



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios

L. F. W. Brum ^a, L. C. O. Santos Júnior ^b, S. Benedetti^c

a. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,
luisfbrum.engenheiro@gmail.com

b. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,
luisc_oliveirajr@yahoo.com.br

c. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,
silvibene@gmail.com

Resumo

A indústria de laticínios é uma atividade de grande importância na economia mundial, sendo o Brasil o sétimo maior produtor. Este setor tem convivido com o excesso de consumo de água durante os processos de higienização, o que representa mais de 80% da demanda, sendo que esta em indústrias agrícolas é tratada em sistema de tratamento de resíduos. Algumas sugestões foram feitas para diminuir o potencial poluente dos efluentes da indústria de laticínios, propondo a inclusão de uma tecnologia que utiliza membranas, como parte do processo, buscando a recuperação e concentração de sólidos no leite presentes na água de lavagem, a partir do primeiro enxágue, aplicação de tais sólidos na fabricação de produtos derivados do leite e da água residuária como fonte de água de regresso para o processo industrial, tendo em conta o volume da produção de leite UHT e creme em uma indústria de laticínios de grande porte situada em Carazinho / RS - Brasil. Para minimizar a geração de efluentes, um dos principais caminhos é a reutilização da água incorporada na fábrica. O tratamento do excedente da produção pode não só permitir a sua reutilização, mas a recuperação de proteína e gordura, para posterior incorporação. O fracionamento do efluente através da utilização de tecnologia de separação por membranas em concentrado e rejeito sugere a utilização de duas correntes. Uma alternativa promissora é a utilização deste concentrado, rico em proteína e gordura nos produtos lácteos, substituindo-se parte da matéria-prima. A utilização da água residuária, como água de retorno ao processo é possível através da sua utilização como água para a limpeza. A redução do volume de efluente liberado e a minimização da carga do efluente são as principais vantagens da aplicação deste tipo de tecnologia na indústria de laticínios. Assumindo o volume de produção da indústria de laticínios de grande porte situada em Carazinho / RS - Brasil, o volume de efluente a ser retirado da ETE seria de aproximadamente 435.200 L / dia devendo ter a reintegração de cerca de 130.500 L / dia de águas residuárias recuperadas para o processo industrial. Além disso, a inserção de sólidos solúveis totais recuperados em uma linha de produtos lácteos açucarados como um ingrediente parcial alavancariam o benefício econômico através de uma produção de cerca de 304.700 L / dia de resíduos de leite.

Palavras-Chave: indústria de laticínios, a reutilização, efluentes, resíduos de leite, membranas.

1 Introdução

A indústria de laticínios representa uma atividade de grande importância na economia mundial, sendo o Brasil, o sétimo maior produtor (EMBRAPA, 2007). Em 2005 foram produzidos cerca de 24 bilhões de litros de leite, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2007). A região Sudeste é responsável por 39%, alavancada principalmente pelo Estado de Minas Gerais, que produziu cerca de 6,9 bilhões de litros no ano de 2005. O principal enfoque econômico do setor está no suprimento. A região sul é a segunda maior produtora de leite do país. Rio Grande do Sul e Paraná apresentam a maior parte da produção. No entanto, além de suprir demandas nutricionais, as agroindústrias devem estar envolvidas em uma nova contribuição, a de colaboradoras para o desenvolvimento sustentável.

O setor de laticínios tem convivido com o consumo de água de limpeza, que representa mais de 80% da demanda de água nestas agroindústrias, sendo posteriormente tratada em sistema de tratamento de resíduos. Os sólidos solúveis e suspensos, tratados nestes sistemas, representam parte da matéria prima ou resíduos de sanitizantes. Considerando os diferentes estágios de geração de efluentes na indústria de laticínios, as etapas de limpeza também acrescentam às águas compostos tanto derivados do leite, quanto estranhos à sua composição (BRIÃO, 2007).

