

I-079 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE MEMBRANA POLIMÉRICA DE MICROFILTRAÇÃO COM A FUNÇÃO DE POTABILIZAÇÃO DA ÁGUA**Karin Nohara Carstens Gomes⁽¹⁾**

Graduanda em Tecnologia em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Joana Rupprecht Zablonski

Graduanda em Tecnologia em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Fatima de Jesus Bassetti

Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Sete de Setembro, 3165 - Rebouças - Curitiba - PR - CEP: 80230-901 - Brasil - Tel: (41) 9607-0607 - e-mail: karin_nohara@hotmail.com**RESUMO**

As tecnologias utilizadas para o pré-tratamento de água variam muito conforme a demanda, a localização e o desenvolvimento de uma determinada região, respeitando, de acordo com a legislação brasileira, os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria 518 do Ministério da Saúde.

A tecnologia de microfiltração através de membranas poliméricas é recente, tendo seu surgimento em meados da década de 90. Desde então, muitos estudos relacionados às membranas poliméricas têm sido realizados, por se tratar de uma tecnologia eficiente, que dispensa tratamentos com produtos químicos e algumas etapas contidas nos pré-tratamentos tradicionais de água.

O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar a eficiência da membrana composta por baixos teores de poli fluoreto de Vinilideno (10%), Cloreto de Lítio (2%) e N,N'Dimetilformamida (88%), com relação a valores e comportamento de fluxo permeado, fluxo permeado à água contaminada e à retenção microbiológica, sendo a *Escherichia coli* o microorganismo estudado.

Os resultados comprovaram que a membrana em questão tem sua maior eficiência se operada a baixas pressões, de até 80 kPa. Valores de pressões maiores promoveram a instabilidade do fluxo permeado, bem como a não retenção total de *Escherichia coli*.

PALAVRAS-CHAVE: Membranas Poliméricas, Microfiltração, Tratamento de Água.**INTRODUÇÃO**

O tratamento da água para a distribuição pública no Brasil teve seu início há pouco mais de um século. Adjunto ao tratamento da água, houve a diminuição significativa das doenças de veiculação hídrica e da mortalidade infantil. A tecnologia atualmente utilizada consiste em uma seqüência simples de processos que envolvem coagulação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro (SCHNEIDER *et al*, 2001).

Entretanto, com o crescente avanço tecnológico e a maior demanda por água potável, surgiram novas formas de tratamentos, ganhando destaque a filtração com membranas, que a partir da década de 90 mostrou-se uma tecnologia viável e de grande praticidade.

A filtração com membranas apresenta diversas vantagens sobre outros processos de tratamento de água, como sua alta eficiência já comprovada nas literaturas, a dispensa do uso de substâncias químicas (agentes floculantes, coagulantes, desinfetantes), a facilidade de automação do processo, além do fato de se tratar de um sistema compacto, exigindo uma pequena área para sua implantação (ARNAL *et al*, 2002).

No que diz respeito ao pré-tratamento de água, as membranas mais utilizadas são as de microfiltração e ultrafiltração que, devido ao tamanho dos poros, acarretam uma maior retenção de material particulado e coloidal das águas, microorganismos patógenos como bactérias e, em alguns casos, certos vírus.

Os materiais utilizados na confecção das membranas são, em princípio, qualquer material que permita a síntese de filmes com porosidade controlada. Entretanto, as membranas são em sua maioria confeccionadas

com polímeros orgânicos. Membranas inorgânicas, como cerâmicas de óxidos de zircônio, alumínio, titânio, aço inoxidável possuem custo muito elevado, além de operarem em condições limitadas de temperatura e pH (SCHNEIDER *et al*, 2001).

A eficiência do processo de filtração se dá, além dos bons resultados de retenção de particulados, pelos valores de fluxo permeado, que permitem avaliar a viabilidade desta forma de tratamento frente à demanda desejada.

Diante do exposto, o trabalho realizado teve como objetivo principal a avaliação da eficiência da membrana confeccionada com 10% de PVDF, 2% de LiCl e 88% de DMF como solvente, considerando-se o fluxo permeado e a retenção de microorganismos, em especial a *Escherichia coli*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho iniciou-se pelo preparo da membrana polimérica. Esta era composta por solução de poli fluoreto de vinilideno (PVDF), em uma concentração em massa de 10%, associada a 2% do sal Cloreto de Lítio (LiCl), sal este que promove uma maior porosidade na membrana e aumento consequente do fluxo permeado (BASSETTI, 2002). O solvente empregado na solução polimérica foi o N,N'Dimetilformamida (DMF), em uma concentração em massa equivalente a 88%.

