

II-175 - UTILIZAÇÃO DA VAGEM DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.) COMO ADSORVENTE NA REMOÇÃO DE VERMELHO DO CONGO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS

Eliel Albuquerque Aguiar⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus-Sobral. Especializando em Gestão Ambiental (IFCE/Sobral).

Francisco Bruno Monte Gomes⁽²⁾

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Ceará. Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará. Especialista em Engenharia Ambiental pela Faculdade Darcy Ribeiro. Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Vale do Acaraú.

Josenir Barreto de Sousa⁽³⁾

Licenciado em Química pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

Sarah de Abreu Moreira⁽⁴⁾

Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutora em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

Aline de Carvalho Oliveira⁽⁵⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Especialista em Saneamento Ambiental pela Universidade Gama Filho. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Chico da Gentina, 176 - Centro - Moraújo - Ceará - CE - CEP: 62480-000 – Brasil - Tel: +55 (88) 9221-9407 - e-mail: elielmoraujo@hotmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento adequado de efluentes têxteis tem sido objeto de grande interesse nos últimos anos devido ao aumento da conscientização e da rigidez da legislação ambiental. Esses efluentes são ricos em corantes e são capazes de gerar além de poluição visual, alterações nos ciclos biológicos dos recursos hídricos em que são lançados. Isso torna bastante promissora a utilização de processos biossorbitivos na remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos presentes em efluentes industriais. Neste trabalho foi avaliada a utilização da vagem do feijão comum da espécie *Phaseolus vulgaris* L., sem tratamento e tratada pela imersão em solução ácida (H₂SO₄) para a remoção do corante vermelho do congo. Nos ensaios de biossorção, 0,1g do adsorvente foram postas em contato com 100ml de solução do corante vermelho do congo com concentrações de 10 e 100mg/L. Os resultados obtidos mostraram uma eficiência de remoção máxima de 100 e 48,41% para as concentrações de 10 e 100mg/L, respectivamente. Com isso, pode-se concluir que o emprego da biomassa tratada com ácido pode ser viável como adsorvente alternativo para aplicação industrial no tratamento de efluentes têxteis.

PALAVRAS-CHAVE: Biossorção, Efluentes têxteis, Feijão comum, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis têm grande dificuldade em tratar eficientemente as águas residuárias geradas em sua complexa cadeia produtiva, particularmente em relação à remoção dos corantes destes efluentes, que conferem cor intensa mesmo que em pequenas quantidades. Esses efluentes industriais, em sua maioria, apresentam elevadas demandas química e bioquímica de oxigênio, grande quantidade de sólidos suspensos e coloração acentuada, constituindo um dos esgotos mais difíceis de serem tratados (AKSU, 2005).

Diversos problemas são inerentes às características dos efluentes têxteis, especialmente a dificuldade de remoção, no momento do tratamento, da cor intensa causada pela presença de corantes oriundos dos processos de tingimento e acabamento. Esses efluentes corados em contato com o solo, corpo aquático e seres vivos podem causar diversos danos.

Devido à baixa biodegradabilidade dos corantes convencionais o tratamento biológico dos efluentes têxteis não são muito eficientes. Usualmente o tipo de tratamento utilizado para a remoção do corante envolve processos físicos ou químicos, incluindo coagulação, floculação, ozonização, oxidação, troca iônica, irradiação e adsorção. Algumas dessas técnicas de tratamento têm se mostrado eficientes, embora possuam uma ou outra limitação (FU; VIRARAGHAVAN, 2002; DALLAGO; SMANIOTTO; OLIVEIRA, 2005; AKSU, 2005) econômica ou prática.

Dentre os vários tipos de tecnologias desenvolvidas com esse intuito, a adsorção é uma das técnicas que mais tem sido empregada com sucesso na remoção efetiva de corantes (KUNZ *et al.*, 2002). O carvão ativado é um dos adsorventes mais utilizados no tratamento de águas residuais e pode ser encontrado em forma de pó ou granular, mas o seu valor comercial é bem elevado. Afim de achar novas alternativas de tratamento, estudos vêm sendo realizados para obter um adsorvente eficiente e com baixo custo.

Dentre esses novos processos estudados, a adsorção apresenta-se como um método eficiente, que consiste em um processo de purificação de soluções com poluentes. Uma vertente dessas pesquisas tem estudado o uso de biomassas em processos adsorptivos, caracterizando-se, assim, como biossorção.