As unidades de beneficiamento apresentam detalhes e diferenças entre processos, procedimentos e produtos. Um esquema geral pode ser resumido conforme apresentado na Figura 1.

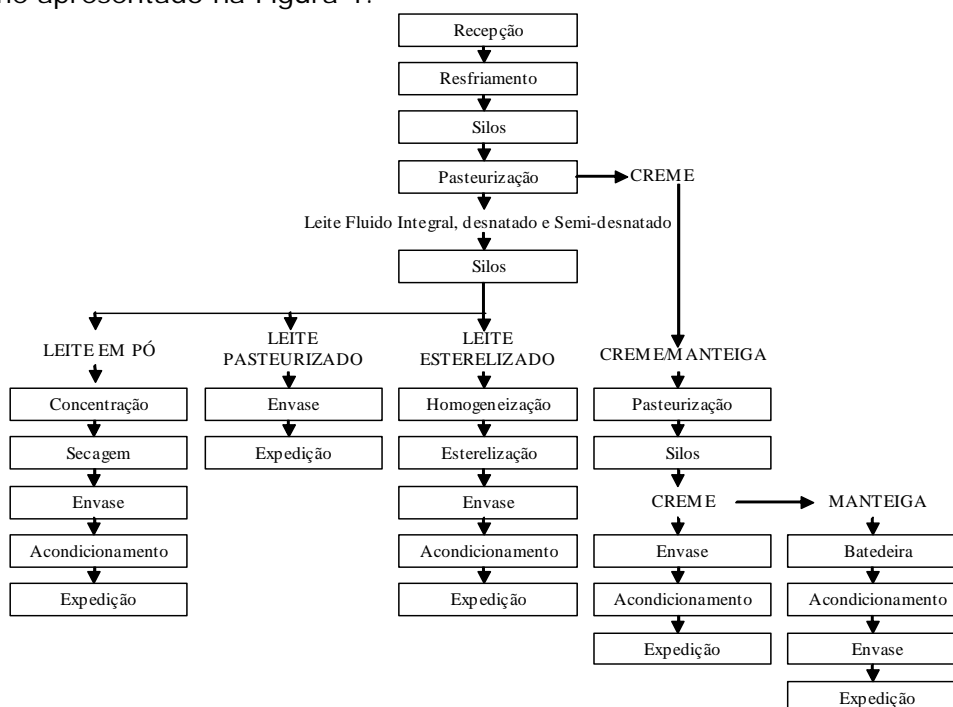


Fig. 1. Diagrama geral da produção de laticínios
Adaptado de Brião (2007)

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 (BALLANEC et al., 2002).

Segundo Brião (2000), o volume de efluente gerado pelas usinas de beneficiamento de leite varia de acordo com cada processo e produto produzido. Contudo, o coeficiente médio utilizado para projeto e estimativas para a indústria brasileira de laticínios é de um litro de efluente gerado para cada litro de leite

produzido ou processado, o que representa, em nível de produção nacional, a emissão de 24 bilhões de litros de água residual.

A operação de higienização das indústrias de laticínios tem como objetivo primordial a remoção de resíduos orgânicos e minerais aderidos às superfícies, constituídos principalmente por proteínas, gorduras, carboidratos e minerais. Em geral, a higienização dos laticínios utiliza o sistema de limpeza "Cleaning In Place" (CIP). O Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT (2007) descreve as etapas que envolvem o sistema CIP de limpeza, conforme o fluxograma ilustrado na Figura 2.

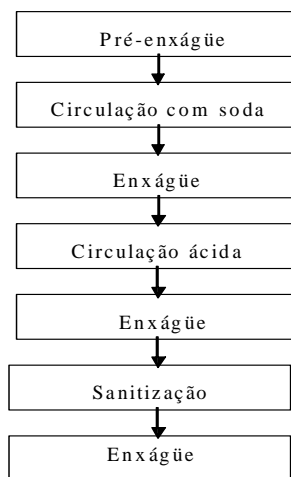


Fig. 2. Fluxograma da limpeza CIP SBRT (2007)

A recuperação de subprodutos na indústria de alimentos é foco de estudos ao longo de anos, e vários setores tem procurado minimizar os efluentes com a valorização de subprodutos. Em geral, o efluente contém grande quantidade de matéria orgânica, abrindo um espaço para a aplicação de tecnologias, como por exemplo, a utilização de membranas (SKELTON, 2000).

