OBTENÇÃO DE COMPOSITOS MULTIFUNCIONAIS UTILIZANDO RECICLAGEM DE ISOPOR: ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO

T. H. da Silva (IC)*, B. F. Ferreira (IC), E. H. de Faria (PG), K. J. Ciuffi (PQ), P. S. Calefi (PQ)

Universidade de Franca, Av. Dr. Armando Salles Oliveira, 201,

PQ. Universitário, CEP: 14404-600, Franca, SP, Brasil

****Rua Dr. Fernando Costa, PQ Universitário, 501, APTO 6, CEP: 14404-623, Franca, SP, Brasil***

tiagohonoratosilva@hotmai.com

Resumo

A indústria têxtil é um exemplo de setor no qual é alto o risco de contaminação do meio ambiente se seus resíduos forem despejados em recursos hídricos. Outro setor gerador de resíduos é a indústria de isopor que é empregado em diversas áreas na produção de embalagens. Atualmente há uma busca constante pelo desenvolvimento sustentável como reciclagem de materiais e diminuição de poluentes residuais, assim o presente trabalho visa promover a reciclagem do isopor e posteriormente utilizá-lo na obtenção de um compósito caulim-isopor para aplicação como adsorvente de azul de metileno proveniente de efluentes de indústrias têxteis. A adsorção é estudada em sistema de coluna, explorando as propriedades adsortivas do caulim, como elevada área superficial e as propriedades estruturais e químicas.

Os materiais foram caracterizados por análise termogravimétrica, difração de raios X e espectroscopia de absorção na região do ultravioleta visível.

Palavras-chave: caulim, adsorção, reciclagem do isopor.

Palavras-chave: caulim, adsorção, reciclagem do isopor.

2. Introdução

2.1 – Indústria têxtil e seus corantes

Atualmente um dos maiores problemas enfrentados pela sociedade moderna é a poluição ambiental, sendo os recursos hídricos um dos setores mais preocupantes e prejudicados, pois com o crescimento e desenvolvimento industrial cada vez mais ocorre a contaminação das águas.

Dentre os diversos segmentos industriais, destacam-se as indústrias de tintas, papéis e têxteis, onde as mesmas utilizam corantes para tingir seus produtos e também consomem um volume substancial de água resultando em uma quantidade considerável de resíduos coloridos. Os efluentes destas, se não tratados convenientemente antes de serem lançados em corpos hídricos, são capazes de atingir reservatórios e estações de água, sendo a preocupação ecológica mais emergente [1].

Corantes são compostos orgânicos que possuem a propriedade de absorver luz visível seletivamente, devido à presença de grupos cromóforos tais como nitro, nitroso, azo, carbonila, etc. Do ponto de vista ambiental, a remoção de corantes sintéticos presentes em efluentes industriais é de grande interesse uma vez que alguns corantes e seus produtos de degradação podem ser carcinogênicos [2,3], consequentemente, seu tratamento não pode depender somente da biodegradação.

2.2 – Adsorção

Várias tecnologias têm sido desenvolvidas e utilizadas para remoção dos contaminantes das águas residuais do corante, incluindo adsorção, coagulação/floculação, processos de oxidação avançada, ozonização, filtração e o tratamento biológico [4]

Adsorção tem sido reconhecida como o tratamento mais popular processo para a remoção dos corantes em solução aquosa com as vantagens da eficiência elevada, operação simples e fácil recuperação e reutilização do adsorvente. Adsorção em carvão ativado mostra alta eficiência na remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos, incluindo os corantes e pigmentos. No entanto, a utilização deste adsorvente no tratamento de águas residuais é ainda limitada devido ao seu alto custo e dificuldade em regeneração.

Muitos materiais alternativos adsorventes têm sido estudados para remover corantes de meios aquosos, onde se tem se destacado os argilominerais [4], devido

ao seu custo baixo, a disponibilidade abundante, não-toxicidade e potencial de troca iônica, como a caulinita [5], montmorilonita [6], esmectita [7], bentonita [8] e zeólita [9].