Um dos principais resíduos agrícolas produzidos em nossa região é o feijão, gerando como subproduto a casca de feijão (vagem). Geralmente, os agricultores incorporam à alimentação do gado, que, segundo Nunes (1998), não é recomendado por apresentar baixo potencial nutricional.

Conhecendo-se a atual conjectura referente ao aproveitamento de resíduos sólidos, a utilização desse subproduto com um bioadsorvente vem trazer tanto benefícios ambientais e econômicos, como a preservação da vida útil de aterros sanitários e redução da extração de matérias-primas par produção de adsorventes comerciais. Visto isso, este trabalho objetivou testar o potencial adsorvente de biomassa obtida a partir da casca do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) na remoção dos resíduos do corante vermelho do congo em solução sintética aquosa.

MATERIAIS E MÉTODOS

A casca do feijão foi cortada, lavada com água destilada para a remoção da poeira e levada para secagem ao sol por dois dias, sendo, em seguida, triturada em um moinho (Willye T6-650, marca Tecnal) e peneirada (granulometria 1 mm). Seu aspecto pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 – Aspecto da vagem de *Phaseolus vulgaris*. A – Vagem sem tratamento após debulhamento e secagem; B – Vagem triturada.

Esta biomassa foi posta em contato com 200 ml de solução ácida de H_2SO_4 0,1M sob agitação constante com agitador magnético (IKA, marca Labortechink) durante uma hora. Em seguida, a biomassa foi lavada em abundância com água destilada até o pH ser estabilizado, objetivando um pH aproximadamente neutro. Por último a biomassa foi posta em vidro de relógio e levada para a secagem em estufa a $60^\circ C \pm 5^\circ C$ por 48 horas. Após a secagem, a biomassa foi preservada em dessecador para uso posterior.

O corante utilizado no preparo das soluções foi o vermelho do congo, marca VETEC). As soluções foram preparadas com água destilada (pH= 6,55), em diferentes concentrações de 10mg/L e 100mg/L.

Os experimentos foram realizados em triplicata e com as concentrações de 10 e 100 mg/L, pesados em balança analítica. Para cada concentração analisada foi realizado um ensaio cinético com a biomassa tratada com o ácido e um ensaio de tempo de equilíbrio com a biomassa sem tratamento. Uma curva de calibração foi construída para a solução de corante.

Nos ensaios cinéticos foram pesados 0,1g da biomassa em elermeyers de 250 ml, que foram em seguida colocados em contato com 100ml da solução de corante e levados para uma mesa agitadora (modelo TE-140, marca Tecnal), sob agitação de 150 rpm. As absorbâncias foram medidas nos seguintes intervalos de tempo: 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360 e 720 minutos.

Nos ensaios de tempo de equilíbrio foram pesados 0,1g da biomassa em elermeyers de 250 ml, que foram em seguida colocados em contato com 100ml das soluções com concentrações de 10 e 100mg/L da solução de corante e levados para uma mesa agitadora (modelo TE-140, marca Tecnal), sob agitação de 150 rpm. As absorbâncias foram medidas no final de 720 minutos.

A capacidade de adsorção do adsorvente (q em mg/g) foi calculada pela Equação 1 a seguir:

$$q = [(C_i - C_f) \cdot V] / m \quad \text{equação (1)}$$

onde q é a quantidade adsorvida por massa de adsorvente, em mg/g; C_i é a concentração inicial do adsorvato, em mg/L; C_f é a concentração final do adsorvato no equilíbrio, em mg/L; V é o volume da solução empregado na adsorção, em litros; e m corresponde à massa do adsorvente em gramas.

O cálculo do percentual de remoção do processo de adsorção foi obtido através da seguinte equação:

$$E\% = ((C_i - C_f) / (C_i)) \times 100 \quad \text{equação (2)}$$

onde C_i corresponde à concentração inicial do corante na solução antes do contato com o adsorvente, em mg/L; e C_f é a concentração final do corante na solução após o contato com o adsorvente, em mg/L.

