi lavada com água corrente a fim de eliminar as sujeiras presentes, e depois seca a 40°C, a casca de arroz e a palha de trigo também foram secas na mesma temperatura.

Os testes para determinar o melhor adsorvente foram realizados em processo batelada, em um agitador orbital (*Shaker*) com controle de temperatura. Inicialmente, sete frascos erlenmeyers foram preenchidos com 50 mL de solução do corante Turquesa Reativo, de concentração inicial de 50 mg/L, e foram mantidos a 30°C, sob agitação constante. Após o sistema atingir a temperatura de equilíbrio, foi adicionado 0,5 g de cada adsorvente em cada frasco, durante 48 horas. As amostras foram filtradas através de um filtro a vácuo, utilizando papel de 8 µm de diâmetro de poro. A leitura de pH de todas as amostras foi realizada no fim do processo. A concentração do corante na fase fluida foi determinada por um Espectrofotômetro UV/Vis.

Depois de escolhido os dois melhores adsorventes, foram realizados ensaios para a obtenção de duas isotermas, em que as concentrações iniciais do corante foram de 10, 30, 70, 110, 150, 190 e 230 mg/L. O processo para obtenção da isoterma foi análogo aos testes que determinaram o melhor adsorvente, porém, o pH inicial das soluções foi fixado entre 6,3 e 6,7. O mesmo volume de solução e massa de adsorvente foram utilizados nos testes (0,5 g de adsorvente e 50 mL de solução para cada erlenmeyer). O tempo do ensaio foi de 48 horas.

### *Cálculo da capacidade de adsorção*

A quantidade de corante retida nos diferentes tipos de adsorventes foi obtida pela seguinte equação:

$$q_{eq} = \frac{(C_0 - C_{eq}) \cdot V}{M_a} \quad (1)$$

em que:  $q_{eq}$  é a quantidade adsorvida por massa de adsorvente (mg/g),  $C_0$  é a concentração inicial da solução (mg/L),  $C_{eq}$  é a concentração de equilíbrio da solução (mg/L),  $V$  é o volume de solução no erlenmeyer (L) e  $M_a$  é a massa seca de adsorvente (g).

### *Isotermas de adsorção*

As isotermas obtidas experimentalmente podem, freqüentemente, ser representadas por equações simples que relacionam diretamente a massa

adsorvida no adsorvente em função da concentração do adsorvato na fase líquida. Os modelos mais comuns usados para representar o equilíbrio nos processos de adsorção são as isotermas de Langmuir e Freundlich.

O modelo de Langmuir é o mais simples das isotermas de adsorção e o mais utilizado. E é representado pela seguinte equação:

$$q_{eq} = \frac{q_m b C_{eq}}{1 + b C_{eq}} \quad (2)$$

em que  $b$  e  $q_m$  são constantes do modelo. A constante de equilíbrio  $b$  está relacionada com a energia livre de adsorção que corresponde à afinidade entre a superfície do adsorvente e o soluto e  $q_m$  é a constante que representa a cobertura de adsorvato em uma monocamada, ou seja, a máxima adsorção possível. Os valores de  $q_m$  e  $b$  são determinados a partir de dados experimentais. Quando  $b C_{eq} \gg 1$ , a isoterma é muito favorável e se  $b C_{eq} \ll 1$ , esta é quase linear.

O modelo de Freundlich é muito utilizado para baixas concentrações de soluto (soluções diluídas) e pode ser representado por:

$$q_{eq} = k C_{eq}^{1/n} \quad (3)$$

em que:  $k$  é a constante de capacidade de adsorção relativa do adsorvente (mg/g) e  $n$  é a constante que se relaciona com a distribuição dos sítios ativos (CIOLA, 1981). Quando  $1/n < 1$ , a isoterma é favorável à remoção do composto inicialmente em solução e é, muitas vezes, mais adequada para a adsorção de líquidos (MCCABE *et al.*, 2001).

Os modelos de Langmuir e Freundlich foram usados para descrever o processo de adsorção do carvão Turquesa Reativo.

## Resultados e Discussões

### *Testes do melhor adsorvente*

Os resultados de quantidade adsorvida por massa de adsorvente ( $q_{eq}$ ), para cada um dos sete materiais utilizados, são mostrados na Tabela 1, os valores de pH final, também são mostrados na tabela.

**Tabela 1 – Dados de equilíbrio da adsorção do corante Turquesa Reativo em diferentes adsorventes**

Material adsorvente	$q_{eq}$ (mg/g)	pH Final
Carvão ativado de osso de boi	4,3445	7,58
Carvão ativado da casca de coco de babaçu	3,2788	8,41
Carvão ativado da casca de coco da Bahia	4,2399	5,81
Carvão ativado do caroço de pêssego	0,6229	6,24
Casca de amendoim	2,3083	6,34
Casca de arroz	1,2278	6,19
Palha de trigo	0,9830	5,92

Observa-se através da Tabela 1, que tanto o carvão de osso de boi quanto o carvão da casca de coco da Bahia apresentaram os melhores resultados para o processo de adsorção proposto, pois ambos apresentaram os maiores valores de  $q_{eq}$  comparados com os demais materiais adsorventes.

