

## Obtenção de membrana cerâmica para tratamento de efluente da indústria têxtil

M. C. Silva\*, R. C. Oliveira, H. L. Lira, N. L. Freitas

Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais  
Avenida Aprígio Veloso, 882, 58429-900. Campina Grande, Paraíba.

(Recebido em 17/10/2013; revisado em 20/12/2013; aceito em 02/01/2014)  
(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

O aumento demasiado da poluição aquática devido ao lançamento indevido de efluentes sem tratamento adequado para descarte tem elevado a busca de pesquisadores no que diz respeito a um método de tratamento eficaz e de baixo custo desses efluentes, com intuito de amenizar os danos por eles causados ao meio ambiente. Dessa forma esse trabalho tem como objetivo a fabricação de membranas, com matérias primas de fácil acesso e de baixo custo, para o tratamento de efluentes da indústria têxtil. As membranas foram obtidas com *ball clay* e caulim, conformadas em geometria tubular, calcinadas a 1000°C e caracterizadas por retração dimensional, microscopia eletrônica de varredura, porosimetria e análises de fluxo com água dessalinizada. Os resultados obtidos demonstraram que as membranas atingiram retração linear de 3%, morfologia porosa isenta de defeitos, atingindo porosidade de 39 %, com diâmetro médio de poros de 0,164  $\mu\text{m}$  sendo classificadas para processos de microfiltração e fluxo de 35,8  $\text{kg/h.m}^2$  para água dessalinizada. As membranas foram aplicadas com sucesso para o tratamento de efluente da indústria têxtil alcançando fluxo de 23,62  $\text{kg/h.m}^2$ , turbidez de 1,79 UNT e percentual de rejeição de 100% das partículas sólidas.

**Palavras-chave:** Membrana cerâmica; microfiltração; efluente têxtil; poluição.

### Abstract:

The increase too much water pollution due to improper release of untreated effluent suitable for disposal has increased the search for researchers with respect to a method of treatment effective and low cost of these effluents in order to mitigate the damage they caused to the environment. Thus this study aims to manufacture membranes with raw materials for easy access and low cost for the treatment of effluents from the textile industry. The membranes were obtained with kaolin and ball clay, formed into tubular geometry, calcined at 1000°C and characterized by shrinkage dimensional scanning electron microscopy, and porosimetry analysis flow with desalinated water. The results showed that the membranes reached 3% linear shrinkage, defect-free porous morphology, reaching 39% porosity, average pore diameter of 0.164  $\mu\text{m}$  being sorted for microfiltration processes, achieving flow of 35.8  $\text{kg/h.m}^2$  for desalinated water. The membranes were applied successfully for the treatment of textile industry effluent stream reaching 23.62  $\text{kg/h.m}^2$ , turbidity of 1.79 NTU and percentage of 100% rejection of solid particles.

**Keywords:** Ceramic membrane; microfiltration; textile effluent; pollution.

### 1. Introdução

Diante dos mais variados danos ocorridos no meio ambiente nas últimas décadas, a poluição aquática tem destaque por acompanhar o crescimento população e industrial em todo mundo. Indústrias dos mais diversos setores têm efetuado seus descartes nos córregos receptores sem o tratamento prévio adequado acarretando em poluição aquática atingindo os seres vivos que neles habitam bem como a população que se alimenta desses animais.

Um dos setores que se destaca dentro dessa problemática é o setor têxtil. A intensa coloração dos corantes dos tecidos restringe a passagem de luz solar, reduzindo a atividade

fotossintética natural, desencadeando sérias alterações na biota aquática, além de provocar danos a fauna e a flora local e prejuízo à paisagem [1].

A legislação ambiental, cada vez mais rigorosa, está obrigando que os efluentes industriais sejam tratados antes do descarte, para evitar problemas ecológicos e toxicológicos. Faz-se cada dia mais necessário o desenvolvimento de tecnologias eficientes e baratas para o tratamento de efluentes contendo corantes [2].