2.3 – Caulim

Dentre os adsorventes mais utilizados nas indústrias, os argilominerais se destacam devido a variedade de propriedades estruturais e de superfície, estabilidade química elevada, elevada área superficial específica e alta capacidade de adsorção [10]. O caulim é um ótimo exemplo, pois o mineral majoritário que o constitui é a caulinita com a fórmula $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ e é do tipo 1:1. Os argilominerais do tipo 1:1 ou TO são formados a partir da junção das folhas tetraédricas de silício (T) e octaédricas de alumínio (O). As lamelas se mantêm unidas pelo compartilhamento de átomos de oxigênio comuns, dando origem à estrutura do argilomineral. A estrutura da caulinita (Figura 1) pode ser descrita como resultante da deposição de 2 mol de gibbsita (variedade polimórfica do $Al(OH)_{3)}$ sobre dois mol de sílica, mantendo-se as estruturas dos dois compostos. [11-13]

2.4 – Poliestireno Expandido – EPS (Isopor).

O isopor ou EPS (do inglês *expanded polystyrene*) é um plástico derivado do petróleo e “100% reciclável”. O termo expandido refere-se à expansão sofrida pelas cápsulas de estireno – pérolas de 0,4 a 2,5 mm de diâmetro, podendo ser ampliadas até 50 vezes, quando em uma câmara hermeticamente fechada e aquecida, aplicando-se o vácuo. As cápsulas expandem-se e moldam-se ao recipiente em que foram colocadas e como este recipiente está sob calor, suas esferas expandidas aderem-se umas às outras, formando um objeto leve e com relativa dureza [14-16].

Sua estrutura plástica feita de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao isopor um grande poder isolante. Ele também possui características como: leveza; resistência; boa impermeabilidade; maleabilidade para o manuseio; versátil; higiênico; cria boa apresentação ao produto; econômico; tem sua forma completamente adaptável ao produto [15].

Por outro lado, apesar de tantas características favoráveis com relação ao isopor e sua reciclabilidade de 100%, o isopor é um material derivado do petróleo e sendo assim não é produzido a partir de matéria prima renovável, desta forma a

reciclagem torna-se uma solução ambiental necessária e economicamente viável para a redução do numero de resíduos.

2.5 – Compósitos Polímero-Argila

Tradicionalmente, os materiais poliméricos têm sido preenchidos com materiais sintéticos e/ou naturais, compostos inorgânicos a fim de melhorar suas propriedades ou ainda para redução de custos. Tais materiais estão dispostos na forma de partículas (por exemplo, carbonato de cálcio, argilas ou sílica), fibras (por exemplo, fibras de vidro) ou em forma de lâminas (por exemplo, mica) sendo amplamente utilizados em várias áreas [17].

Materiais compósitos podem ser definidos como materiais formados de dois ou mais constituintes com distintas composições, estruturas e propriedades e que estão separados por uma interface. O objetivo principal em se produzir compósitos é de combinar diferentes materiais para produzir um único dispositivo com propriedades superiores às dos componentes unitários. Dessa forma, compósitos com finalidades ópticas, estruturais, elétricas, opto-eletrônicas, químicas e outras são facilmente encontrados em modernos dispositivos e sistemas.

3 Objetivo

Levando em consideração o alto poder de contaminação ambiental dos corantes têxteis e o enorme volume gerado pelo descarte de poliestireno expandido (isopor), o presente trabalho tem como objetivo a obtenção de compósitos a base de caulim e isopor, visando à reciclagem do isopor na obtenção de um compósito, economicamente viável, para a adsorção em sistema de coluna do corante azul de metileno, minimizando o impacto ambiental provocado tanto por esse corante quanto pelo isopor.

4. Metodologia de trabalho

Inicialmente 15 g de isopor foram dissolvidos em 10 mL de acetona, originando uma massa de polímero viscoso. Após o isopor ter sido dissolvido, 5g da massa viscosa foi misturada mecanicamente com 5g de caulim (CA), após o material estar homogêneo foi seco em estufa a 60°C. O material obtido foi nomeado CA-ISO.

Foi preparada uma solução estoque de 800 ppm dissolvendo 80,3 mg de azul de metileno e transferindo quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL.