RESULTADOS

O efeito do tempo de contato entre o adsorvente e a solução de corante e da concentração inicial na adsorção do vermelho do congo foi investigado. A quantidade máxima de corante adsorvido reflete a capacidade máxima de adsorção da biomassa em questão quando exposta a uma dada concentração de corante, ou seja, é a quantidade de corante, em miligramas, adsorvido em cada grama de biomassa (q, em mg/g). A quantidade máxima de corante adsorvido na fase adsorvente foi de 10,00 mg/g em solução com concentração de 10mg/L; e 48,41mg/g em 100mg/L, conforme mostrado a seguir.

Nos testes cinéticos para a concentração de 10mg/L o q (mg/g) máximo obtido foi de 10,00mg de corante adsorvidos em um grama da biomassa. Esse resultado pode ser observado na Tabela 1 e na Figura 2 a seguir.

Tabela 1 - Quantidade máxima de corante adsorvido na fase adsorvente, em mg/g (q), para a concentração de 10mg/L, em cada tempo do experimento.

Amostra	q (mg/g) – quantidade removida	Amostra	q (mg/g) – quantidade removida
T1 = 5min	2,94	T6 = 120min	4,19
T2 = 10min	3,31	T7 = 180min	6,59
T3 = 15min	3,33	T8 = 360min	9,01
T4 = 30min	3,34	T9 = 720min	10,00
T5 = 60min	3,63		

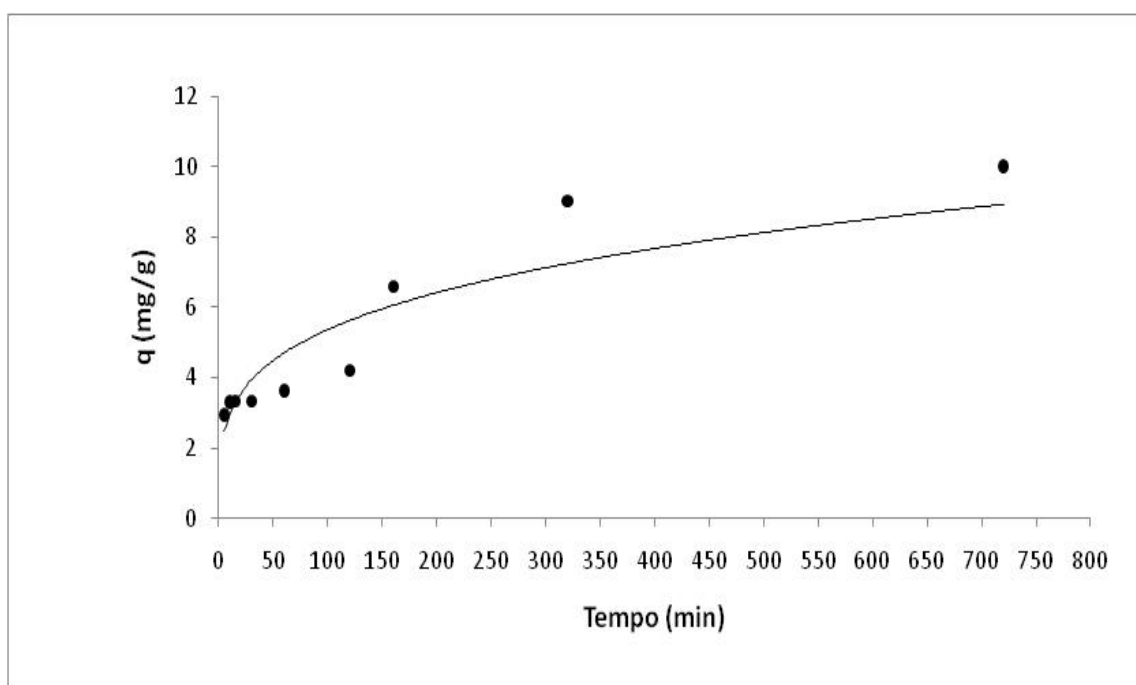


Figura 2 - Efeito do tempo de agitação e da concentração de 10mg/L de vermelho do congo sobre a capacidade de adsorção da vagem.

Os resultados dos testes cinéticos mostraram uma eficiência de remoção de corante de 100% ao final dos 720 minutos de teste para uma solução de concentração inicial de 10mg/L em contato com 0,1g da biomassa em questão tratada com solução ácida.

