



Área: Engenharia de alimentos

USO DE MEMBRANA DE MICROFILTRAÇÃO E NANOFILTRAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIO

Natália Ambrósio, Airton Campanhola Bortoluzzi, Clarice Steffens, Rogério Marcos Dallago, Juliana Steffens*, Marcus Vinícius Tres

Curso de Engenharia Química, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI- Erechim, Erechim, RS

**E-mail: julisteffens@uricer.edu.br*

Resumo – Uma das maiores geradoras de efluentes são as indústrias de laticínios. Portanto, o tratamento destes efluentes é fundamental. Para tanto, são utilizados processos físico-químicos. Nos últimos anos vêm sendo estudados também os processos de separação por membranas que podem auxiliar neste processo. Neste sentido o presente trabalho teve como objetivo utilizar membranas de microfiltração e nanofiltração no tratamento de efluente de indústria de soro de leite em pó e creme de leite. Foram avaliados os fluxos e a demanda química de oxigênio para os permeados da membrana de microfiltração operando a 1 bar e da membrana de nanofiltração a 20 e 30 bar. Verificou-se que o fluxo na membrana de 30 bar foi maior que a de 20 bar, sendo que ambas tenderam a estabilizar o fluxo em 50 min. A DQO do permeado da membrana de nanofiltração operando a 30 bar foi maior que a 20 bar. Com base nos resultados obtidos da DQO verifica-se que o processo não foi capaz de atender aos requisitos ambientais preconizados pela legislação.

Palavras-chave: demanda química de oxigênio, fluxo de permeado, pressão.

1 INTRODUÇÃO

Nos processos de produção de laticínios são gerados efluentes, os quais possuem elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos, entre outros. Como tratamento convencional desses efluentes são utilizados tratamento primário para remoção de sólidos suspensos e gorduras e tratamento secundário biológico, que as vezes ainda não é satisfatório para lançamento em corpos receptores (BARBOSA et al., 2009).

Assim, surgem como alternativas os processos de separação por membranas. Estes utilizam o gradiente de pressão como força motriz e apresentam um grande potencial para a recuperação de efluentes, pois são meios porosos que atuam como meio filtrantes, possibilitando o fracionamento dos compostos que constituem o efluente (SCHNEIDER; TSUTUYIA, 2001).

Contudo, o fenômeno de incrustação de membranas ainda é um fator limitante à difusão das aplicações em larga escala desses sistemas. A incrustação implica em elevação da pressão da operação e aumento da frequência dos procedimentos de limpeza e, conseqüentemente, reduz a vida útil da membrana e aumenta o custo operacional. Geralmente como etapa inicial é utilizada a microfiltração que possui poros maiores, seguida pela ultrafiltração (UF) e posteriormente pela nanofiltração (NF) (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A NF é um sistema eficiente para o tratamento secundário ou terciário de efluentes visando à geração de água para reuso industrial (ACERO et al., 2010). A avaliação das condições operacionais ótimas para cada sistema de NF específico permite um melhoramento do desempenho global do processo, tanto em termos de qualidade do permeado quanto em termos de controle da incrustação (HABERT et al., 2006).

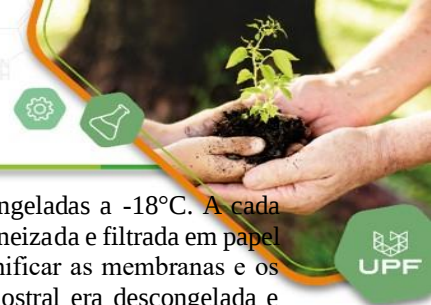
Dentre os parâmetros que devem ser levados em consideração para lançamento do efluente em corpos receptores ou próprio reuso é a demanda química do oxigênio (DQO). Brião e Tavares (2007) demonstraram que a DQO média do efluente industrial é de 2491 mg/L, podendo atingir valores de até quase 10000 mg/L, mostrando que no processo de produção podem ser gerados efluentes com características diferentes.

O objetivo do trabalho foi utilizar membrana de MF operando a 1 bar e NF operando a 20 e 30 bar para tratar um efluente industrial de laticínios, avaliando os fluxos de permeado e a remoção de DQO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O efluente líquido industrial foi fornecido por uma indústria produtora do soro de leite em pó e creme de leite industrial. A coleta do efluente bruto foi realizada na entrada do sistema de tratamento de efluentes, imediatamente após o tanque de equalização, visando maior homogeneização devido à variação da carga poluidora ao longo da jornada de produção em função da descarga das diversas fontes geradoras (resíduos de soro, água de lavagem de pisos, limpeza de equipamentos, entre outros).