A filtração por membrana é uma alternativa poderosa para tal tratamento visto ser um método rápido, simples e de baixo custo quando comparado aos métodos tradicionais. A aplicação desta tecnologia para o tratamento de efluentes industriais implica em econômica e vantagens ambientais [3].

\*Email: [mirelecsilva@hotmail.com](mailto:mirelecsilva@hotmail.com) (M. C. Silva)

Tanto as membranas orgânicas quanto as inorgânicas tem sido utilizadas para os mais amplos setores de tratamento de efluentes. As inorgânicas apresentam vantagens sobre as orgânicas por tolerar condições mais severas de operação por apresentar estabilidade térmica, química e mecânica [4].

As propriedades das membranas inorgânicas abrangem ainda durabilidade a altas temperaturas, resistência a ataque biológico e à esterilização a vapor, por isso sua contaminação por bactérias é pouco provável. Tal aspecto é altamente atrativo para a indústria alimentícia e farmacêutica [5].

Dentre as aplicações a que se destinam as membranas obtidas e apresentadas nos últimos anos por pesquisadores, podem ser citadas: tratamento e reutilização de água [6,7], separação de gases [8], separação água óleo [9], tratamento de água contendo metais pesados [10], microorganismos [11] e matéria orgânica natural [12], na indústria de laticínios [13] ou ainda na área médica em processos de hemodiálise [14].

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Materiais

As matérias primas utilizadas para fabricação das membranas foram *ball clay* e caulim.

### 2.2. Métodos

As matérias primas foram passadas em peneira, malha 200, (abertura 0,074 mm), nas proporções de (44:56)% de *ball clay* e caulim para um total de 1 Kg e levadas a um misturador durante 6 horas a fim de garantir a homogeneidade das mesmas. Após 6 horas foram adicionados água e aditivo líquido na quantidade ideal para que a massa adquirisse a textura adequada para a etapa de conformação em uma extrusora a vácuo.

A matriz utilizada na extrusora apresentava formato anelar, possibilitando dessa forma que as membranas extrudadas adquirissem formato tubular com 50 mm de comprimento útil, diâmetro interno de 7,2 mm e espessura de 1,5 mm. As peças extrudadas foram levadas a duas etapas de secagem. A primeira durante 7 dias a 25°C e uma segunda realizada em estufa a 100°C/24h. Após secagem as peças foram levadas à sinterização em forno elétrico obedecendo aos seguintes patamares: temperatura inicial de 25 a 400°C a uma taxa de aquecimento de 2°C/min, um segundo patamar de 400 a 700°C a uma taxa de aquecimento de 1°C/min e o último patamar de 700 a 1000°C a uma taxa de 3°C/min permanecendo a 1000°C durante 1 h.

#### 2.2.1. Caracterização da membrana

As membranas foram caracterizadas por análise dimensional por meio das medidas de suas dimensões com auxílio de um paquímetro digital utilizando a seguinte equação:

$$R = \left( 1 - \frac{D_q}{D_a} \right) \times 100\%$$

onde (R) é a retração da membrana (%); (Da) é a dimensão do diâmetro da membrana após a secagem em estufa e (Dq) é a dimensão do diâmetro da membrana após sinterização.

Foi realizada a microscopia eletrônica de varredura utilizando um microscópio eletrônico de varredura da Shimadzu, modelo SSX-550. Também foi efetuada a porosimetria através de um porosímetro de mercúrio modelo Autopore IV da marca Micromeritics e foram realizados os testes de fluxo com água dessalinizada com escoamento tangencial a 25°C.

Para avaliar a eficiência das membranas obtidas nesta pesquisa foi realizada a aplicação das mesmas em amostras de um efluente oriundo da etapa de tingimento de uma indústria têxtil localizada no pólo industrial de Fortaleza – CE.