Os conceitos e procedimentos das Tecnologias Limpas visam à valorização de matérias primas e de resíduos. Considerando o cenário internacional do tratamento de efluentes de laticínios em sistemas de tratamento de resíduos (*end-of-pipe technologies*), o objetivo do presente trabalho, é apresentar algumas sugestões para a diminuição do potencial poluidor do efluente da indústria de laticínios, através da proposta da inclusão de uma tecnologia utilizando membranas, como parte integrante do processo, buscando a recuperação e concentração de sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágüe dos equipamentos, e aplicação desses sólidos na fabricação de produtos derivados de origem láctea e da água proveniente do permeado como água de retorno do processo industrial, considerando o volume de produção de leite UHT e creme de uma indústria de laticínios de grande porte situada em Carazinho/RS-Brasil. O trabalho está apresentado na forma de uma revisão voltada para a proposta, visando analisar o setor e a relação entre os tratamentos de efluentes tradicionais e a recuperação de sólidos suspensos e solúveis na etapa de pré enxágüe.

2 Composição dos efluentes de laticínios

Segundo Peirano (1995), o efluente gerado na higienização compõe um licor rico em gorduras, carboidratos (lactose, principalmente) e proteínas (caseínas, principalmente) que passam a ser contaminantes se lançado diretamente em corpos receptores.

Os poluentes inorgânicos, em especial nitrogênio e fósforo, são gerados em grande quantidade em processadoras de laticínios, uma vez que o leite possui cerca

de 3% de proteínas e 1.000 mg.L⁻¹ de fósforo. Embora essenciais como nutrientes para tratamentos biológicos, quando em excesso, ocasionam extrapolações do efluente gerado, o que pode vir a causar a eutrofização dos rios. O valor característico da DQO para efluente industrial de laticínio encontrado por Brião (2000) é de aproximadamente de 2 g.L⁻¹.

3 Cenário do emprego da filtração tangencial em efluentes de laticínios

Na indústria de laticínios, os processos de separação com membranas apresentam um grande potencial para o tratamento de efluentes, visto que seria possível atingir a redução da carga orgânica. O reuso e o reciclo de efluentes surge como uma alternativa para a minimização do lançamento de efluentes, evitando a sobrecarga nos sistemas de tratamento e servindo como uma ferramenta na redução de custos. O concentrado obtido (carga orgânica) pode ser reaproveitado, uma vez que a legislação vigente permite a adição de sólidos de origem láctea como ingrediente de vários produtos lácteos com baixa umidade, adicionados de sacarose, como por exemplo, o doce de leite e o leite condensado (BRASIL, 1997).

A Figura 3 ilustra o processo integrado para a redução da carga poluidora nos efluentes de laticínios.

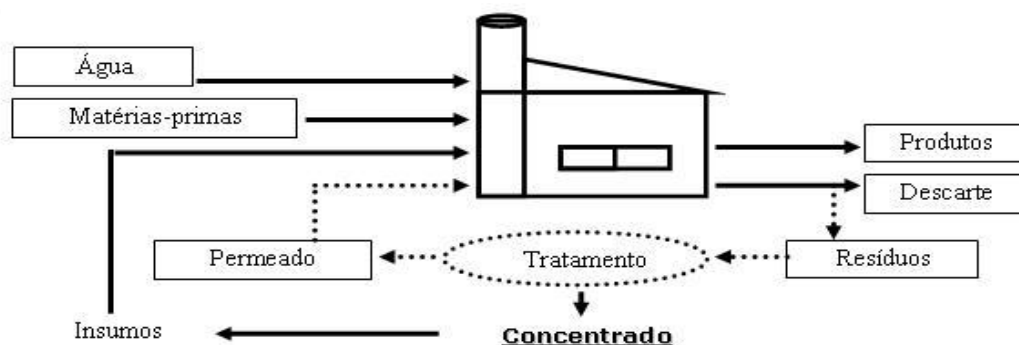


Fig. 3. Processo integrado ao sistema industrial para redução do lançamento de carga orgânica
Adaptado de Brião (2007)