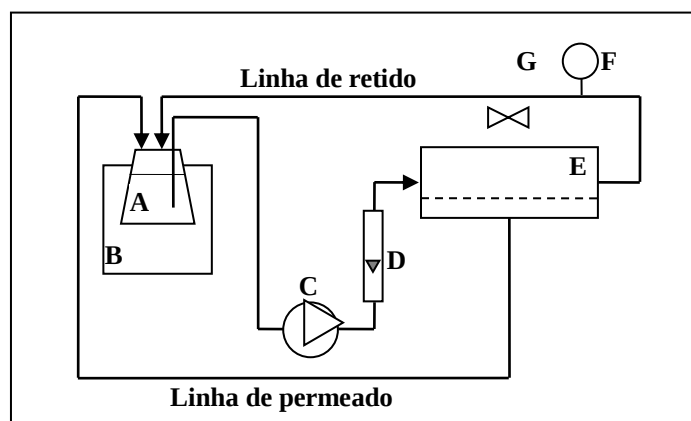
As amostras foram coletadas em galões de 20L previamente higienizados com água e sabão líquido neutro, as quais foram transportadas até o Laboratório de Tratamento de Resíduos da URI Campus de Erechim, onde, após agitação



para garantir a homogeneidade, foram fracionadas e armazenadas em frascos de 1,5 L e congeladas a -18°C . A cada experimento uma unidade amostral de 1,5 L era descongelada a temperatura ambiente, homogeneizada e filtrada em papel filtro quantitativo de $25\mu\text{m}$ (J Prolab, modelo JP40) para remover sólidos que poderiam danificar as membranas e os demais componentes do sistema hidráulico (bombas, válvulas, entre outros). A unidade amostral era descongelada e filtrada para uso imediato nos sistemas de tratamento em estudo.

Foram utilizadas nos experimentos sequência de membranas, onde primeiramente o efluente filtrado foi passado por uma membrana polimérica do tipo fibra oca de MF (microfiltração) da PAM Membranas Seletivas Ltda., composta por uma mistura de poli(éter sulfona)/poli(vinil pirrolidona) (PES/PVP), com diâmetro de poro de $0,20\mu\text{m}$ área de $0,012\text{ m}^2$ e posteriormente, o permeado da MF era utilizado como alimentação para o processo de NF (nanofiltração), com membrana de Poliamida/plana – NF90 da Dow-Filmtec, com área de $0,0034\text{ m}^2$. A pressão utilizada na membrana de MF foi de 1 bar e testadas duas pressões na membrana de NF, 20 e 30 bar. Na Figura 1 mostra-se um esquema do sistema de filtração.

Figura 1 - Esquema do sistema de filtração por membranas. Componentes: A - alimentação; B - banho termostático; C – (1) de engrenagens (para MF e UF), D – rotâmetro; E – módulo das membranas de MF e UF; F -manômetro; G – válvula reguladora de pressão.



Antes da alimentação da amostra do efluente bruto bem como do permeado da MF para o módulo de UF toda água remanescente da limpeza e dos testes de permeabilidade hidráulica foi removida do sistema de filtração por membranas, o que incluía manguueiras e acessórios, bomba, rotâmetro e o módulo de membrana.

A partir do esgotamento do sistema, os experimentos com MF foram alimentados com 500mL de amostra, o qual foi mantido constante até a permeação de volume suficiente para alimentação da NF. A vazão de alimentação era de $0,009\text{ L min}^{-1}$, ambos processos foram mantidos a temperatura constante de 25°C através de banho termostático. Os fluxos das filtrações foram obtidos a cada 10 min até atingir 1 h de permeação com retorno do permeado e do retido para o frasco de alimentação. O fluxo (J) é dado pelo volume de permeado, em função da área do meio filtrante e do tempo.

