

USO DE MEMBRANAS CERÂMICAS PARA SEPARAÇÃO DE ÍNDIGO EM EFLUENTE DA INDÚSTRIA TÊXTIL

R. C. O. LIMA¹, H. L. LIRA², G. A. NEVES², M. C. SILVA², K. B. FRANÇA³,

^{1,2} Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia de Materiais. Rua. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande-PB. CEP 58.429-140

³ Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Química. Rua. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande-PB. CEP 58.429-140

rosacolima@yahoo.com.br

RESUMO

A produção de tecidos é um dos setores que mais aquece a economia nacional, destacando-se a produção de jeans. Durante a etapa de tingimento, na fabricação de jeans, é gerada uma grande quantidade de efluente rico em índigo, um corante vat de forte coloração azulada que quando lançado diretamente no ambiente é responsável por vários impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi estudar o uso de membranas cerâmicas de microfiltração para separação de índigo em efluentes da indústria têxtil. Inicialmente as membranas cerâmicas foram caracterizadas quanto ao tamanho dos poros e fluxo tangencial. Foi produzida uma solução de índigo cuja composição e concentração reproduzia o efluente de tingimento da indústria têxtil. A solução foi caracterizada e passada através das membranas por fluxo tangencial, aplicando-se uma pressão de 3 Bar. Ao final dos testes verificou-se que 99% do índigo foi retido.

Palavras-chave: Membrana cerâmica, tratamento de efluente, indústria têxtil.

1 INTRODUÇÃO

Membrana é a barreira semipermeável, que sob determinada força motriz, permite a passagem preferencial de uma ou mais espécies ou componentes presentes numa certa mistura (HSIEH, 1996). De maneira geral os processos de separação com membranas são extremamente simples do ponto de vista operacional em relação a outros processos de separação. Os sistemas são modulares e os dados para o dimensionamento de uma planta podem ser obtidos a partir de equipamentos pilotos operando com módulos de membrana de mesma dimensão daqueles utilizados industrialmente. Além disso, a operação dos

equipamentos com membranas é simples e não intensiva em mão-de-obra (GEAFILTRATION, 2009).

As membranas cerâmicas apresentam diversas vantagens em relação às membranas orgânicas. Podem ser aplicadas a altas temperaturas, até 600°C. Podem ser utilizadas em ambientes com larga faixa de pH, bem como na presença de vários solventes orgânicos, ampliando assim suas possibilidades de aplicações. Por serem imunes ao ataque biológico, minimizam a possibilidade de que microrganismos fiquem incrustados e se multipliquem na superfície da membrana durante o processo de separação (SILAVA, 2009).

Apesar da fragilidade característica dos materiais cerâmicos, se forem manuseadas corretamente prevenindo o impacto direto sobre elas, as membranas cerâmicas apresentam maior vida útil que as membranas poliméricas, dentre outros fatores pela facilidade de limpeza e manutenção. Membranas cerâmicas podem ser facilmente limpas por processos químicos agressivos, utilizando-se calor e vapor, o que permite a limpeza em serviço sob condições de fluxo pulsado reverso (FONTES, et al, 2005). Graças a essas propriedades as membranas cerâmicas podem ser utilizadas no tratamento de diversos efluentes industriais, inclusive da indústria têxtil.

A produção de tecidos envolve as etapas de fiação, tecelagem e beneficiamento. O processo de fiação consiste na transformação do algodão, que é a matéria prima em questão, em fios, os quais ficam armazenados até se iniciar o processo seguinte que é o de tecelagem, onde os fios crus, ou tingidos, são tramados de forma a constituírem tecidos. Essas duas etapas ocorrem a seco e, em função disso não apresentam geração de efluentes líquidos (ANTONIALI, et al., 2009). É durante a etapa de beneficiamento que se concentra a geração de resíduos líquidos devido à utilização de grande quantidade de água durante todos os momentos desta etapa. Destas etapas destaca-se, porém, o tingimento, já que é a responsável por lançar ao ambiente grandes quantidades de corante.

Um dos corante mais utilizado na indústria têxtil é o índigo, este é empregado no tingimento do denim para fabricação do jeans, um dos tecidos mais vendidos em todo o mundo. O Índigo é um corante azul, extraído da fermentação das folhas de várias espécies de anileiras como a *Indigofera tinctoria*. (GORINI, 1999).