Pode-se observar que a adsorção aconteceu de forma mais rápida nos tempos iniciais de contato e foi decaindo gradativamente. Isso pode ser explicado pelo fato da concentração inicial de corante ser maior e, também, pelo fato dos sítios de interação do material adsorvente estarem livres.

Para os ensaios com a concentração de 100 mg/L foram obtidos os seguintes resultados, expostos na Tabela 2 e Figura 3.

Tabela 2 - Quantidade máxima de corante adsorvido na fase adsorvente, em mg/g (q), para a concentração de 100mg/L, em cada tempo do experimento.

Amostra	q (mg/g) – quantidade removida	Amostra	q (mg/g) – quantidade removida
T1 = 5min	30,70	T6 = 120min	37,98
T2 = 10min	33,94	T7 = 180min	38,42
T3 = 15min	35,87	T8 = 360min	44,38
T4 = 30min	36,95	T9 = 720min	48,41
T5 = 60min	37,31		

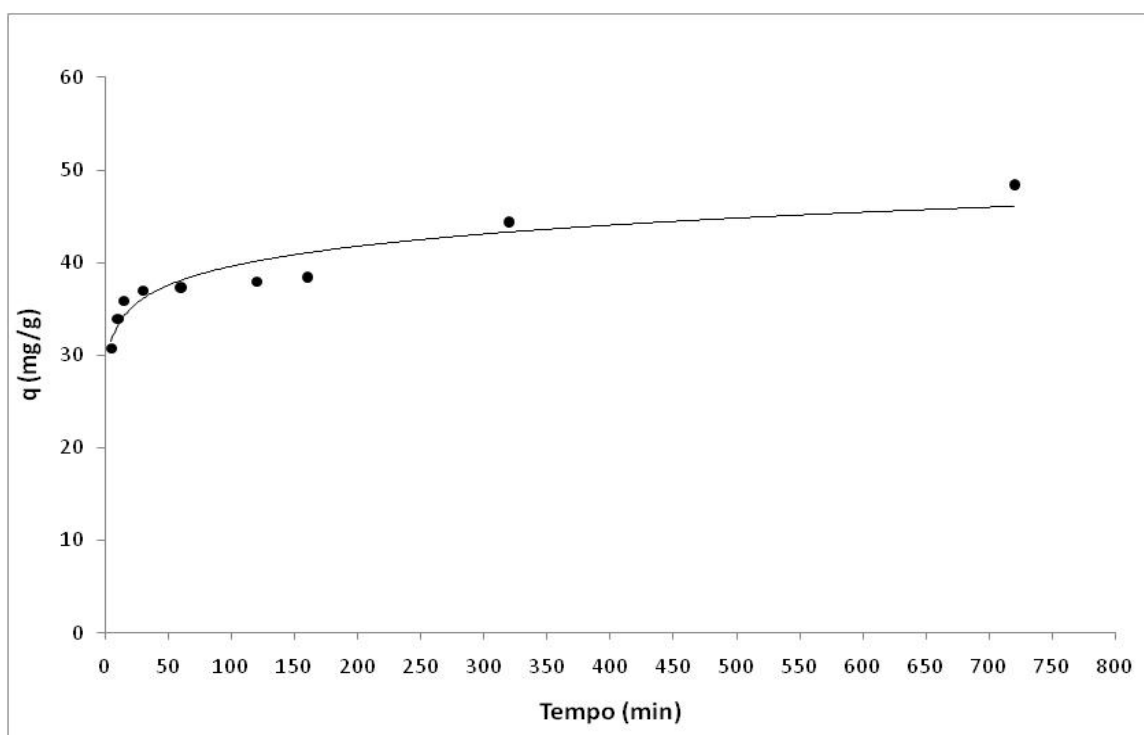


Figura 3 -Efeito do tempo de agitação e da concentração de 100mg/L de vermelho do congo sobre a capacidade de adsorção da vagem.

Os resultados dos testes cinéticos mostraram uma eficiência de remoção de corante de 48,41mg/g ao final dos 720 minutos de teste para uma solução de concentração inicial de 100mg/L em contato com 0,1g da biomassa em questão tratada com solução ácida.

Testes cinéticos com a biomassa sem tratamento também foram realizados, sob as mesmas condições de tempo e agitação, e como resultados, obteve-se um q_{eq} (q de equilíbrio em 720 minutos) de 5,91mg/g para a solução de 10mg/L e um q de 31,98mg/g para solução com concentração de 100mg/L. A Tabela 3 traz um resumo dos valores de q e dos percentuais de remoção das biomassas tratada e sem tratamento.