## 3. Resultados e Discussão

A membrana desenvolvida no presente trabalho atingiu 3% de retração após sinterização a 1000°C. A retração alcançada está relacionada ao grau de densificação da membrana e isso reflete diretamente na estrutura, em termos de porosidade e tamanho dos poros.

A Figura 1 ilustra as imagens referentes a morfologia de diferentes superfícies da membrana, obtida por microscopia eletrônica de varredura.

Verificando a micrografia (a) é possível observar com clareza a morfologia porosa da membrana, com a presença de grãos com formatos de placas irregulares, distribuídos aleatoriamente com dimensões maiores que 2 μm. Apesar da observação da morfologia porosa, a micrografia não permite estimar com exatidão o tamanho dos poros e o grau de porosidade da membrana. A micrografia (b) possibilita uma melhor observação da ausência de defeitos como fissuras ou trincas na superfície da membrana. E a micrografia (c) ilustra a espessura de 1,40 mm da membrana.

A Figura 2 apresenta a curva referente à distribuição dos valores do diâmetro dos poros da membrana.

Observa-se de acordo com a Figura 2 que a curva apresenta a grande maioria dos valores de diâmetro dos poros variando entre 0,1 e 0,2 μm, o que caracteriza a membrana obtida para ser aplicada em processos de microfiltração. A alta temperatura atingida na etapa de sinterização, 1000°C, faz com que haja reações químicas entre o óxido de alumínio com os demais componentes presentes na *ball clay* e no caulim, acarretando em formação de fase líquida. Essa fase líquida por efeito de capilaridade penetra nos poros de menor diâmetro acarretando na diminuição dos mesmos, sobrando os poros de diâmetro maior.

Dessa forma a membrana obtida atingiu diâmetro médio de poro no valor de 0,16 μm com porosidade de 38,75%.

A Figura 3 exhibe os resultados de fluxo permeado pela membrana utilizando água dessalinizada e um efluente oriundo da indústria têxtil.

No que se refere ao comportamento das curvas, observa-se que foram semelhantes, tanto para o fluxo com água dessalinizada, quanto para o fluxo com o efluente da indústria têxtil. Para ambas, houve inicialmente um aumento do fluxo permeado, mas após alguns minutos de ensaio as duas

atingem os seus valores constantes que é tomado como referência para a membrana.

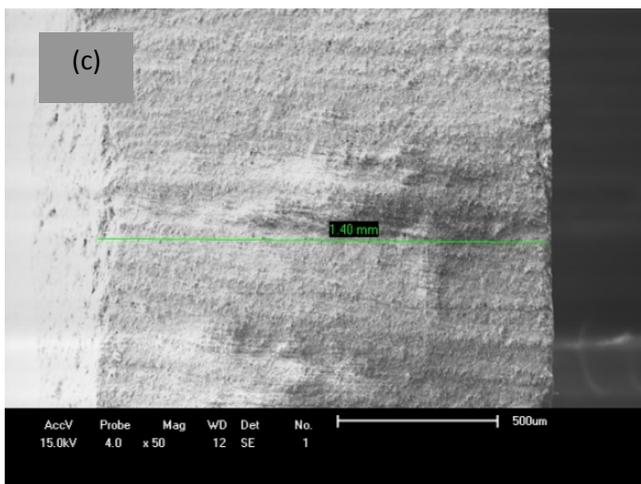
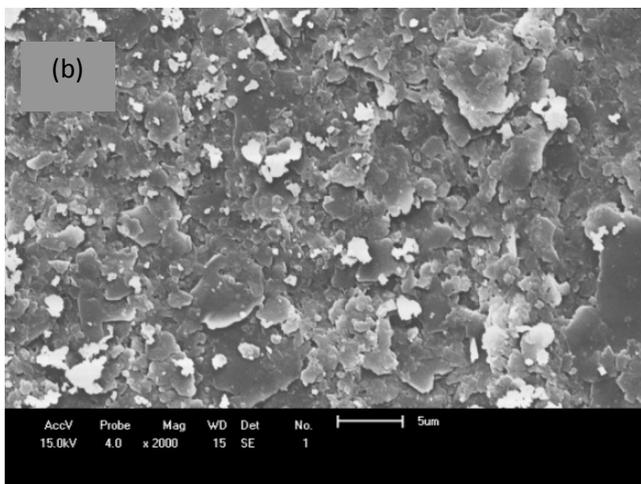
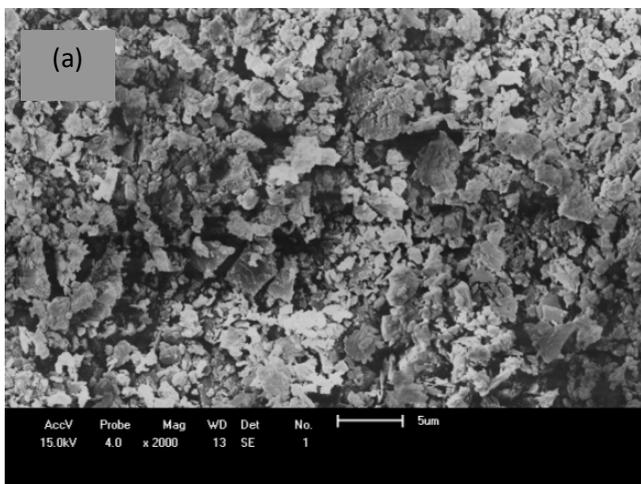