A indústria têxtil representa 20% da economia nacional, mas o consumo excessivo de água e a geração de grandes quantidades de resíduo, desde fibras não-processadas até efluentes líquidos ricos em corantes, detergentes e amaciantes, têm sido uma das preocupações do setor (FORNARI, 2002).

Durante o tingimento do jeans, aproximadamente 15% das substâncias corantes é perdida e lançada diretamente nos corpos hídricos, muitas vezes sem tratamento adequado. Apesar da concentração de corante em águas residuais ser geralmente baixa, sua coloração forte torna-se visível (PANTELIS, et al., 2006). Mesmo em concentrações baixas, o índigo causa grandes impactos ambientais, e a remoção da coloração dos efluentes torna-se um desafio para o setor. A elevada estabilidade biológica do corante dificulta sua degradação pelos sistemas de tratamento convencionais, geralmente lodo ativado.

O objetivo deste trabalho foi estudar a separação de índigo em efluente da indústria têxtil através de membranas cerâmicas de microfiltração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas neste trabalho membranas cerâmicas de micro filtração, fabricadas com resíduo de granito. Foram utilizadas membranas com diâmetro equivalente médio dos poros de 0,14 μm e 0,60 μm , chamadas respectivamente de membranas tipo 1 e tipo 2. As membranas foram caracterizadas por micrografia eletrônica de varredura, porosimetria por intrusão de mercúrio e fluxo tangencial com água deionizada a pressão de 3 Bar.

Foi prepara uma solução de índigo simulando as condições do efluente da indústria têxtil. A solução foi preparada inicialmente com água deionizada e índigo em pó na concentração 0,25g/L. A seguir foi adicionado hidróxido de sódio (NaOH 1N) até a mistura obter pH igual a 12. Sob agitação foi adicionado hidrosulfito de sódio ($\text{N}_2\text{S}_2\text{O}_4$) na proporção 1:1 obtendo-se a forma leuco-índigo, a mistura foi mantida em agitação em agitador magnético por 1 h até iniciar a reoxidação do índigo, quando então foi mantida em repouso por 24h horas até obter a oxidação total.

A solução de índigo foi caracterizada quanto a distribuição de tamanho de partículas em granulômetro a laser modelo 1064 da CILAS e passada através das membranas em fluxo tangencial e o permeado foi caracterizado quanto à concentração de partículas de índigo em espectrofotômetro da Bioespectro modelo SP220 e quanto à turbidez em turbidímetro portátil, marca Hach, modelo 2100P.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 1a e 1b apresentam as micrografias eletrônicas da seção transversal das membranas tipo 1 e tipo 2 com ampliação de 1000 vezes.

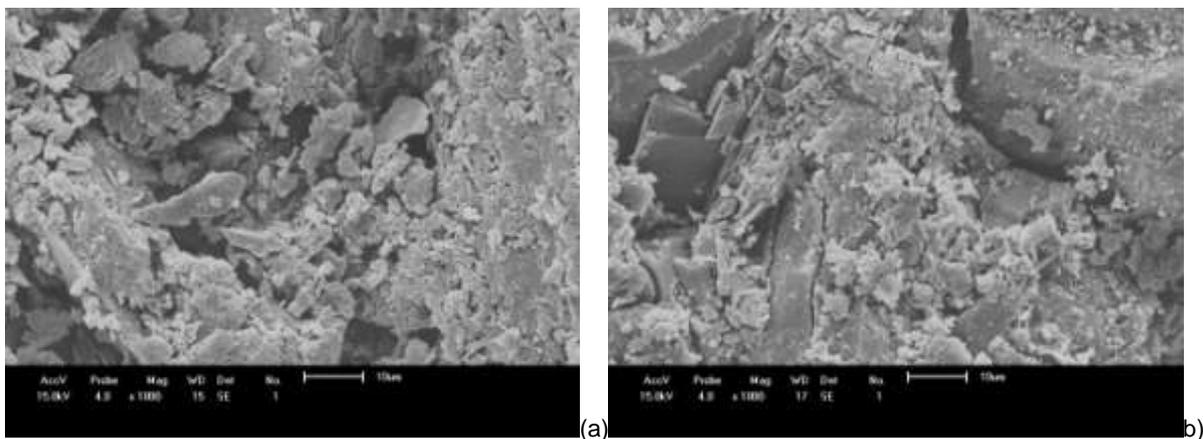


Figura 1 – Micrografias eletrônicas de varredura da seção transversal das membranas tipo 1 (a) e tipo 2 (b), com ampliação de 1000 x.