Dessa solução foram obtidas as demais soluções com concentrações de 0,5, 1, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 250, 300 e 500 ppm.

As colunas utilizadas foram preparadas em pipetas de Pasteur, carregadas com 300 mg do compósito caulim-isopor em cada coluna previamente preparada.

Foi elaborada uma curva padrão com as soluções conhecidas para quantificação das amostras após a eluição no adsorvente utilizando um aparelho de espectroscopia da absorção na região do ultravioleta visível e software apropriado.

Foi eluido água destilada para compactar o adsorvente das colunas e em seguida as soluções de azul de metileno foram eluidas obtendo assim amostras com concentrações desconhecidas. Essas amostras foram quantificadas utilizando a curva padrão obtida.

5. Resultados e Discussão

5.1. Análise Térmica

As curvas TG/DTG do caulim e do compósito CA-ISO obtidas são apresentados abaixo.

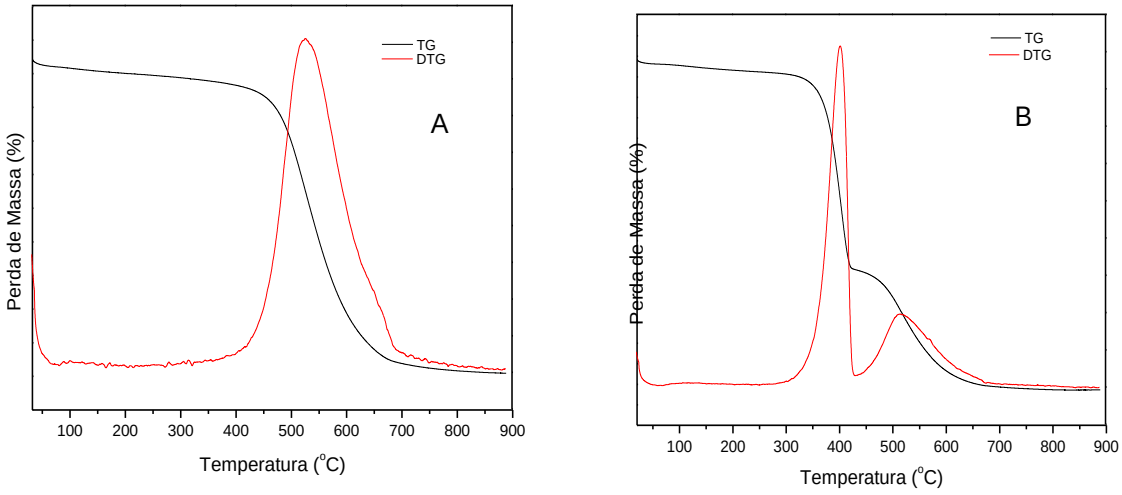

Figura 1: Curvas TG/DTG do caulim (A) e do compósito Ca-ISO (B).

Analisando as curvas TG/DTG é possível afirmar que o compósito foi formado, pois na curva TG/DTG do caulim há apenas uma perda de massa significativa que é referente à desidroxilação do caulim com porcentagem de perda de 13,86% e perda máxima centrada em 525ºC. Por outro lado, na curva TG/DTG do

compósito CA-ISO foram observadas duas perdas de massa; a primeira, com máximo centrado em 404ºC, é atribuída à decomposição do isopor e equivale a 21,47%; a segunda, centrada em 512ºC, é atribuída a material orgânico remanescente e a desidroxilação do caulim, correspondendo 12,22% de perda.

5.2 – Espectroscopia de absorção na região do ultravioleta visível

Os espectros de absorção na região do ultravioleta visível obtidos das amostras após a eluição no adsorvente estão apresentados na Figura 2.