Figura 1. Micrografias das seções (a) transversal, (b) longitudinal e (c) espessura da membrana

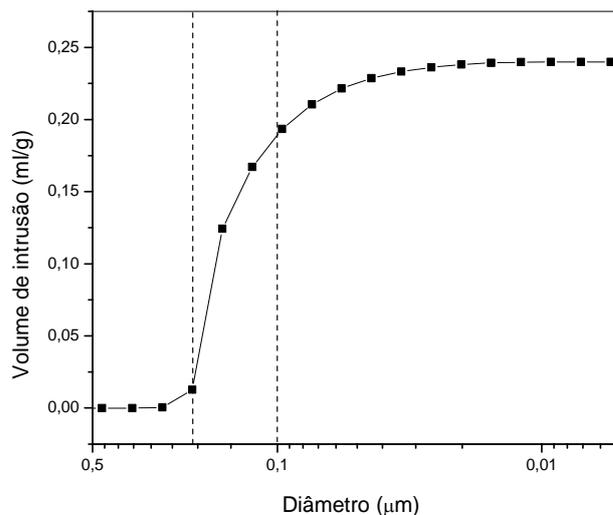


Figura 2. Variação do diâmetro dos poros em função do volume de intrusão de mercúrio acumulado na membrana

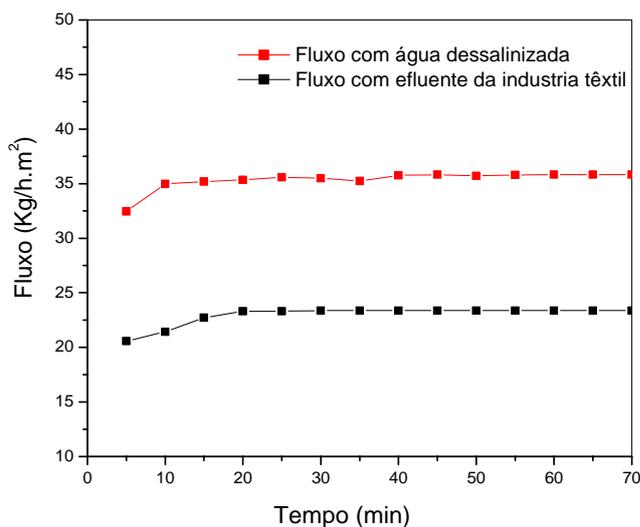


Figura 3. Fluxos permeados pela membrana com água dessalinizada e com o efluente da indústria têxtil

Os valores médios atingidos foram de 35,82 Kg/h.m<sup>2</sup> e 23,62 Kg/h.m<sup>2</sup> para o fluxo com água dessalinizada e para o efluente têxtil, respectivamente.