Tabela 3 - Resumo dos valores de q e dos percentuais de remoção das biomassas tratada e sem tratamento.

Concentração (mg/L)	Biomassa sem tratamento		Biomassa tratada	
	q (mg/g)	Eficiência de remoção (%)	q (mg/g)	Eficiência de remoção (%)
10	5,91	59,15	10	100
100	31,98	31,98	48,41	48,41

Através da comparação dos resultados, pode-se observar que o tratamento ácido foi capaz de potencializar a cinética adsorptiva nos ensaios com concentrações de 10 e 100mg/L, provavelmente devido ao fato de o tratamento provocar a formação de poros e reentrâncias (condição necessária para uma adsorção satisfatória) e exposição de sítios adsorptivos, fato que favoreceu consideravelmente a cinética de biossorção do corante. Vale ressaltar, entretanto, que podem ter havido erros na leitura pelo espectrofotômetro no ensaio com concentração de 10mg/L, oferecendo, assim, um resultado de 100% de remoção de corante.

Para Chagas *et al.* (SD), o grande potencial de remoção de corantes por biomassas pode ser devido às interações entre as cargas da molécula de corante e das cargas presentes na superfície da biomassa. Aplicação de ácido sobre a biomassa (casca do feijão) pode ter propiciado a formação de um maior número de sítios adsorptivos, o que está de acordo com os resultados obtidos na cinética de remoção do corante, onde a amostra tratada com ácido mostra-se mais eficiente que a sem tratamento.

Acredita-se que a alteração estrutural causada pelo tratamento químico de solução ácida seja a razão pela qual a biomassa com tal tratamento tenha apresentado melhor cinética de adsorção, os resultados obtidos indicam uma possível troca de prótons durante os momentos iniciais do processo até que se atinja o equilíbrio iônico do sistema, demonstrando que a cinética de adsorção para a biomassa é favorecida em faixa ácida. Vale ressaltar que o pH diminuiu no decorrer do experimento, atingindo um valor máximo de 6,32 no início do ensaio e 4,98 ao final do teste.

Robinson *et al.* (2002) também verificou em seu estudo que apenas 1g de casca de cevada posto em contato com 100 ml de solução com 100mg/L de concentração obteve um percentual de remoção de corante de 92%.

CONCLUSÕES

A biomassa de vagem de *P. vulgaris* tratada com ácido apresentou boa eficiência de remoção de vermelho do congo ao final do processo adsorptivo, resultado esse melhor que o da biomassa sem tratamento, evidenciando que o tratamento ácido é capaz de potencializar a eficiência de remoção.

Por meio dos testes realizados neste trabalho verificou-se que existe uma significativa viabilidade de se empregar a casca do feijão como material adsorvente alternativo no tratamento de efluentes têxteis contendo o corante vermelho do congo, tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

Recomenda-se a realização de testes com a biomassa também submetida a tratamento básico, visto que este pode, também, exercer alterações estruturais na biomassa com melhoria em sua eficiência de adsorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKSU, Z. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process Biochemistry*, v. 40, 2005.
2. CHAGAS, O. A.; RIELLO, B. S.; FERNANDES, L.S. G. V.; CARNEIRO, P. M.; BUARQUE, H. L. B.; PAULA, H. C. B. Aplicação da biomassa do aguapé *Eichornia Crassipes* em pó na remoção de cor do vermelho congo. Disponível em: < <http://migre.me/8lbKH>>. Acesso em 02/03/2012
3. DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L. C. A. Resíduos Sólidos de Curtumes como Adsorventes para a Remoção de Corantes em Meio Aquoso. *Química Nova*, v. 28, n. 3, 2005.
4. FU, Y.; VIRARAGHAVAN, T. Column studies for biosorption of dyes from aqueous solutions on immobilised *Aspergillus niger* fungal biomass. *Water SA*, v. 29, 2003.
5. KUNZ, A. *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, p. 78-82, 2002.
6. ROBINSON, T.; CHANDRAN, B.; NIGAM, P. Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncob and barley husk. *Environment International*, v. 28, p. 29 – 33, 2002.