

# NANOFILTRAÇÃO PARA A RECUPERAÇÃO DE SÓLIDOS DO LEITE PRESENTES EM ÁGUA DE PRIMEIRO ENXÁGUE PARA A OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

## **Vandré Barbosa Brião**

Professor Dr. /Pesquisador do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo.

vandre.briao@gmail.com

## **Ana Cláudia Vieira Salla**

Acadêmica do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo

anaclaudia.salla@hotmail.com

## **Caroline Dalcin Zanon**

Acadêmica do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo

caroline.dzanon@gmail.com

## **Suelen Muhl Castoldi**

Acadêmica do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo

su.castoldi@gmail.com

**Resumo.** *O esgotamento dos recursos hídricos é uma preocupação mundial. As empresas veem-se obrigadas a investir em reuso de águas. A nanofiltração pode ser usada para tal fim, uma vez que é um processo de separação a nível molecular. O objetivo do trabalho foi utilizar a nanofiltração para recuperar sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue da indústria de laticínios, concentrando estes sólidos, e obter um permeado com qualidade potável para reuso. Para tal, este efluente foi alimentado a um módulo piloto de filtração tangencial e nas CE testadas coletou-se amostras da alimentação, permeado inicial, permeado final, e rejeito, e avaliados os seguintes parâmetros: pH, condutividade, DQO, lactose, fósforo, nitrogênio, proteína, cinzas, sólidos totais, matéria orgânica, óleos e graxas e o fluxo inicial e final da filtração. Os testes experimentais permitem afirmar que o processo é viável, sendo que todos os parâmetros avaliados apresentaram uma rejeição superior de 70%.*

**Palavras-chave:** *Membrana. Reuso de água.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas indústrias de laticínios, qualquer etapa do processamento gera grandes volumes de efluentes (“águas brancas”), devido ao processo de higienização. Esta água de processo, a qual contém frações diluídas de produtos lácteos, contribuem significativamente para as perdas não acidentais de leite ou de produtos lácteos e para a produção total do efluente.

Uma alternativa para reduzir o potencial poluente dos efluentes em laticínios e recuperar nutrientes é o uso de membranas, como a de nanofiltração, como parte do processo, buscando recuperar e concentrar sólidos do leite presentes na água de primeiro enxágue. Os processos de separação por membranas apresentam um grande potencial para o tratamento de efluentes em laticínios, visto que é possível atingir a redução de carga orgânica. Em comparação as tecnologias já existentes, a tecnologia de membranas permite a melhoria do processamento e produção,

reduzindo o tamanho do equipamento em relação a capacidade de produção, o consumo de energia e a geração de resíduos tornando-se mais baixo.

O objetivo do trabalho foi apresentar algumas sugestões para a diminuição do potencial poluidor do efluente da indústria de laticínios, através da proposta da inclusão de tecnologias utilizando a nanofiltração, como parte integrante do processo, buscando a recuperação de sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue dos equipamentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Testes em laboratório

Os testes em laboratório foram realizados sob condições controladas. Realizou-se o teste de quatro diferentes Condições Experimentais (CE), que diferiram entre si pela pressão e vazão. Na CE I foram utilizadas a pressão de 1 MPa e vazão de 3000 L/h; na CE II, pressão de 2 MPa e 1000 L/h; na CE III a pressão foi 1 MPa e 3000L/h e na CE IV, pressão de 2 MPa e 3000 L/h. As condições foram testadas no módulo piloto de filtração com um efluente simulado diluindo de leite em pó em água (relação de 2g/L). Cada condição teve duração de 1 hora, e a temperatura permaneceu em 25°C por meio de um banho termostaticado. O controle da temperatura durante a filtração é um parâmetro importante pois possui efeito sobre o fluxo de permeado. As análises realizadas nas amostras foram de sólidos totais, proteína, DQO, nitrogênio, fósforo, óleos e graxas, cinzas, lactose, pH, condutividade, matéria orgânica. Os testes foram realizados para saber-se qual das condições seria a ideal para a concentração dos sólidos.