Observa-se que o fluxo com o efluente da indústria têxtil diminuiu quando comparado com o fluxo da água dessalinizada. Isto ocorreu devido às partículas em suspensão proveniente do efluente da indústria têxtil que apresenta tamanhos de partículas em torno de 0,26 µm, valor calculado por meio de análise granulométrica do efluente têxtil. Esse valor é muito próximo aos valores dos diâmetros dos poros da membrana, acarretando assim na formação de incrustações na superfície da membrana e obstrução de alguns poros.

A Figura 4 mostra o resultado de permeabilidade da membrana obtida por meio dos ensaios de fluxo com água dessalinizada para diferentes pressões.

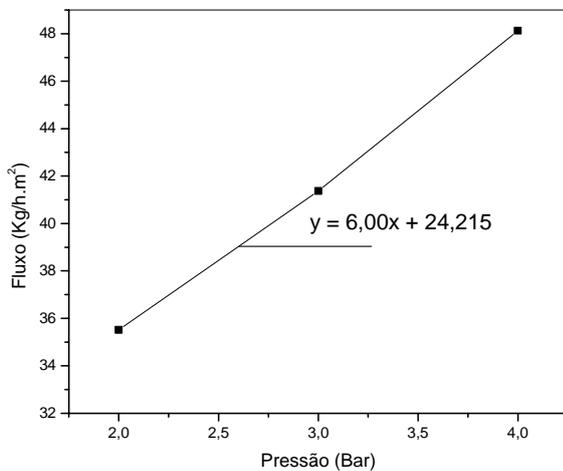


Figura 4. Fluxo de água dessalinizada em função da pressão aplicada para cálculo da permeabilidade

Do ponto de vista físico, a permeabilidade é o resultado de uma interação mecânica entre um fluido e as paredes dos poros. Para materiais porosos é a permeabilidade da fração volumétrica de poros, bem como do diâmetro médio dos poros [15].

Observa-se por meio da Figura 4 que o fluxo permeado através da membrana cresce com o aumento da pressão transmembrana. A permeabilidade da membrana, que é equivalente ao coeficiente angular da reta, foi de 6,00 Kg/h.m<sup>2</sup>.bar.

Quanto ao resultado de turbidez para o efluente industrial bruto e após permeação pela membrana, verificou-se que a membrana cerâmica foi eficiente na retenção das partículas sólidas presentes no efluente da indústria têxtil atingindo valor de 1,79 UTN após permeação do fluxo pela membrana, valor que para o efluente industrial bruto era acima de 1000 UTN. Algumas pesquisas [16,17] mostram que para atingir um resultado próximo ao resultado obtido nesse trabalho, de 1,79 UTN para um efluente também da indústria têxtil, pesquisadores necessitaram de membranas de ultrafiltração e de uma combinação de processos como coagulação/floculação. Isso comprova a eficiência da utilização de membrana cerâmica obtida com matérias primas de baixo custo para o tratamento do efluente da indústria têxtil.

#### 4. Conclusões

Com base nos resultados ilustrados no presente trabalho, conclui-se que é viável a utilização de matérias primas simples e de baixo custo, como *ball clay* e caulim, para fabricação de membranas cerâmicas, sendo essas, obtidas

conforme metodologia apresentada satisfatória para aplicação de efluente da indústria têxtil uma vez que essas atingiram exclusão total de partículas sólidas, com total descoloração e turbidez de 1,79 UTN.