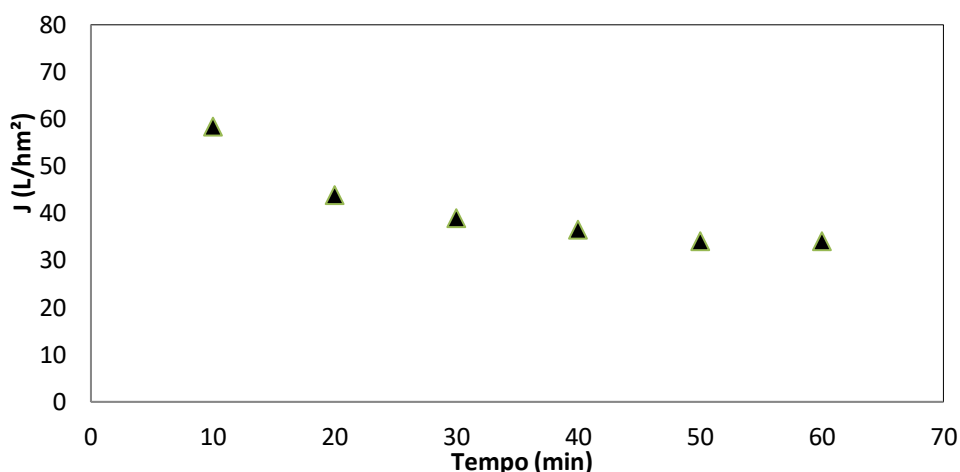
Os permeados da MF e da NF foram analisados em relação a demanda química de oxigênio (DQO). A determinação da DQO foi realizada segundo o método 5220 D (APHA, 2001). Em tubos de ensaio com tampas de PTFE (politetrafluoretileno) com rosca, alíquotas de 2,0 mL de amostras foram adicionadas em 2,8 mL de solução digestora de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) e sulfato mercúrio (HgSO_4) e 1,2 mL de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e sulfato de prata (Ag_2SO_4). Após forte agitação manual para homogeneização a solução foi mantida a 150°C por 2 h em digestor (fluxo fechado). Assim que a solução atingiu a temperatura ambiente foram realizadas as leituras com colorímetro (HACH, modelo DR870) para o comprimento de onda de 600nm e com o espectrofotômetro (Logen Scientific, modelo LS-7052-BIV) para o comprimento de onda de 420nm. As análises foram realizadas em triplicata.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados do fluxo de permeado em função do tempo na pressão de 1 bar, onde pode-se observar que houve polarização por concentração e que esse fenômeno tendeu a se estabilizar a partir de 50 min.

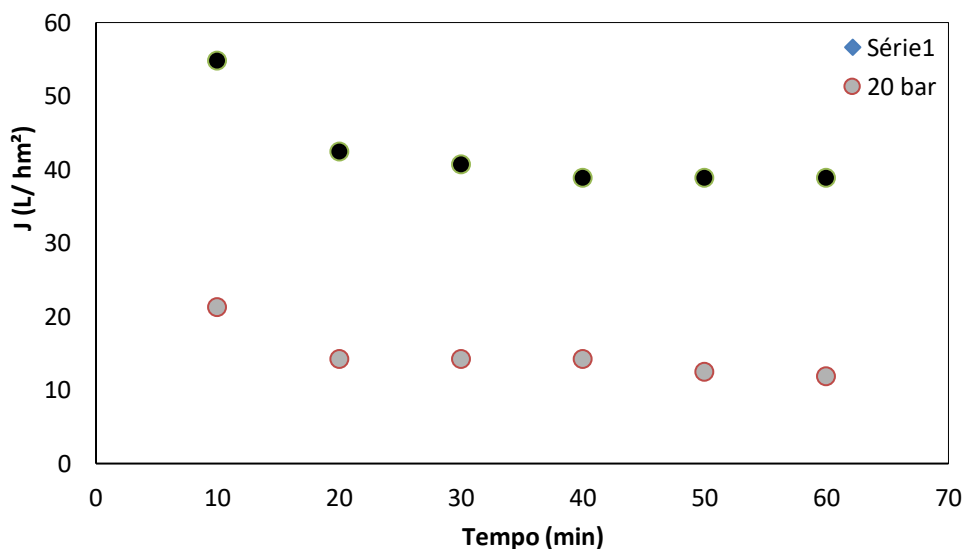


Figura 2 – Fluxo de permeado da membrana de MF a 1 bar.



O permeado da MF foi utilizado para alimentar a membrana de NF com pressões de 20 e 30 bar. Os resultados dos fluxos em função do tempo para a membrana de NF são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Fluxos de permeado da membrana de NF a 20 e 30 bar alimentada com o permeado da MF a 1 bar.