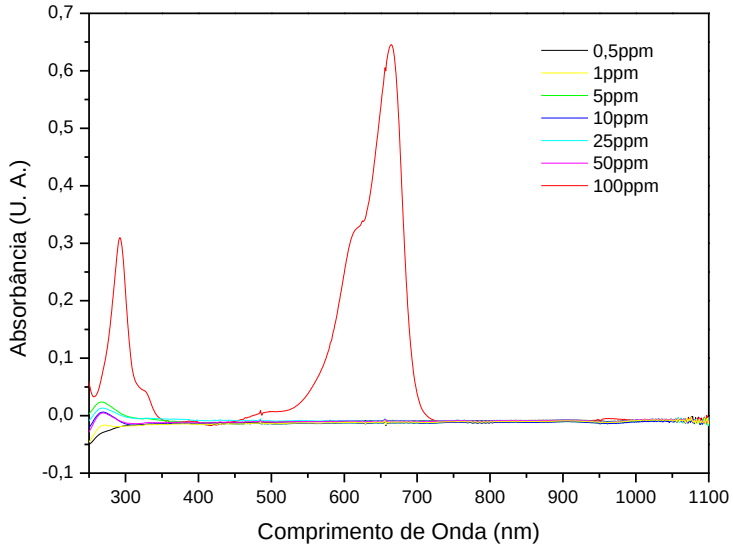

Figura 2: Espectros de absorção na região do ultravioleta visível

Foi observado que nas amostras até 50 ppm o compósito conseguiu adsorver praticamente todo o azul de metileno das soluções, já para as amostras acima de 100 ppm houve a adsorção porém não totalmente, saturando o adsorvente.

Para quantificação da concentração adsorvida pelo compósito das amostras foi utilizada uma curva de calibração que é apresentada na Figura 3.

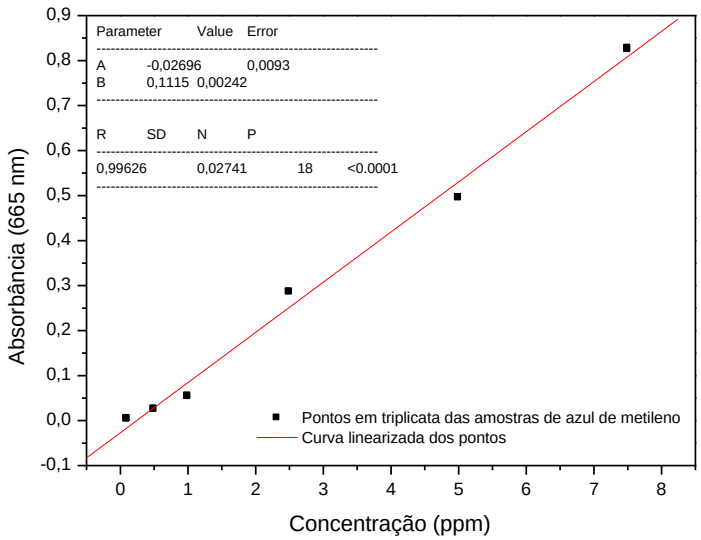

Figura 3: Curva de calibração de azul de metileno

Os resultados obtidos após analisar as soluções eluidas com base na curva padrão de concentração são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1: Resultados após a eluição das soluções no compósito.

Concentração inicial (ppm)	Concentração após eluição (ppm)	Porcentagem de remoção (%)
0,5 ppm	7,81 x10^{-2}	84,4
1 ppm	8,26 x10^{-2}	91,7
5 ppm	3,73 x10^{-2}	99,3
10 ppm	3,63 x10^{-2}	99,6
20 ppm	3,80 x10^{-2}	99,8
25 ppm	3,14 x10^{-2}	99,9
50 ppm	8,77 x10^{-2}	99,8
100 ppm	4,76	95,2
200 ppm	47,2	76,4
250 ppm	79,0	71,9
300 ppm	113	62,1

Analisando os resultados obtidos verificou-se que em todas as concentrações foi adsorvido azul de metileno com uma porcentagem na ordem de 90% até a concentração de 100 ppm, o que mostra que o compósito CA-ISO é eficiente, porém

acima de 100 ppm houve uma queda na porcentagem, mas mantendo uma porcentagem considerável na ordem de 65%. Como há uma dificuldade de se trabalhar com caulim em sistemas de adsorção em coluna, devido ao fato que o caulim em contato com meios líquidos empacota impermeabilizando a coluna, os resultados obtidos são promissores e satisfatórios, pois aliam a eficiência do caulim como adsorvente e o método de coluna que é muito interessante industrialmente.