A técnica utilizada no preparo das membranas foi a inversão de fase induzida por um não solvente, no caso água destilada a 20°C. A variação da espessura nas membranas foi controlada por fios de náilon que foram utilizados como “guia” no espalhamento da solução polimérica sobre o suporte de poliéster preso a um suporte de vidro. A solução polimérica permanecia imersa na água por um período de 4 horas, tempo necessário para a solubilização do DMF. Após a imersão, a placa de vidro contendo já a membrana era seco a temperatura ambiente e a membrana era cortada em moldes para serem utilizados na célula de filtração.

Para a realização dos ensaios de microfiltração, utilizou-se uma célula vertical de filtração perpendicular, feita de Aço Inox com capacidade para 300 mL e uma membrana com área útil de $1,693 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. As pressões exercidas sobre a célula de filtração eram fornecidas por gás nitrogênio, contido em cilindro na forma líquida, acoplado ao sistema, conforme a Figura 1.

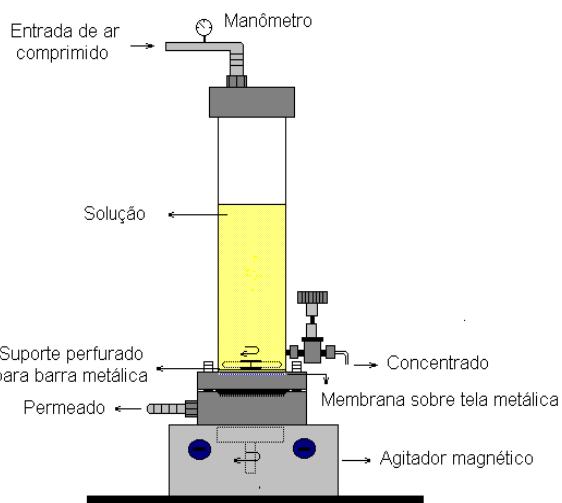


Figura 1: Célula de ultrafiltração utilizada nos ensaios. Reproduzido por PETRUS, citado por BASSETTI, 2002.

O ensaio foi primeiramente realizado para se avaliar a variação do fluxo permeado a diferentes pressões. Esta etapa foi realizada nas pressões 30, 60, 90, 120 e 150 kPa. Inseria-se cerca de 300 mL de água destilada na célula e esta quantidade era reposta quando necessário. Cada pressão era avaliada por um intervalo de tempo de 60 minutos. Eram coletados, em tempos determinados, o fluxo permeado de equivalentes 1 a 5 minutos,

sendo a massa de água pesada em balança analítica eletrônica e posteriormente determinado o perfil do fluxo permeado em $\text{L}/\text{h} \cdot \text{m}^2$.

Em uma etapa posterior, foi verificada a eficiência da membrana com relação à retenção de *Escherichia coli*, microorganismo indicativo de coliformes termotolerantes. Tais ensaios foram realizados nas pressões 40, 80, 120 e 160 kPa. Além da coleta da amostra filtrada em tempos determinados para se avaliar o perfil do fluxo permeado, eram coletadas amostras do filtrado em tubos de ensaio previamente autoclavados que seriam posteriormente inoculados em ágar McConkey. A coleta nos tubos era realizada nos tempos de 0, 30 e 60 minutos de cada diferente pressão.

Antes e depois do ensaio com a água contaminada, fora realizado o ensaio de 60 minutos com água destilada a pressão de 120 kPa, observando os efeitos decorrentes da retenção de material depositado sobre a membrana, bem como suas influências sobre o comportamento do fluxo permeado.

Após coletadas as amostras de água nos tempos estabelecidos, inoculava-se em duplicata 0,1 mL do filtrado em meio de base de ágar McConkey e glicose, pela técnica de espalhamento em placa. A escolha do meio foi devido o fato de a *Escherichia coli* apresentar-se avermelhada em contato com o meio, decorrente da fermentação da glicose contida nele, facilitando assim a sua identificação. Foi também inoculada uma amostra in natura da água, sem ser filtrada, para melhor identificação dos microorganismos. As placas permaneceram em estufa a 37°C por um período de 24 horas até o momento da observação.