Observando as micrografias da Figura 1, é possível perceber a presença de poros na seção transversal das membranas e a formação de fases cristalinas. É possível perceber ainda a ausência de falhas e trincas. A partir das imagens, porém, não é possível precisar o tamanho dos poros.

A Figura 2 apresenta a distribuição de tamanho de poros das membranas tipo 1 e tipo 2.

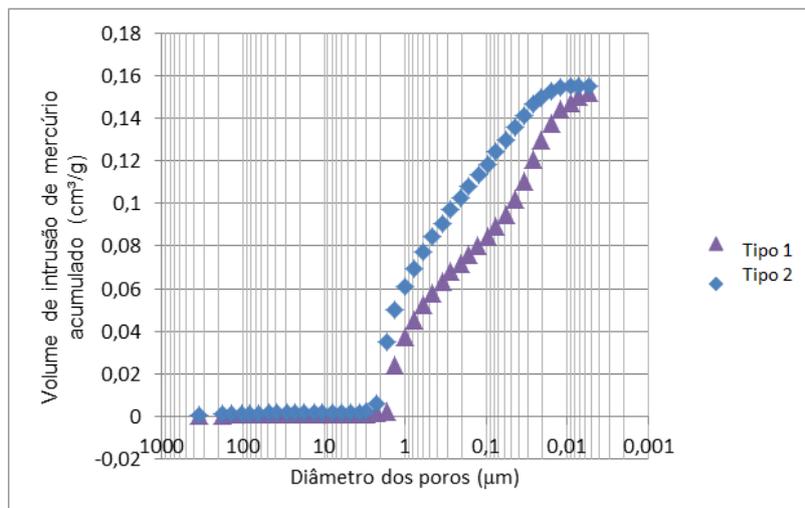


Figura 2 - Variação do diâmetro dos poros em função do volume de intrusão de mercúrio acumulado nas membranas

Analisando a Figura 2 verificou-se que a distribuição de tamanho de poros foi semelhante para ambas as membranas estudadas. A intrusão de mercúrio, começou a partir dos poros de 2 µm e completou-se nos poros de 0,05 µm, percebendo-se, assim que as membranas da tipo 1 e tipo 2 apresentaram uma larga distribuição de diâmetro equivalente de poros. Observou-se ainda que houve maior intrusão de mercúrio para as membranas tipo 2 que apresentaram maior diâmetro equivalente médio dos poros. As membranas tipo 1 apresentara diâmetro equivalente médio dos poros igual a 0,14 µm e as membranas tipo 2 apresentara diâmetro equivalente médio dos poros igual 0,60 µm, ambas foram caracterizadas como membranas de microfiltração. Segundo Lima, et al, (2011), isso se deveu a composição das membranas e o processo de fabricação das mesmas.

A Figura 3a e 3b apresenta as medidas de fluxo tangencial com água deionizada através das membranas tipo 1 e tipo 2, respectivamente. Foi empregada a pressão de trabalho igual a 3 Bar.

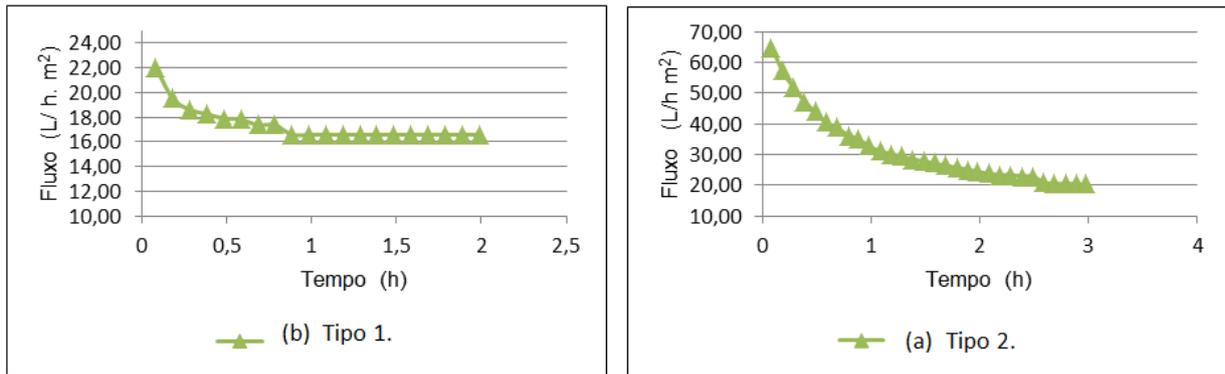


Figura 3 – Medidas de fluxo tangencial com água deionizada J_0 através das membranas tipo 1(a) e tipo b (2).