Para o cálculo da capacidade de adsorção (Q) do compósito caulim-isopor dividiu-se a quantidade total de corante adsorvido pela coluna (mg) pela quantidade do compósito utilizada na adsorção (g). Os resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 2: Resultados do cálculo da capacidade de adsorção do compósito.

Amostra	Capacidade de adsorção (mg de azul de metileno/ g de CA-ISO)
0,5 ppm	$1,41 \times 10^{-2}$
1 ppm	$3,06 \times 10^{-2}$
5 ppm	$1,65 \times 10^{-1}$
10 ppm	$3,32 \times 10^{-1}$
20 ppm	$6,65 \times 10^{-1}$
25 ppm	$8,32 \times 10^{-1}$
50 ppm	1,66
100 ppm	3,18
200 ppm	5,09
250 ppm	5,69
300 ppm	6,21

O gráfico abaixo apresenta a curva da capacidade de adsorção do compósito CA-ISO.

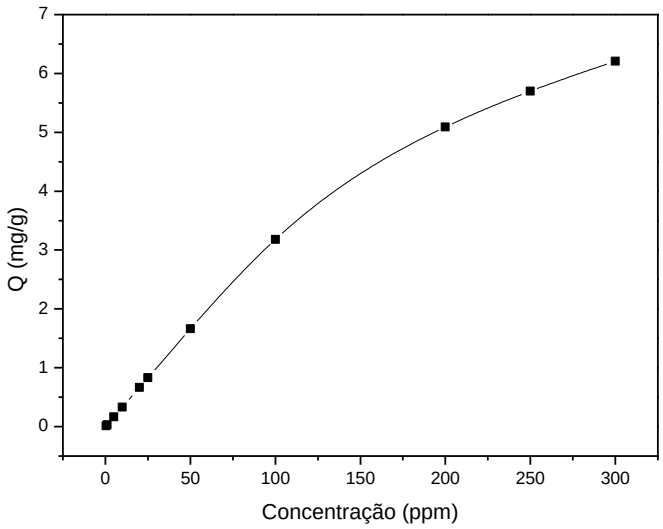

Figura 4: Isoterma de adsorção Q (mg de azul de metileno adsorvido/g de compósito utilizado)

A Figura 4 demonstra que nas concentrações acima de 100 ppm o adsorvente tende a saturação.

É de suma importância salientar que o trabalho foi realizado em um sistema de adsorção em coluna utilizando caulim-isopor como material adsorvente, o que atualmente é pouco estudado. A dificuldade de se trabalhar com caulim em sistemas de coluna é que o mesmo possui baixa granulometria, impermeabilizando a coluna não deixando eluir soluções de absorbato.

6. Conclusão

Mediante as técnicas de caracterização foi observado que o isopor foi incorporado no caulim formando o compósito CA-ISO. Devido a esse fato o trabalho desenvolvido abrange, e muito, a reciclagem do isopor no Brasil, pois como já dito anteriormente, o isopor gera um grande volume, e quando incorporado no caulim, formando um compósito, torna-se um material economicamente viável, de grande aplicabilidade.

Considerando o aumento significativo no consumo de Isopor® (EPS) nas mais diversificadas áreas, a reciclagem e reutilização deste material como carga em compósitos com caulim se tornam rotas alternativas viáveis para a redução dos resíduos depositados em lixões ou aterros sanitários, visando à melhoria das

propriedades da carga mineral como dispersão e homogeneidade, além de aumentar o ciclo produtivo dos materiais baseados no isopor, bem como a sua recuperação para reaproveitamento como matéria prima.

A espectroscopia de absorção na região do ultravioleta visível mostrou que o compósito obteve resultados promissores na adsorção em coluna de azul de metileno, rota bem interessante para aplicação industrial. Como o azul de metileno é um corante que apresenta uma baixa biodegradabilidade e um significativo potencial tóxico e carcinogênico, os resultados obtidos mostram que o compósito Ca-ISO como adsorvente para o mesmo é uma via interessante. Outro fator interessante que foi verificado foi que o presente trabalho associou a adsorção em coluna com o caulim (CA-ISO), até então pouco estudado devido à dificuldade como já dito anteriormente.