Os processos com membrana surgiram como uma nova classe de processos de separação que utiliza membranas como uma barreira seletiva, que separa duas fases, restringindo total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies presentes na fase (SIDNEY, 1999). Uma membrana é uma fase permeável ou semipermeável, frequentemente um fino polímero sólido que restringe o movimento de certas espécies (SCOTT; HUGHES, 1996).

A aplicação de processos com membranas tem sido motivada pelas vantagens que os mesmos apresentam em relação às operações clássicas. As principais vantagens são que esses processos geralmente são atérmicos, não envolvem mudança de fase, não necessitam de aditivos químicos, são simples em conceito e operação, são modulares e apresentam facilidade para realização de ampliação de escala, necessitam de baixo consumo de energia, apresentam um uso racional de matérias primas e recuperação de subprodutos (DRIOLI; ROMANO, 2001).

As principais limitações da tecnologia de membranas são a fragilidade das membranas e a deposição de substâncias na sua superfície. O uso de pressões elevadas, como no caso da osmose inversa, as paradas para limpezas e as limitações práticas do nível máximo de concentração a ser atingido também podem ser citados como desvantagens do processo (BJERKE, 1980; CUPERUS, 1998; MULDER, 1991).

A osmose reversa (ou osmose inversa) é um processo de remoção de água por alta pressão, para concentração de soluções com componentes de baixo peso molecular, ou clarificação de efluentes, com alta eficiência energética, que objetiva a separação de solutos iônicos, (orgânicos e inorgânicos) e macromoléculas de correntes aquosas e utiliza alimentação tangencial (STRATHMANN, 1981). A ultrafiltração é um processo de separação seletiva utilizado para concentrar e purificar componentes de peso molecular médio a alto, tais como proteínas lácteas, carboidratos e enzimas. A nanofiltração é um processo de filtração entre ultrafiltração e osmose inversa que proporciona separações altamente específicas de componentes com baixo peso molecular, tais como açúcares de minerais dissolvidos e sais. A microfiltração é um processo de separação de componentes em suspensão com alto peso molecular e de compostos coloidais gerados pela dissolução de sólidos, em baixas pressões (GEA, 2006).

De acordo com Brião (2007), o fracionamento do efluente de laticínios em permeado e rejeito abre a hipótese para uso das duas correntes. O permeado apresenta uma concentração moderada de matéria orgânica (basicamente lactose, elevando a DQO), dificultando sua aplicação. No entanto, o enxágue inicial, que visa à remoção grosseira, poderia ser testado com esta corrente. O enxágue inicial com o permeado poderia reduzir o volume de água fresca utilizada para o enxágue posterior. Embora a utilização de membranas seja passível de remoção microbiológica, há o risco da recontaminação, uma vez que o permeado ainda contém uma considerável concentração de açúcares (lactose). Uma reutilização imediata seria necessária para evitar tais problemas. De qualquer modo, o sistema teria ainda como garantias a limpeza CIP, que visa à remoção de matéria orgânica, sais minerais, e também a descontaminação microbiológica (ou sanitização), se necessária.