Os carvões de origem animal são provenientes principalmente da carbonização de ossos de animais e são comumente aplicados na remoção de cor do xarope de açúcar, outra aplicação conhecida envolve a remoção de flúor (CHOY e MCKAY, 2005). O carvão ativado de osso possui uma característica singular em relação aos outros carvões: a presença significativa de cálcio. Estima-se que apenas 10% de sua composição esteja relacionada com carbono enquanto que até 90% é fosfato de cálcio (CHOY e MCKAY, 2005; PORTER e MCKAY, 2004). Como consequência, o mecanismo de retenção não está totalmente esclarecido (CHOY e MCKAY, 2005).

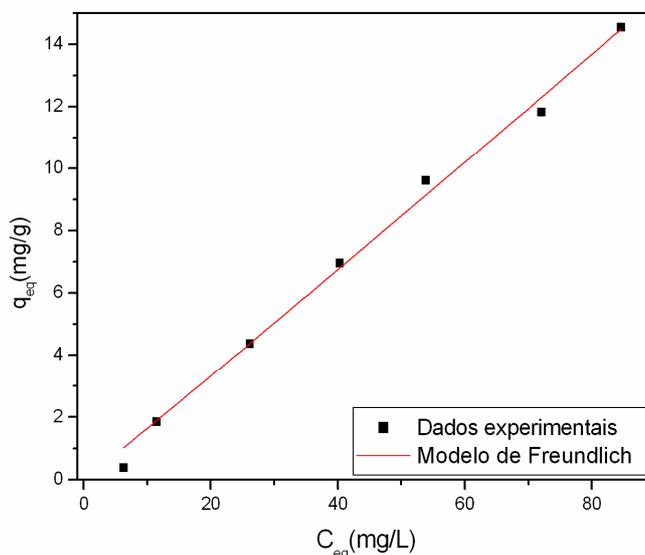
Materiais precursores abundantes no Brasil levaram pesquisadores como Medeiros (2001) a desenvolver carvões ativados de origem vegetal, como de coco da Bahia, coco de babaçu e bagaço de cana. O carvão de coco da Bahia foi utilizado com sucesso na remoção de cromo (III) por Schneider (2006).

Vale ressaltar também que a casca de amendoim, por ser um material barato e de fácil obtenção, apresentou resultado satisfatório, se comparado, por exemplo, com o carvão do caroço de pêssego (tabela 1) e, com estudos mais aprofundados, pode ser de grande valia em pré-tratamentos de efluentes de indústrias têxteis.

Em relação ao pH, observa-se através da Tabela 1, que este parâmetro é de grande influência na adsorção de compostos orgânicos, em que o meio aquoso pode ter um caráter ácido ou básico. Para a construção das isotermas, o pH foi fixado entre 6,3 e 6,7, estes valores foram definidos a partir dos resultados da Tabela 1, em que um valor aproximado do pH foi tido como referência dos carvões ativados de osso de boi e casca de coco da Bahia, que foram os melhores adsorventes encontrados.

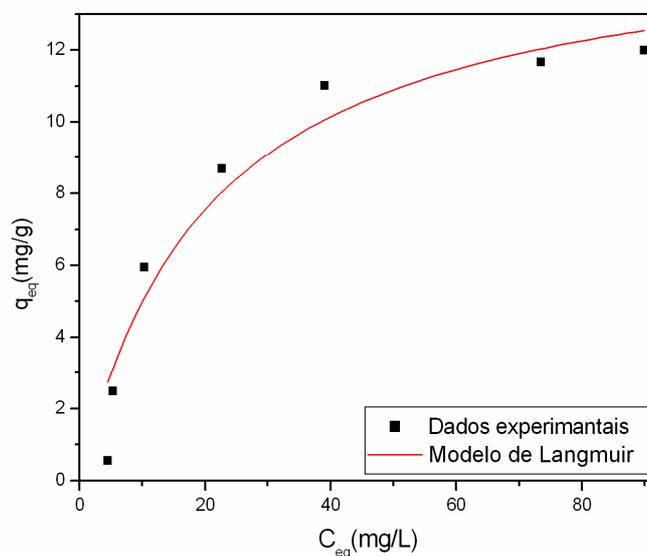
### Construções da isoterma

Os dados experimentais de equilíbrio obtidos nos ensaios em processo batelada para a adsorção do corante Turquesa Reativo nos carvões ativados de osso de boi e casca de coco da Bahia foram utilizados para calcular a quantidade de corante removida no tempo de 48 horas. Os dados foram ajustados pela equação do modelo de Freundlich e Langmuir para o carvão de osso de boi e casca de coco respectivamente, apresentados nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1 – Isotherma de adsorção do corante Turquesa Reativo pelo carvão ativado de osso de boi**

