

TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DE MINAS GERAIS EMPREGANDO MEMBRANAS RECICLADAS

Eduardo Coutinho de Paula¹
Poliana Vicente Martins²
Míriam Cristina Santos Amaral³

RESUMO

No contexto de favorecer o acesso à água para populações mais pobres, este trabalho explora a viabilidade técnica de usar membranas recicladas de baixo custo com sucesso para o tratamento de água de rios de Minas Gerais. Na sua primeira etapa, teve por objetivo a reciclagem, via tratamento oxidativo, de membranas poliméricas descartadas de processos de osmose inversa e de nanofiltração, que seriam dispostas em aterros. Na sequência, a pesquisa avaliou o emprego das membranas recicladas no tratamento de águas superficiais. Os desempenhos das membranas antes e após a reciclagem foram investigados por meio da medição de fluxo de água em fluxo tangencial-axial, em escalas de bancada e piloto. Os resultados experimentais indicaram que as membranas recicladas podem ser usadas em processos análogos à ultrafiltração, demonstrando satisfatórios desempenho de fluxo e comportamento de resistência à incrustação. Os testes demonstraram que as membranas recicladas operaram de modo estável nos tratamentos de águas sob uma pressão de 0,5 a 1 bar. A baixa pressão é considerada favorável dentro da finalidade de minimizar os custos de energia. A incrustação da membrana reciclada foi removida mediante limpeza convencional. A qualidade da água tratada é semelhante à relatada em trabalhos anteriores que avaliaram módulos espirais novos de membranas de ultrafiltração comercial. O permeado produzido a partir do tratamento de amostras de águas brutas dos rios Doce, Paraopeba e das Velhas, utilizando as membranas recicladas, obedeceu aos padrões brasileiros de potabilidade, para os seguintes parâmetros analisados: cor aparente, turbidez, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas.

Palavras-chave: Acesso à água. Tratamento de água. Membranas recicladas.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem de membranas poliméricas compósitas, que ao fim de sua vida útil seriam dispostas em aterros, ganhou crescente interesse nos ambientes acadêmico e industrial (Lawler et al., 2015; Landaburu-Aguirre et al., 2016). A técnica de reciclagem utilizada no presente trabalho consistiu na imersão das membranas em uma solução comercial de hipoclorito de sódio pH 11 (NaClO) durante 2,7 horas (~ 300,000 ppm·h) (Coutinho de Paula et al., 2017). Em termos de permeabilidade à água, tomando como base a membrana nova de osmose inversa (OI), que é de 3,0 L·h⁻¹·m⁻²·bar⁻¹, as membranas oxidadas com NaClO apresentaram aumento de 27 a 39 vezes, enquanto a rejeição do sal diminuiu de ~ 96% a 15,5% (Coutinho de Paula et al., 2017). Assim, este trabalho explora a viabilidade de usar membranas de osmose inversa e de nanofiltração recicladas para tratamentos de água de rios de Minas Gerais com sucesso. Os resultados apontam o potencial de emprego das membranas recicladas de baixo custo para favorecer o acesso das pessoas à água, sobretudo em áreas rurais ou em situações emergenciais.

¹ Engenheiro Químico, Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, ecoutinho@desa.ufmg.br

² Graduanda em Química Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, polianavicente@outlook.com

³ Engenheira Química, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, miriam@desa.ufmg.br

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os desempenhos das membranas descartadas quanto das membranas recicladas foram investigados em testes em escala de bancada e piloto por medição de permeação de água em fluxo cruzado. Os procedimentos para a limpeza química das membranas foram avaliados de acordo com Coutinho de Paula et al., 2017. A operação de tratamento de água por membranas recicladas foi repetida para três origens diferentes de água bruta de rios de Minas Gerais, a saber: Rio Doce, Paraopeba e das Velhas. Não foi utilizado pré-tratamento para as águas dos rios. A limpeza das membranas recicladas foi realizada a temperatura ambiente em imersão envolvendo 0,1% (m/m) de NaOH mais 0,2% (m/m) de HCl durante 2 horas cada estágio. Os parâmetros físico-químicos foram analisados segundo APHA (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho do teste piloto usando um módulo espiral de membrana reciclada em relação ao declínio de fluxo de permeado normalizado a 25 °C, na vazão de 3,2 L·min⁻¹, pressão de 1 bar, ao longo de 24 horas contínuas de permeação, é apresentado na Figura 1. Um declínio de fluxo de permeado não acentuado ocorreu nas primeiras horas de operação, causado por polarização de concentração e/ou incrustação (formação de torta), conforme é esperado nesse tipo de operação. Observou-se que após cerca de três horas de operação, o fluxo tornou-se estável (~ 16 L·h⁻¹·m⁻²).