#### Referências

- [1] Catanho, M., Malpass, G. R. P., Motheo, A. J. Avaliação dos tratamentos eletroquímicos na degradação de corantes têxteis. *Química nova*, 29 (5), 983-989, 2006.
- [2] Zazo, J. A. Catalytic wet peroxide oxidation of phenol with a Fe/active carbon catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 65, 161-168, 2006.
- [3] Martí-Calatayud, M. C., García-Gabaldón, M., Pérez-Herranz, V., Sales, S., Mestre, S. Synthesis and electrochemical behavior of ceramic cation-exchange membranes based on zirconium phosphate. *Ceramics International*, 39, 2045 – 4054, 2013.
- [4] Salehi, E., Madaeni, S. S., Shamsabadi, A. A., Laki, S. Applicability of Ceramic Membrane Filters in Pretreatment of Coke-Contaminated Petrochemical Wastewater: Economic Feasibility Study. *Ceramics International*, 40 (3) 4805–4810, 2014.
- [5] Alicieo, T. V. R., Mendes, E. S., Pereira, N. C., Barros, S. T. D., Innocenti, T. D., Alves, J. D. Análise do uso de membrana cerâmica de 0,2 µm na clarificação de cerveja. *Acta Scientiarum*, 30, 181-186, 2008.
- [6] Cyna, B., Chagneau, G., Bablon, G., Tangle, N. Two years of nanofiltration at the mery sur oise plant, France. *Desalination*, 147, 60-75, 2002.
- [7] Jiang, Q., Rentschler, J., Perrone, R., Liu, K. Application of ceramic membrane and ion-exchange for the treatment of the flowback water from marcellus shale gas production. *Journal of Membrane Science*, 431, 55-61, 2013.
- [8] Othman, N. H., Wu, Z., Li, K. Bi<sub>1,5</sub>Y<sub>0,3</sub>Sm<sub>0,2</sub>O<sub>3</sub>-δ-based ceramic hollow fibre membranes for oxygen separation and chemical reactions. *Journal of Membrane Science*, 432, 58-65, 2013.
- [9] Zhong, Z., Xing, W., Zhang, B. Fabrication of ceramic membranes with controllable surface roughness and their applications in oil/water separation. *Ceramics International*, 39, 4555-4361, 2013.
- [10] Bloche, C., Dorda J., Mavrov, V., Chmiel, H., Lazaridis, N. K. Matis, K. A. Hybrid flotation-membrane filtration process for the removal of heavy metal ions from wastewater. *Water Research*, 37, 4018-4026, 2003.
- [11] Bottino, A., Capannelli, C., Borghi, A. D., Colombino, M.; Conio, O. Water treatment for drinking purpose: ceramic microfiltration application. *Desalination*, 141, 75-79, 2001.
- [12] Corneal, L. M., Masten, S. J., Davies, S. H. R., Tarabara, V., Byun, ., Baumann, M. J. Afm, SEM and EDS characterization of manganese oxide coated ceramic water filtration membranes. *Journal of Membrane Science*, 360, 292-302, 2010.

- [13] Brião, V. B., Tavares, C. R. G., Caleffi, R. D. Ultrafiltração para o tratamento de efluentes de Laticínios. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Saniária E Ambiental, 2000, Porto Alegre. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Brasil, 2000.
- [14] Murray, D., Arbuzova, A., Hangyás-Mihályné, G., Ambhir, A., Barry, N. B., McLaughlin, S. Electrostatic properties of membranes containing acidic lipids and adsorbed basic peptides: theory and experiment. *Biophysical Journal*, 77, 3176-3188, 1999.
- [15] Vasconcelos, W. L. Descrição da permeabilidade em cerâmicas porosas. *Cerâmica*, 43, 119-122, 1997.
- [16] Khouni, I., Marrot, B., Moulin, P., Amar, R. B. Decolourization of the reconstituted textile effluent by different process treatments: Enzymatic catalysis, coagulation/flocculation and nanofiltration, *Desalination*, 268, 27-37, 2011.
- [17] Fersi, C., Dhahbi, M. Treatment of textile plant effluent by ultrafiltration and/or nanofiltration for water. *Desalination*, 222, 263-271, 2008.