### 2.2 Ensaios no módulo de NF

Um efluente simulado foi obtido diluindo-se leite em pó integral em água potável na proporção 2,0 g.L-1. Essa relação foi testada de modo que a DQO estivesse próxima de 2000 mg.L-1, considerada como característica média de uma água de primeiro

enxágue industrial obtida por Brião (2000). A separação dos sólidos do leite foi realizada em um sistema piloto que permitiu a utilização de membrana de nanofiltração.

O efluente simulado foi alimentado ao módulo piloto de NF, conforme a Figura 1.

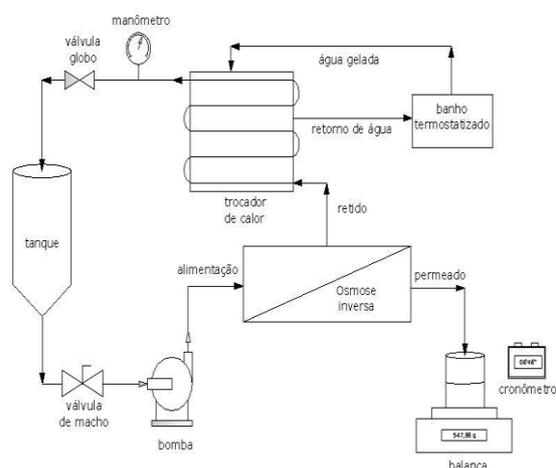


Figura 1: Módulo piloto de Osmose inversa

Os testes no módulo de separação por membranas constituíram basicamente na avaliação dos principais parâmetros que possuem efeito sobre o fluxo permeado (pressão transmembrana, velocidade tangencial de filtração e temperatura da solução a ser filtrada).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da água de enxágue e a caracterização do permeado final é apresentada respectivamente na Tabela 1 e 2.

A Portaria 2914 (BRASIL 2011) não faz referências quanto aos parâmetros analisados, mas o excesso de DQO no experimento pode acarretar risco para água. A DQO de um efluente de laticínio pode atingir 10000 mg/L, segundo Brião e Tavares (2007), mas um valor típico é da ordem de 2000 mg/L. A utilização de uma água de enxágue simulada minimizou as oscilações na alimentação do equipamento, podendo-se atribuir as variações nas variáveis independentes (tipo de membrana, pressão e velocidade tangencial).

Tabela 1: Média e Desvio padrão do Efluente Simulado

Parâmetro	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactose (mg/L)	Cinzas (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	pH	Fósforo (mg/L)
Média	1880	405	538	1108	159	3453	189	7,2	12
Desvio Padrão	131	42	32	109	16	180	26	0,3	3

Tabela 2: Caracterização do permeado final

Parâmetro	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactose (mg/L)	Cinzas (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	pH	Fósforo (mg/L)
Permeado Final	518,35	11,1	23,5	56,1	46,5	33,11	49,9	7,1	0,155

A Tabela 3 mostra as rejeições da membrana de NF para a filtração de água de enxágue em cada condição experimental. A membrana de NF apresentou rejeições semelhantes para proteínas, escilando na ordem de 97%-99%. Isto mostra a capacidade das membranas em remover este nutriente das águas de lavagens, podendo ser uma excelente alternativa para a recuperação de proteínas destas “águas brancas” e posterior reuso.

Do mesmo modo, o processo removeu gorduras com eficiências na ordem de 89%. Brião e Tavares (2012) já haviam demonstrado a capacidade dos processos de separação por membranas para a recuperação de nutrientes, separando gorduras e proteínas de águas de enxágue com membranas de UF.