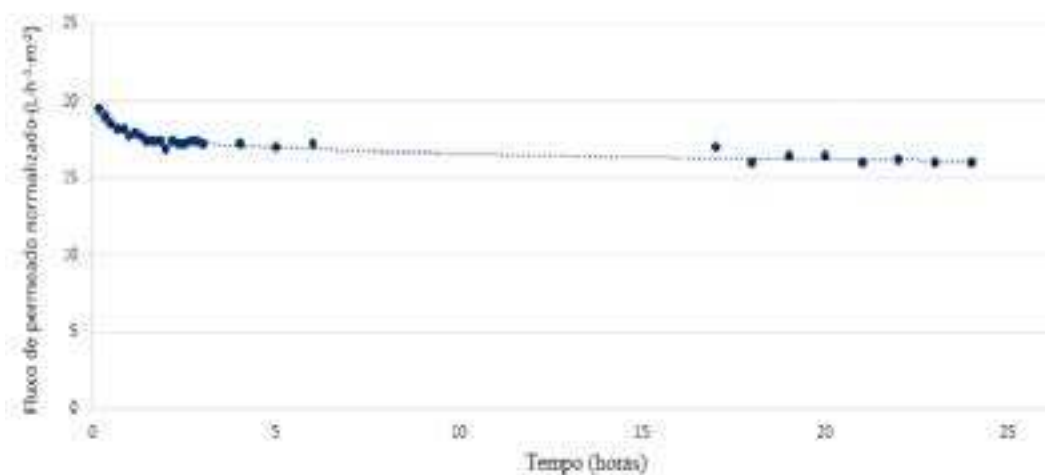


Figura 1 - Resultados experimentais de fluxo de permeado normalizado a 25 °C (L·h⁻¹·m⁻²) em função do tempo (24 h de permeação contínua) de água do Rio Doce pH ~7 em teste piloto (Membrana reciclada com NaClO, vazão 3,2 L·min⁻¹, pressão de 1 bar).

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises físico-químicas dos parâmetros analisados das amostras de água bruta do Rio Doce e respectiva água tratada, de acordo com APHA (2017).

Tabela 1 - Comparação entre os resultados dos parâmetros analisados da água bruta do Rio Doce e água tratada com membrana polimérica reciclada.

PARÂMETRO	UNIDADE	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA	REMOÇÃO (%)
pH	-	7,48	7,42	-
Condutividade elétrica mScm ⁻¹		196,9	192,5	-
Cor aparente	uH	113	1,9	98,3
Turbidez	UNT	10,5	0,11	99,0
COT	mg·L ⁻¹	10,8	6,78	37,2
DQO	mg·L ⁻¹	26,4	15,3	42,0
Nitrogênio total	mg·L ⁻¹	9,985	< 1	90,0
Alcalinidade	mg CaCO ₃ ·L ⁻¹	26,97	15,93	40,9
Coliformes totais	NMP·100 mL ⁻¹	> 2.419,2	< 1	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP·100 mL ⁻¹	> 2.419,2	< 1	100
Bactérias heterotró- ficas	UFC·mL ⁻¹	> 5.700	< 1	100

NMP = Número Mais Provável;

UFC = Unidade Formadora de Colônia.

Fonte: autores

A avaliação da eficiência da membrana reciclada indica expressivas reduções de cor aparente e de turbidez da água tratada em relação à água bruta, bem como a remoção total de parâmetros microbiológicos, o que mostra o valor agregado do emprego de membranas recicladas. Os parâmetros monitorados do permeado foram mantidos com valores aproximadamente constantes durante o tempo de operação. As análises físico-químicas das amostras de água bruta dos rios Paraopeba e das Velhas, e respectivas águas tratadas, indicaram resultados semelhantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As membranas poliméricas recicladas mostraram desempenho e características semelhantes aos processos das membranas de baixa pressão. O resultado provou que as membranas recicladas podem ser aplicadas para tratamentos de águas superficiais sob uma pressão de 0,5 a 1,0 bar. A baixa pressão é considerada favorável dentro da finalidade de minimizar os custos de energia. A limpeza química adotada demonstrou-se eficiente para a remoção da incrustação e consequente recuperação da permeabilidade da membrana reciclada. A qualidade da água tratada é semelhante à relatada por vários autores que avaliaram módulos espirais comerciais novos de ultrafiltração (UF). O permeado produzido a partir do tratamento de diferentes águas brutas dos rios utilizando as membranas recicladas obedeceu aos padrões brasileiros de potabilidade, para os seguintes parâmetros analisados: cor aparente, turbidez, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas.

REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: American Public Health Association, 2017.

COUTINHO DE PAULA, E.; GOMES, J.C.L.; AMARAL, M.C.S. Recycling of end-of-life reverse osmosis membranes by oxidative treatment: a technical evaluation. **Water Science and Technology**, v. 76, n.3-4, p. 605-622, 2017.

LANDABURU-AGUIRRE, J.; GARCIA-PACHECO, R.; MOLINA, S.; RODRIGUEZ-SAEZ, L.; RABADAN, J.; GARCIA-CALVO, E. Fouling prevention, preparing for re-use and membrane recycling: ttowards circular economy in RO desalination. **Desalination**, v. 393, p. 16-30, 2016.

LAWLER, W.; ALVAREZ-GAITAN, J.; LESLIE, G.; LE-CLECH, P. Comparative life cycle assessment of end-of-life options for reverse osmosis membranes. **Desalination**, v. 357 p. 45-54, 2015.