Analisando as Figuras 3a e 3b, observou-se que as membranas tipo 1 apresentaram fluxo tangencial com água deionizada J_0 igual a 16,5 L/h.m² e as membranas tipo 2 apresentaram fluxo J_0 igual a 20,2 L/h.m². As membranas tipo 2 apresentaram fluxo maior que as membranas tipo 1, esse comportamento era esperado, já que as membranas tipo 2 apresentaram diâmetro equivalente médio dos poros maior que as membranas tipo 1.

Na Tabela 1, são apresentados os diâmetros nominais das partículas de índigo suspensas na solução.

Tabela 1 – Diâmetros nominais equivalentes das partículas de índigo suspensas na solução.

Dados	Diâmetro das Partículas (μm)
D 10%	0,26
D 50%	1,43
D 90%	5,43
D Médio	2,20

Analisando a Tabela 1, observou-se que 10% das partículas apresentaram diâmetro nominal equivalente inferior a 0,26 μm . 50% das partículas apresentaram diâmetro inferior a 1,43 μm e 90% apresentaram diâmetro equivalente inferior a

5,43 μm . O diâmetro equivalente médio das partículas foi 2,20 μm . O índigo presente na solução apresentou diâmetro equivalente de partículas relativamente grande, superior a 1,0 μm e, portanto, apropriado para filtração com membranas de microfiltração.

A Figura 4 apresenta o fluxo da solução de índigo através das membranas tipo 1 e tipo 2.

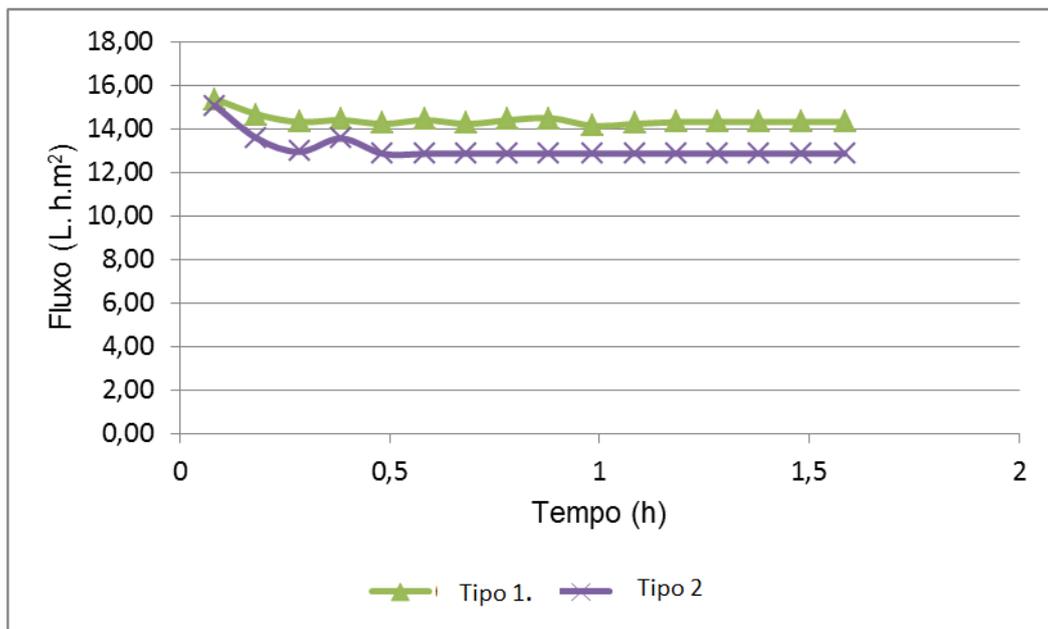


Figura 4 – Fluxo da solução de índigo através das membranas tipo 1 e tipo 2

Observando a Figura 4, foi possível perceber uma redução significativa no fluxo através das membranas, em relação ao fluxo com água deionizada apresentado na Figura 4. As membranas tipo 1 obtiveram fluxo com solução de índigo J igual a 14,5 L/h.m², foi percebido uma redução no fluxo de 12,12 %, essa redução era esperada devido o entupimento dos poros pelas partículas de índigo. Esse comportamento também foi percebido nas membranas tipo 2, que tiveram uma redução no fluxo de 35,64%. Como as membranas tipo 2 apresentaram diâmetro equivalente médio dos poros maior que a membrana tipo 1, era esperado que sofresse mais entupimento, obtendo assim, uma redução maior no fluxo com a solução de índigo em relação à ao fluxo com água deionizada.