RESULTADOS

Dentre as pressões de 30, 60, 90, 120 e 150 kPa, os fluxos permeados que se apresentaram mais estáveis estavam na faixa que varia de 30 a 120 kPa, como apresentado na Figura 2. Fluxos acima da pressão de 120 kPa demonstraram valores de fluxos permeados muito instáveis, caracterizando-se como pressões não ideais para serem trabalhadas com a membrana estudada.

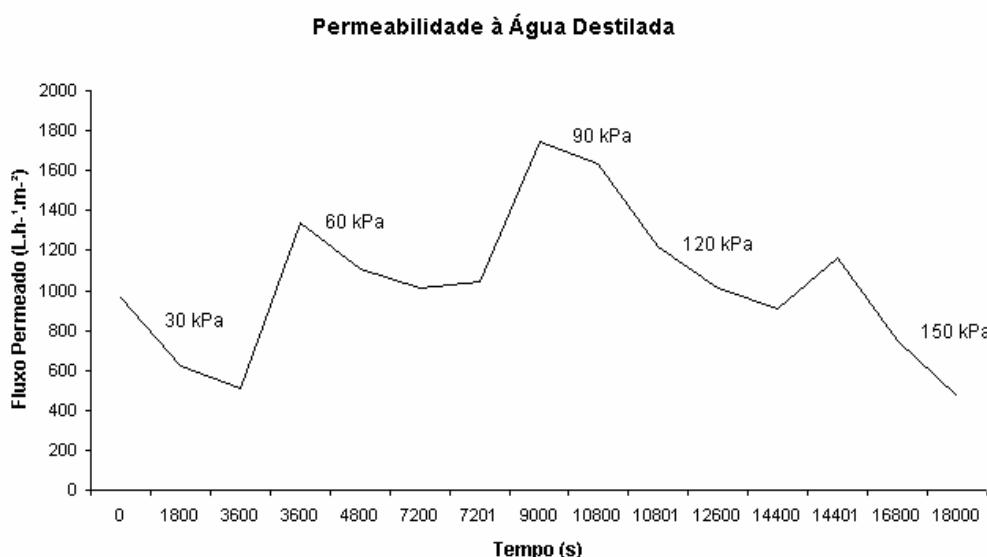


Figura 2: Estudo da permeabilidade à água destilada através da membrana nas pressões 30, 60, 90, 120 e 150 kPa.

São apresentados os resultados da influência de diferentes pressões; 40, 80, 120 e 160 kPa, no fluxo permeado da água contaminada com *Escherichia coli*.

Analizando-se a Figura 3, percebe-se um crescimento do fluxo permeado até a pressão de 80 kPa, sendo que o aumento da pressão para valores maiores de 120 e 160 kPa não acarretou um aumento no fluxo permeado, acabando por torná-lo pouco estável. Isso se deve ao fato de, a maiores pressões, ocorrer o entupimento de poros da membrana com os microorganismos presentes na água. O ocorrido também foi observado por Ribeiro *et al.*, 2004.