Para Skelton (2000), na indústria de laticínios, uma promissora alternativa seria a aplicação deste concentrado, rico em proteínas e gorduras, em subprodutos lácteos, substituindo-se parcialmente a matéria prima por este concentrado. A adição de sólidos de origem láctea é permitida pela legislação brasileira (BRASIL, 1997) e já vem sendo executada comercialmente por algumas empresas do ramo, utilizando-se, entretanto, o leiteiro (soro resultante do batimento da manteiga) ou mesmo o soro de queijo para esse fim. Somente o efluente do enxágue inicial seria aproveitado para ser inserido em subprodutos, pois os enxágues posteriores carregam consigo os resíduos de hidróxido de sódio ou ácido nítrico, soluções estas utilizadas para a limpeza CIP do sistema. Além disso, uma etapa de pasteurização após a filtração torna-se necessária, uma vez que, se o resíduo for proveniente de um tanque de leite *in natura*, este efluente possui ainda grande carga microbiana, garantindo também a possibilidade de um armazenamento temporário do concentrado (BRIÃO, 2007).

4 Vantagens ambientais e econômicas para a recuperação dos compostos solúveis e suspensos nos efluentes de laticínios

A redução do volume lançado e a minimização da carga do efluente da indústria de laticínios podem ser abordadas com duplo foco. O primeiro se refere à redução do consumo de água, a qual é obtida por meio da prevenção. A segunda abordagem é realizada com o tratamento "*in plant*", na qual processos são instalados em complementação aos tradicionais, buscando remover a carga orgânica do efluente e recuperando um concentrado para a reutilização (BRIÃO, 2008).

Considerando o volume de produção de uma indústria de laticínios de grande porte do Rio Grande do Sul, que possui um valor de 571.725 T/dia para a produção de leite UHT *brik*, 93.344 T/dia para a produção de leite UHT garrafa e 15.622 T/dia para a produção de creme *brik* e lata, o volume de efluente gerado e encaminhado

para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) será de aproximadamente 680.000 L/dia.

Assumindo que cerca de 80% deste volume de efluente produzido seja proveniente do processo de higienização (CIP) e, destes, 80% sejam provenientes da etapa de pré enxágue, logo o volume de efluente que seria retirado da ETE seria de aproximadamente 435.200 L/dia.

Segundo Pires et al. (2007), o fluxo da corrente de permeado obtido para o processo de osmose inversa para águas residuárias obtidas pelo primeiro enxágue dos equipamentos foi de $30 \text{ kg.m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Sendo assim, seria possível assumir, para o volume de 435.200 L/dia de água residuária proveniente do primeiro enxágue dos equipamentos, que o volume de permeado gerado após o processo de osmose inversa seria de aproximadamente 130.500 L/dia e o volume de rejeito contendo os sólidos solúveis de aproximadamente 304.700 L/dia.

A caracterização das correntes de permeado e rejeito torna-se indispensável para seu posterior reuso nos processos industriais. A aplicação de qualquer corrente com contaminação proveniente dos processos de filtração ou armazenamento, mesmo após a pasteurização, teria consequências desastrosas após o consumo humano dos produtos subsequentes. Assim, os parâmetros microbiológicos, que são conhecidos através da literatura e da legislação, devem ser respeitados através de procedimentos adequados de manipulação e de operações com as correntes obtidas para que o retorno destas ao processo industrial seja possível.

Além dos parâmetros microbiológicos, é de indispensável conhecimento a caracterização dos componentes destas duas correntes para a adequação no processamento. Segundo dados encontrados por Pires et al. (2007), é possível reintroduzir a corrente do permeado como água de processo com fins não compatíveis ao consumo humano, ou seja, para lavagens de piso, caminhões, ou como água de caldeira ou resfriamento. Já a corrente do rejeito, apresenta características que concedem sua reintrodução no processo para fins de consumo humano. As Tabelas 1 e 2 demonstram as características encontradas por Pires et. Al. (2007) para a caracterização das correntes de permeado e rejeito, respectivamente.

Analisando os dados apresentados, referentes à água resultante, de acordo com as características físico-químicas, esta não necessitaria passar pela estação de tratamento de efluentes, sendo inclusive passível de utilização direta na indústria: lavagem de caminhões, pisos e sanitários.