Relacionado à lactose, a membrana de NF teve uma boa retenção a lactose, isto se deve ao fato da seleção adequada da membrana, a qual permite a passagem dos

Tabela 3: Rejeições da membrana de NF para cada condição experimental

P (MPa)	V (m/s)	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactose (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	Fósforo (mg/L)	Fluxo (L/h. m <sup>2</sup> )
1	0,53	88,7±1,	97,3±0,	88,9±0	94,7±0	98,4±1	69,7±3,6	97,1±	23,0±
		2	2	,6	,8	,2		0,1	2,1
1	1,61	90,0±2,	97,9±0,	89,5±3	94,2±1	98,3±2	74,5±1,1	97,3±	31,6±
		4	9	,3	,4	,2		1,0	3,3
2	0,53	79,4±9,	97,9±0,	85,7±1	95,6±1	98,4±1	74,8±3,8	97,6±	37,4±
		2	5	,8	,9	,3		0,8	0,3
2	1,61	92,1±1,	98,3±0,	89,7±2	96,6±0	98,8±1	76,0±7,2	98,0±	53,0±
		4	7	,1	,3	,6		0,2	1,9

sais (demonstrado na menor rejeição de condutividade elétrica). Obteve-se uma concentração de lactose no final do permeado de 54mg/l, quase duas vezes a inicial e mais de 32 vezes menor que o retido final. Para uma membrana de NF essas concentrações são consideradas excelentes resultados. A concentração dos açúcares no retido da membrana de nanofiltração e a separação dos açúcares redutores do leite reconstituído foi alta, conforme o esperado. A eficiência da membrana variou entre 96,02% no início e 98,8% no final do processo.

A maior passagem de sais através da membrana de NF atribuiu à corrente deste permeado uma maior concentração de sólidos totais. Se um dos focos de reúso desta água fosse a utilização para reposição de caldeiras e de torres de resfriamento, a presença de sais é indesejada, e portanto, a NF apresenta desvantagens nesse sentido. Quanto à passagem de carga orgânica através das membranas (expressa pela DQO), os resultados foram semelhantes, de modo que a membranas obteve rejeições na faixa de 97% - 99%, resultando em baixíssimas concentrações deste indicador de poluição ambiental no permeado (cerca de 20 mg/L).

Dentre as condições experimentais testadas, a velocidade tangencial demonstrou apresentar pequeno (ou mesmo nenhum) efeito sobre as variáveis de resposta. Quanto à combinação das condições experimentais, a condição que obteve o máximo fluxo permeado foi aquela com 2 MPa de pressão e 1,61 m/s de velocidade tangencial para a membrana.

### *Agradecimentos*

Ao professor Dr. Vandr e Barbosa Brião, pela oportunidade, pela confiança, por todos os ensinamentos, por me proporcionar e incentivar o desenvolvimento científico.

A FAPERGS pelo auxílio e incentivo a pesquisa, a todas as pessoas que direta ou

indiretamente contribuíram para essa experiência de inicia o científica.

### **REFERÊNCIAS**

BRIÃO, Vandr e Barbosa. **Processos de separa o por membranas para reuso de efluentes de laticínios.** Maringá, 2007. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-gradua o em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).

GEA FILTRATION. **Filtra o por membranas.** Catálogo de exposi o, 2006. Disponível em: <<http://www.geafiltration.com/index.asp>> Acesso em: 29 abril. 2013.

PEIRANO, M.M.F. **Tratamento de efluentes em laticínios.** Revista Leite e Derivados, n 21. São Paulo: Dipemar, 1995.

SKELTON, Robert. **Membranes in food processing. Filtration and Separation.** Amsterdam: Elsevier Science, 2000.

### **CONSIDERA OES FINAIS**

O processo de filtra o tangencial por membrana de NF apresentou ótimos resultados de rejei o, todos os parâmetros avaliados apresentaram valores acima de 69%.

A composi o final da corrente de permeado demonstra eficiência do processo como um todo, uma vez que possui valores baixos de proteínas, inclusive de sais minerais.