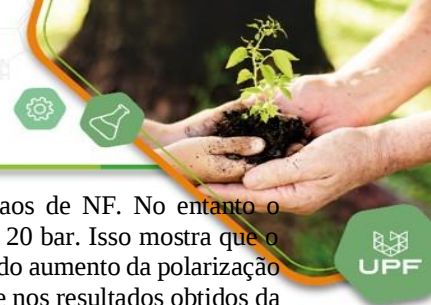
Analisando-se os fluxos (Figura 3), pode-se observar que na pressão de 30 bar houve maior fluxo do que a de 20 bar, sendo que em ambas ocorreu a polarização por concentração e que esse fenômeno tende a se estabilizar em 50 min.

Comparando-se os fluxos obtidos à pressão de 20 bar, próximo de 30 L/m²h inicialmente, com os fluxos de aproximadamente 22, 37 e 51 L/m²h apresentados pelo estudo de Alkhatim et al. (1998), também utilizando uma membrana de NF modelo NF90 da marca Dow, a pressões de 6, 10 e 14 bar e alimentação de uma solução modelo de soro, percebe-se que a membrana de NF (modelo NF90) utilizada neste estudo apresentou baixo fluxo de permeado.

A Tabela 1 apresenta os resultados de DQO dos permeados da membrana de MF e NF nas pressões de 20 e 30 bar.

Tabela 1 – Resultados de DQO dos permeados da membrana de MF e NF nas pressões de 20 e 30 bar.

Material	DQO (mg O ₂ /L)
Permeado da MF	3148,33 ± 104,08
Permeado da NF (20 bar)	1348,33 ± 28,87
Permeado da NF (30 bar)	2702,50 ± 17,68



Pode-se verificar que houve redução de DQO do permeado da MF em relação aos de NF. No entanto o permeado da NF a 30 bar apresentou maior valor de DQO em relação ao permeado da NF de 20 bar. Isso mostra que o incremento de pressão de 20 para 30 bar reduz a retenção de solutos, possivelmente em função do aumento da polarização por concentração na superfície da membrana, conforme indicado por Mulder (2000). Com base nos resultados obtidos da DQO e comparando os mesmos com os padrões máximos estabelecidos para lançamento nos corpos receptores, verifica-se que o processo não foi capaz de atender aos requisitos ambientais preconizados pela Resolução CONSEMA nº 128/2006 (RIO GRANDE DO SUL, 2006), em relação ao parâmetro analisado.

4 CONCLUSÃO

A membrana de NF operada com 20 bar de pressão apresentou menor fluxo de permeado e menor DQO quando comparada a operada com 30 bar. No entanto, ainda não atingiu limites recomendados para lançamento em corpos receptores ou reuso desta água. Neste sentido, recomenda-se estudos utilizando outras membranas como por exemplo de osmose inversa.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, URI e a Empresa que forneceu o efluente.

6 REFERÊNCIAS

- ACERO, J.L.; BENETÍZ, F.J.; LEAL, A.I.; REAL, F.J.; TEVA, F. Membrane filtration technologies applied to municipal secondary effluents for potential reuse. **Journal of Hazardous Materials**, v.177, p.390-398, 2010.
- ALKHATIM, H.S.; ALCAINA, M.I.; SORIANO, E.; IBORRA, M.I.; LORA, J.; ARNAL, J. **Treatment of whey effluents from dairy industries by nanofiltration membranes**. Desalination, 119, p. 177-183, 1998.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 19 ed, 2001.
- BRIÃO, V.B.; TAVARES, C.R.G. Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunities. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 24, n. 4, p. 487-497, 2007
- BARBOSA, C. S.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PINTO, M. S. Aspectos e impactos ambientais envolvidos em um laticínio de pequeno porte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Torres**, v.64, n.366, p. 28-35, 2009.
- HABERT, A.C; BORGES, C.P; NOBREGA, R. **Processos de Separação com Membranas**. Escola Piloto de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- MULDER, M. **Basic principles of Membrane Technology**. 2.ed. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- RIO GRANDE DO SUL. **Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA**. Resolução nº 128/2006. Dispõe sobre a fixação de poluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 24 de novembro de 2006.
- SCHNEIDER, R. P.; TSUTYIA, M. T. **Membranas Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso**. São Paulo: ABES, 2001.