Os fluxos obtidos, tanto J_0 quanto J , foram considerados relativamente baixos para operações industriais, especialmente se comparados com outros resultados apresentados na literatura (ANTONIALI, et al., 2009; SILAVA, 2009), esse fato deveu-se especialmente à forma isotrópica das membranas com poros muito pequenos e porosidade baixa ao longo de toda a seção transversal das membranas, favorecendo à diminuição do fluxo.

A Tabela 2 apresenta os valores de turbidez e concentração de índigo da solução de índigo antes de passar pelas membranas (alimentação) e após passar pelas membranas (permeado).

Tabela 2 – Concentração de índigo e turbidez da solução de alimentação e do permeado.

Membrana	Concentração de índigo	Turbidez
Alimentação	0,25 g/L	>> 1000
Permeado/ Tipo 1	0,00	2,0
Permeado/ Tipo 2	0,00	4,2

Analisando os dados da Tabela 2, verificou-se que ambas as membranas estudadas conseguiram reter 100% das partículas de índigo, reduzindo também consideravelmente a turbidez no permeado. As membranas tipo 1 e tipo 2, foram portanto, consideradas eficazes quanto à separação de índigo.

4 CONCLUSÕES

A partir do estudo da separação de índigo utilizando membranas cerâmicas tubulares, foi possível concluir:

- As membranas tipo 2 apresentaram diâmetro equivalente médio dos poros maiores que as membranas tipo 1, e conseqüentemente maior fluxo tangencial.

- As membranas tiveram redução considerável no fluxo com a solução de índigo, o que evidenciou que houve o entupimento dos poros das membranas.
- As membranas tipo 1 e 2 retiveram 100% das partículas de índigo, assim foi constatada a eficácia das membranas quanto á separação de índigo.

5 REFERENCIAS

ANTONIALI, N.; OLIVEIRA, G. L.; VIDAL, C. M. Caracterização e Propostas de Tratamento para efluentes de Indústrias Têxteis, VII Semana de Engenharia Ambiental, junho de 2009, Irati.

FONTES, S. R.; QUEIROZ, V. S. M.; LONGO, E.; ANTUNES, M. V. Tubular microporous alumina structure for demulsifying vegetable oil/water emulsions and concentrating macromolecular suspensions. Separation and Purification Technology, 2005.

Fornari, M.; Araujo, L.; Saneamento Ambiental 2002, 85, 42.

GEAFILTRATION. Nanofiltração. Disponível em: <<http://www.geafiltration.com/portuguese/tecnologia/nanofiltracao.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

GORINI, A. P. F., o segmento de índigo. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 10, p. 313-334, set. 1999

HYUN, S. H.; KIM, G. T. Synthesis of ceramic microfiltration membranes for oil/water separation. Separation Science and Technology, Vol. 32, (18) 1997.

HSIEH, H. P., Inorganic membranes for separations and reaction. Hardcover, 1996.

PANTELIS, A. P.; NIKOLAS, P. X.; DIONISSIOS, M., Treatment of textile dyehouse wastewater by TiO₂ photocatalysis, Water Research, 40, 1276 – 1286, 2008.

SILVA, F. A., Desenvolvimento de Membranas Cerâmicas Tubulares a Partir de Matérias-Primas Regionais para Processo de Microfiltração. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB. 2009

USE OF CERAMIC MEMBRANES FOR SEPARATION OF EFFLUENT AT INDIGO TEXTILE INDUSTRY

The production of textiles is a important sectors of the national economy, especially the production of jeans. During the dyeing stage of the manufacturing of jeans, is generated a large amount of effluent filled with indigo. The indigo is a pigment vat with strong blue tinge that when released into the environment is directly responsible for various environmental impacts. The objective of this paper was to study the use of ceramic microfiltration membranes for separation of indigo in effluents from the textile industry. The ceramic membranes were characterized by pore size and tangential flow. It was produced indigo solution whose composition and concentration of the effluent reproduced the effluents from the textile industry. The solution was characterized and the membrane was tested with the solution through tangential flow. It was applied a pressure of 3 Bar. At the end of the tests it was found that 99% of indigo was retained.

Keywords: Ceramic membrane, wastewater treatment, textile industry