A reinserção de aproximadamente 130.500 L/dia de água residuária recuperada no processo industrial, considerando o volume de efluente gerado pela indústria de laticínios de grande porte do Rio Grande do Sul, que é de aproximadamente 680.000 L/dia, acarretaria em grande economia no consumo de água pela indústria e intensa diminuição do impacto ambiental que seria causado tanto pela entrada desta quantidade de água contendo sólidos solúveis orgânicos no meio ambiente, quanto pela retirada deste volume dos mananciais e lençóis d'água, que poderiam ser preservados.

Tabela 2 Valores obtidos por Pires et al. (2007) para a caracterização da corrente de permeado obtida pelo processo de filtração por osmose inversa.

FC	Carboidratos	Proteínas x 10 ³	Gorduras x 10 ³
	(g/100mL)	(g/100mL)	(g/100mL)
1	ND	7,20 ± 0,00	75,50 ± 0,64
2	ND	10,30 ± 0,63	83,00 ± 0,99
4	ND	9,00 ± 1,27	82,50 ± 1,20
8	ND	9,00 ± 0,00	101,00 ± 2,12
16	ND	11,20 ± 3,17	96,00 ± 0,28
32	ND	10,30 ± 0,63	121,00 ± 1,27

ND: não detectado

Tabela 3 Valores obtidos por Pires et al. (2007) para a caracterização da corrente de concentrado obtida pelo processo de filtração por osmose inversa.

FC	Carboidratos	Proteínas	Gorduras	Cinzas	Sólidos Totais
	(g/100mL)	(g/100mL)	(g/100mL)	(g/100mL)	(g/100mL)
1	0,082	0,067	0,059	0,019	0,227
2	0,153	0,142	0,105	0,034	0,434
4	0,358	0,186	0,162	0,086	0,793
8	0,570	0,673	0,497	0,199	1,939
16	1,085	1,010	0,777	0,299	3,171
32	2,281	1,684	1,227	0,548	5,739

Sendo assim, é aceitável a realização da análise de viabilidade técnica e econômica para a implementação de uma planta de filtração, utilizando osmose inversa para a recuperação de sólidos solúveis e de água residuária provenientes de águas de primeiro enxágue de indústrias de laticínios, mesmo considerando a depreciação dos equipamentos e suas instalações, como um objetivo a ser alcançado a longo prazo e ainda passível de interligação e divisão de custos com demais indústrias da região, mediante um estudo mais detalhado de viabilidade econômica.

Além disso, os sólidos solúveis recuperados podem ser reutilizados em uma linha de processamento de produtos lácteos açucarados, como já permite a legislação brasileira, desde que apresentem parâmetros de utilização aceitáveis e sejam inseridos como ingrediente parcial. Com isso, o benefício econômico seria alavancado, mediante uma produção de aproximadamente 304.700 L/dia de resíduos lácteos.

5 Considerações finais

A viabilidade técnica de concentrar águas de primeiro enxágue utilizando a tecnologia de separação por membranas, através da osmose inversa, é aceitável de acordo com os parâmetros apresentados neste estudo. A utilização do permeado e concentrado obtido como água de processo e produção de produtos lácteos açucarados, respectivamente, são capazes de atender padrões físicoquímicos de identificação e qualidade exigidos pela Legislação. Isso é de grande interesse para a obtenção de retorno econômico para a indústria, pois há diminuição do consumo de água e substituição parcial ou venda de matéria prima e diminuição do impacto ambiental, com a minimização do lançamento de resíduos orgânicos com alta carga

poluidora. Contudo, qualquer intenção de implementação industrial de um sistema desse porte exige uma análise econômica mais apurada.

6 Referências

BALANNEC, Béatrice; GENEVIÉVE, Gésan-Guiziu; BERNARD, Chaufer; MURIELLE, Rabiller-Baudry; GEORGES, Daufin. **Treatment of dairy process waters by membrane operations for water reuse and milk constituents concentration.** Desalination, Rennes: Elsevier Science Publisher B.V, v. 147, p. 89 – 94, 2002.