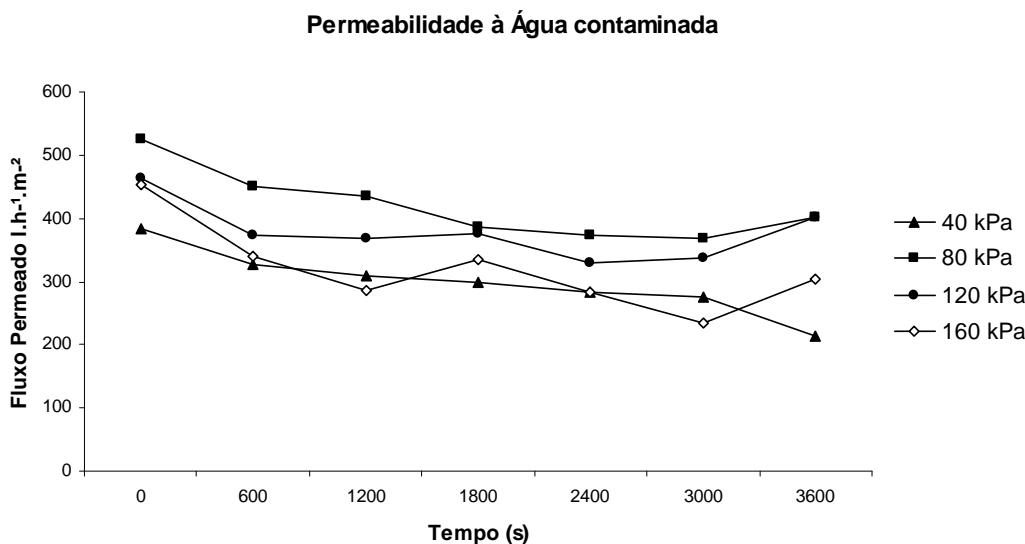


Figura 3: Avaliação da permeabilidade à água contaminada com *Escherichia coli*.

Além de se tratar de uma membrana de baixa quantidade de polímero, a membrana em questão possui valores de fluxo permeado elevados. Os valores de fluxo permeado médio, para as pressões de 40 e 80 kPa foram, respectivamente, 298,82 e 420,14 L.h⁻¹.m⁻².

Estes resultados comprovam a eficiência da membrana, comparando-os com demais trabalhos anteriormente realizados, como o de Ribeiro *et al.*, 2004; que empregou uma membrana com 17% em massa de polímero, utilizou-se da pressão de 300 kPa e obteve como dados de fluxo permeado médio 284 L.h⁻¹.m⁻². Arnal *et al.*, 2002; desenvolveu uma célula de filtração com membranas para o suprimento da demanda de água potável de uma região, célula esta que seria operada a uma pressão de 300 kPa, obtendo uma vazão máxima de água potável de 1000 litros por dia.

Para a pressão de 40 kPa não houve, em nenhum tempo de coleta, o aparecimento de colônias de *Escherichia coli*, como apresentado na Figura 4. A pressão de 80 kPa apresentou, no tempo de coleta 0 minutos, a formação de uma única unidade de colônia, sendo que tempos posteriores não apresentaram contaminações, segundo a Figura 5. A verificação da duplicata realizada, para este tempo de 0 minutos também não apresentou contaminação, o que evidencia uma remoção total de microorganismos, ao se analisar estas duas pressões.



Figura 4: Fotografia das placas para a verificação da retenção microbiológica na pressão 40 kPa nos tempos 0, 30 e 60 minutos.

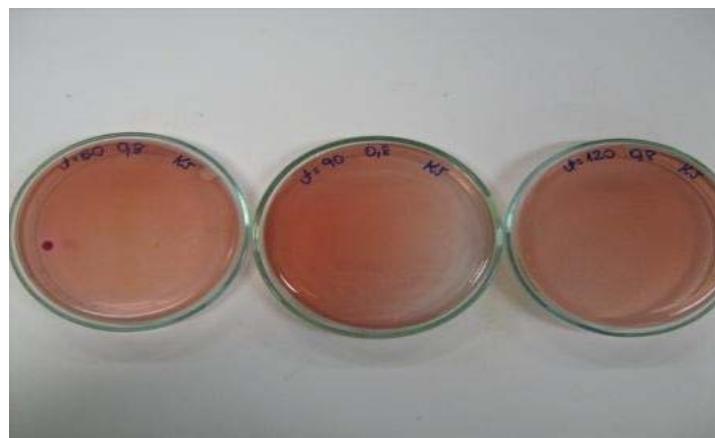


Figura 5: Fotografia das placas para a verificação da retenção microbiológica na pressão 80 kPa nos tempos 0, 30 e 60 minutos.

Os filtrados a pressões maiores, de 120 e 160 kPa, passaram a apresentar em suas placas unidades formadoras de colônias, o que sugere que um aumento da pressão no interior da célula de filtração esteja “forçando” a passagem dos microorganismos pela membrana, bem como de outras substâncias possivelmente presentes na água. A Figura 6 compara as placas nas quatro diferentes pressões avaliadas.