O azul de metileno foi utilizado para estudo inicial do sistema de adsorção em coluna utilizando o compósito CA-ISO como adsorvente para posterior estudo de outros corantes, sendo que as indústrias têxteis utilizam diversos outros correntes.

Vale citar ainda que em a maior parte de trabalhos realizados relatam o uso de argilas catiônicas, que possuem cargas interlamelares, facilitando a adsorção e em nosso caso conseguimos boa eficiência com um argilomineral neutro do tipo TO.

7. Referências Bibliográficas

[1] dos Reis, F. A., Serrano, L., Caporalin, C. B., Pastre, I. A. 05448

[2] Oliveira, D. P., Carneiro, P. A., Sakagami, M. K., Zanoni, M. V. B., Umbuzeiro, G. A. Mutation Research 626 (2007) 135-142

[3] de Lima, R. O. A., Bazo, A. P., Salvadori, D. M. F., Rech, C. M., Oliveira, D. P., Umbuzeiro, G. A., Mutation Research 626 (2007) 53-60

[4] Vimonsesa,V., Lei, S., Jina, B., Chow, C., W. K., Saint, C., Chemical Engineering Journal 148 (2009) 354–364

[5] Kamel, M. M., Youssef, B. M., Kamel, M. M., Dyes Pigments 15 (1991) 175–182.

[6] Wang, C. C., Juang, L. C., Hsu, T. C., Lee, C. K., Lee, J. F., Huang, F. C., J. Colloid Interf. Sci 273 (2004) 80–86.

[7] Tonle, I. K., Ngameni, E., Tcheumi, H. L., Tchieda, V., Carteret, C., Walcarius, A. Talanta 74 (2008) 489–497.

[8] Ozcan, A. S., Erdem, B., Ozcan, A. J. Colloid Interf. Sci 280 (2004) 44–54.
[9] Ozdemir, O., Armagan, B., Turan, M., Celik, M., Dyes Pigments 62 (2004) 49–60.
[10] Ozcan, A. S., Erdem, B., Ozcan, A., Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects 266 (2005) 73–81.
[11]. Coelho, A. C. V.; Santos, P. S.; Santos, H. S. Quim. Nova 30, (2007) 1282
[12]. Maiti, P.; Batt, C. A.; Gianellis, E. P. Biomacromolecules.8, (2007) 3393
[13]. Detellier, C.; Tonlé, I. K.; Diaco, T.; Ngameni, E.Chem. Matter. **(No Prelo)**
[14]http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor_-_o_impacto_no_meio_ambiente.html ultimo acesso em31/01/2011
[15]http://5rdesign.wordpress.com/tag/isopor/ ultimo acesso em 31/01/2011
[16]http://www.plastivida.org.br/2009/Projetos_Repensar.aspx ultimo acesso em 31/01/2011
[17] S. Pavlidoua, C.D. Papaspyridesb, Progress in Polymer Sci. 33 (2008) 1119
[18] Neto, A. F. A., Kleinubing, S. J., da Silva, M. G. C., Rodrigues, M. G. F. XI Encontro Latino Americano de Iniciação Cientifica

Abstract

There is high risk of environmental contamination by the textile industry if the generated waste is disposed into water streams and rivers. Another sector responsible for the generation of large amounts of waste is the styrofoam industry, since styrofoam is employed in various areas for packaging production. Therefore, today there is constant search for sustainable economic growth by means of materials recycling and reduction of residual pollutants. In this context, the present work aims to promote styrofoam recycling with its further utilization in the production of a kaolin-styrofoam composite for application as adsorbent of methylene blue originated from textile industry effluents. This adsorption is investigated in a column system, by exploiting the adsorptive properties of kaolin, such as large surface area and chemical and structural characteristics.

The obtained materials were characterized by thermogravimetric analysis, X-ray diffraction, and UV-visible absorption spectroscopy.

Keywords: Kaolin, adsorption, styrofoam recycling