BJERKE, B. **Membrane technology and costs: the state of art.** Desalination, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V, v. 35, p. 375 – 382, 2002.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Portaria nº354, de 4 de setembro de 1997. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do doce de leite. Brasília, DF, 1997.

BRIÃO, Vandrê Barbosa. **Estudo de prevenção à poluição em uma indústria de laticínios.** Maringá, 2000, 71 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).

BRIÃO, Vandrê Barbosa. **Processos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticínios.** Maringá, 2007, 94 p. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).

BRIÃO, Vandrê Barbosa; TAVARES, Célia Regina Granhen. **Ultrafiltração como processo de tratamento para o reuso de efluentes de laticínios.** *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23-Ago-2008.

BYLLUND, Gösta. Tetra Pak Dairy Processing Handbook. Sweden: Tetra Pak Processing System, 1995.

CUPERUS, F. Petrus. **Membrane process in agro-food: the state-of-the-art and new oportunites.** Separation and Purification Technology, Amsterdam : Elsevier Science Publisher B.V, v. 14, p. 233 – 239, 1998.

DRIOLI, Enrico; ROMANO, Maria. **Progress and new perspectives on integrated membrane operations for sustainable industrial growth.** Industrial Engineering Chemical Research, American Chemical Society, v. 40, n. 5, p. 1277 – 1300, 2001.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Gado de leite. Estatísticas Agropecuárias, 2006. Disponível em: <http://www.cnpl.embrapa.br>. Acesso em: 27-Ago-2008.

GEA FILTRATION. **Filtração por membranas.** Catálogo de exposição, 2006. Disponível em: <http://www.geafiltration.com/index.asp>. Acesso em: 05-Jul-2008.

HORST, H.C. Van der; HANEMAAIJER, J.H. **Cross flow microfiltration in the food industry – the state of art.** Desalination, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V, 1990, v. 77, p. 235-258.

LEITE & DERIVADOS. **A gestão do desperdício: laticínios ganham o reforço da tecnologia na instalação de sistemas de reuso de efluentes industrial.** Ano XVI N°10, p. 36-39, 2007.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 05-Jul-2008.

- MULDER, Marcel. **Basic principles of membrane technology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 363 p., 1991.
- PEIRANO, M.M.F. **Tratamento de efluentes em laticínios**. Revista Leite e Derivados, nº21. São Paulo: Dipemar, 1995.
- PIRES, C.A.; GALERA, D.B.; BRUM, L.F.W; SIBEN, M.Z.; BRIÃO, V.B.; SCHULZ, J.G. **Recuperação de sólidos lácteos de águas de primeiro enxágue por osmose inversa e sua aplicação na produção de doce de leite**. Passo Fundo: UPF, 2007, 63 p. (Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo).
- SBRT. **Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas**. Higienização na indústria de laticínios. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3449.pdf>. Acesso em: 05-Jul-2008.
- SCOTT, K.; HUGHES, R. **Industrial membrane separation technology**. London: Blackie Academic & Professional, 305 p., 1996.
- SIDNEY, M. L. O. **Osmose inversa de água para a aplicação na hemodiálise**. Uberlândia: EdUFU, p. 23-36, 1999.
- SILVA, D. J. P. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio**. Tese de Mestrado. Universidade de Viçosa. Viçosa, 101 p, 2006.
- SKELTON, Robert. **Membranes in food processing**. Filtration and Separation. Amsterdam: Elsevier Science, 2000, v. 37, n. 3 p. 28 – 30, 2000.
- STRATHMANN, H. **Membrane Separation Process**. Journal of Membrane Science, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V, v. 9, p. 121 – 189, 1981.
- VOURCH, Mickael; BALANNEC, Béatrice; BERNARD, Chaufer; GÉRARD, Dorange. **Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse**. Desalination, Rennes: Elsevier Science Publisher B.V, v. 219, p. 190 – 202, 2007.