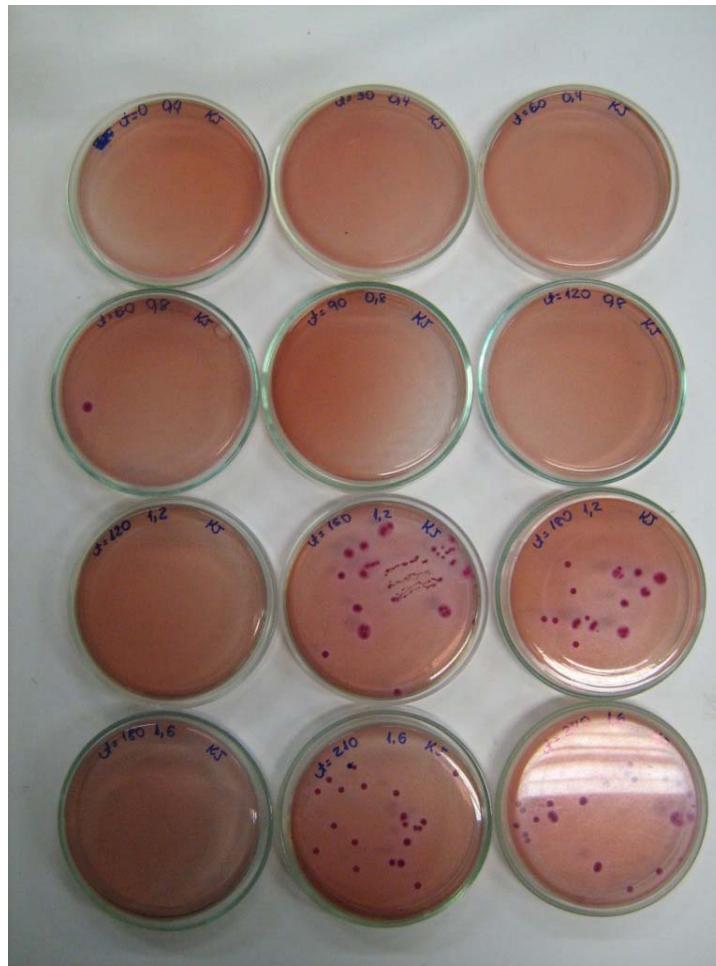


Figura 6: Fotografia das placas para a verificação da retenção microbiológica nas pressões 40, 80, 120 e 160 kPa, nos tempos 0, 30 e 60 minutos, respectivamente.

A baixa quantidade de polímero presente na membrana pode influenciar tal passagem, uma vez que trata-se de uma membrana de microfiltração e não de ultrafiltração. Trabalhos como o de Ribeiro *et al.*, 2004 e Bassetti e Coral, 2007, também obtiveram resultados satisfatórios para a retenção microbiológica com membranas poliméricas a pressões elevadas. Todavia, a quantidade de polímero empregada nas confecções das membranas era maior.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A membrana utilizada neste estudo mostrou valores altos e estáveis para o fluxo permeado, até a dada pressão de 80 kPa, mostrando ainda ser uma membrana que demandaria uma baixa energia de operação, segundo as pressões de gás nitrogênio empregadas.

A eficácia da membrana a baixas pressões também foi satisfatória na retenção total de *Escherichia coli*.

A microfiltração com a membrana estudada, a pressões mais elevadas que 80 kPa, pode vir a comprometer a eficácia da operação, por forçar tanto a passagem de microorganismos como de outras substâncias, uma vez que a quantidade de polímero utilizada para sua confecção foi menor se comparada aos estudos realizados anteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNAL, J. M.; SANCHO, M.; VERDÚ, G.; LORA, J.; ZAFRILLA, J. M. G.; CANDELA, J. I.; PEIRÓ, I. F.; MERTÍNEZ, I. T. Design and construction of water potabilization membrane facility and its application to the third world countries. Preliminary tests. International Congress on Membranes and Membrane Process (ICOM). France, 2002.
2. BASSETTI, F. J. Preparação, caracterização e aplicação de membranas poliméricas microporosas assimétricas, 2002. 180p. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais – Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP, 2002.
3. BASSETTI, F. J.; CORAL, L. A. Influência da concentração polimérica no desempenho de membranas de ultrafiltração. VI Congresso Ibero-Americano em Ciências e Tecnologias de Membranas. 2007.
4. RIBEIRO, R. M.; BERGAMASCO, R.; GIMENES, M. L.; DIAS FILHO, B. P. Potabilização de águas portadoras da bactéria Escherichia coli por meio de membranas poliméricas. Acta Scientiarum Tecnology. Maringá, 2004.
5. SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2001.