Observa-se pela Figura 1, que a isoterma é do tipo linear, em que a quantidade adsorvida é proporcional à concentração do fluido. Isothermas deste tipo não são favoráveis, pois grandes quantidades adsorvidas podem ser obtidas apenas com altas concentrações de soluto. Para se obter uma isoterma favorável neste caso, concentrações iniciais maiores deveriam ser testadas nos ensaios, até que um platô fosse atingido. O único modelo que ajustou os dados de equilíbrio em questão foi o modelo de Freundlich para  $n=1$ . O valor da constante  $k$  do modelo de Freundlich foi determinado utilizando o programa *Microcal Origin*<sup>®</sup>, em que o valor encontrado foi de  $k = 0,1580$  mg/g, representando a constante de capacidade de adsorção relativa do carvão de osso de boi.



**Figura 2 – Isoterma de adsorção do corante Turquesa Reativo pelo carvão ativado de casca de coco da Bahia**

Na Figura 2, observa-se que a isoterma é do tipo convexa, o que possibilitou a aplicação do modelo de Langmuir. Observa-se que a curva do modelo mostrou um comportamento de isoterma do tipo favorável, pois grandes quantidades adsorvidas podem ser obtidas com baixas concentrações de soluto. Os dados de equilíbrio obtidos com o carvão de casca de coco da Bahia foram utilizados para calcular os valores das constantes da isoterma de Langmuir, novamente o valor das constantes foi determinado utilizando o programa *Microcal Origin*<sup>®</sup>, em que os parâmetros ajustados foram:  $q_m = 15,4659 \text{ mg/g}$  e  $b = 0,0476 \text{ L/mg}$ , com um coeficiente de correlação de  $R^2 = 0,9396$ .

O estudo demonstra que para a adsorção do corante no carvão de osso de boi, concentrações maiores deveriam ser utilizadas, para que o modelo representasse adequadamente o processo de adsorção, e para o carvão de coco da Bahia, baseado no coeficiente de correlação, o estudo demonstrou resultados satisfatórios, mostrando que o processo de adsorção foi bem descrito pelo modelo.

## Conclusões

A análise dos resultados deste trabalho indica que dentre os sete tipos de materiais adsorventes testados, dois tipos de carvão ativado (de osso de boi e casca de coco da Bahia) foram os melhores adsorventes para o corante Turquesa Reativo. Os adsorventes carvão ativado da casca de coco de babaçu e casca de amendoim também apresentaram resultados satisfatórios para o corante em questão. Os resultados demonstraram também, que a remoção do corante Turquesa Reativo pelo carvão ativado de osso de boi

nas condições investigadas foi favorável, conforme constatado pelo formato da isoterma.

## Referências

- Abrahão, A. J.; Silva, G. A. (Influência de alguns contaminantes na toxicidade aguda de efluentes da indústria têxtil) *Revista Química Têxtil* 2002, 67, 8.
- Barros, M. A. S. D.; Silva E. A.; Arroyo, P. A. *et al.* (Removal of Cr(III) in the fixed bed column and batch reactors using as adsorbent zeolite NaX) *Chemical Engineering Science* 2004, 59, 5959.
- Braile, P. M.; Cavalcanti, J. E. W. (Manual de tratamento de águas residuárias industriais). CETESB, 1993.
- Brown, M. A.; Devito, S. C. (Predicting azo dye toxicity) *Critical Reviews in Environmental Science Technology* 1993, 23, 249.
- Choy, K. K. H.; McKay, G. (Sorption of cadmium, copper, and zinc ions onto bone char using crank diffusion model) *Chemosphere* 2005, 60, 1141.
- Ciola, R. (Fundamentos da catálise). Ed.: Moderna, 1981.
- Guaratini, C. C. I.; Zanoni, M. V. B. (Corantes Têxteis) *Revista Química Nova* 1999, 23, 71.
- McCabe, W. L.; Smith, J. C.; Harriot, P. (Unit Operations of Chemical Engineering). Ed.: McGraw Hill International, 2001.
- Medeiros, L. L. (Avaliação do desempenho de carvões ativados de bagaço de cana-de-açúcar, endocarpos de coco da Bahia e de coco-babaçu na remoção de cloro residual) *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba*, 2001.
- Porter, J.F.; McKay, G. (Sorption equilibria of metal ions on bone char) *Chemosphere* 2004, 54, 273.
- Rodríguez-Reinoso, F.; Molina-Sabio M. (Textural and chemical characterization of microporous carbons) *Advances in Colloid and Interface Science* 1998, 76, 7, 271.
- Schneider, R. S. (Adsorção de cromo (III) em carvão ativado) *Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá*, 2006.
- Zulfadhly, Z.; Mashitah, M. D.; Bhatia, S.; *et al.* (Heavy metals removal in fixed-bed column by the macro fungus *Pycnoporus sanguineus*) *Environmental Pollution* 2001, 112, 463.