

Área: Tecnologia de Alimentos

TRATAMENTO DE EFLUENTE CERVEJEIRO PARA REUSO DE ÁGUA

Dirce Paula Breda*, Mara Regina Linck

*Pesquisa em Química III, Curso de Química (B), Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de
Passo Fundo, Passo Fundo, RS*

**E-mail: dircepaulabreda@gmail.com*

RESUMO – Na produção de cerveja são gerados efluentes líquidos com elevada carga orgânica, devido ao alto teor de sólidos suspensos e concentrações de fósforo e nitrogênio, que mesmo após o tratamento biológico necessita integração de outros sistemas de tratamento para a reutilização de água na indústria. Este segmento de indústria produz de 3-10L de águas residuárias por litro de cerveja. Em sua composição contém: açúcares, amido solúvel, etanol, ácidos graxos voláteis e sólidos em suspensão, portanto, soluções eficazes de tratamento de efluente tornam-se importantes questões para proteger o meio ambiente. Os reatores anaeróbios de alta taxa como o reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) são tecnologias eficazes para o tratamento de águas residuárias de cervejaria, porém para o reuso é necessário integrar a um sistema que possibilite uma melhora na qualidade final do efluente. Estudos mostram o tratamento bem-sucedido, utilizando um reator anaeróbio com membrana de ultrafiltração, com remoção de 99% de DQO com uma carga orgânica de 20g/L/dia. Portanto, a reutilização de águas residuárias de cervejaria é inevitável, não só pela necessidade de conservar a qualidade da água, mas também devido aos recursos hídricos limitados. A recuperação de águas residuárias é crucial para ter recursos sustentáveis e para isso a integração de sistemas de tratamentos é bastante promissor.

Palavras-chave: ultrafiltração, águas residuárias, reutilização.

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida no nosso planeta, sendo um dos recursos naturais mais importantes para a sociedade. Apesar de a água poder ser encontrada na natureza de forma abundante, apenas uma pequena parte é recomendável para o consumo humano. Dessa forma um conceito novo de conscientização de sua preservação, está ganhando força com a reutilização da água pela população, com vistas a soluções mais sustentáveis.

Neste sentido, o reuso de águas tem sua fundamental importância devido ao consumo desenfreado das reservas naturais e o alto crescimento populacional e industrial, onde, grandes volumes podem ser poupados com o reuso de água de efluente tratado, favorecendo a redução da demanda sobre os mananciais, reduzindo poluentes a níveis aceitáveis e disponibilizando a água apropriada para usos específicos, através de processos e tratamentos de efluente.

O setor industrial vem se conscientizando que a recuperação de águas residuárias está relacionado a preservação do meio ambiente e aos benefícios significativos que esta prática traz na redução de custos com tratamento de efluentes.

A indústria cervejeira requer o uso de elevados volumes de água limpa na produção de cerveja, porém uma grande quantidade de efluente gerado durante o processo de fabricação de cerveja é poluído por impurezas orgânicas. Considera-se que cerca de 45% da água utilizada em uma cervejaria se destina ao enxágue e cerca de 5% da cerveja é perdida em tubulações, fundos de tanques e rejeitos no envase, agregando ao efluente elevada carga orgânica. Assim, existe a necessidade de tratar as águas residuárias de uma forma que possibilite seu reuso para fins benéficos decorrente de ações planejadas.

Com base nestas características, o reuso vem sendo bem disseminado de forma crescente pelas indústrias, estimulado pelos reflexos financeiros associados aos instrumentos trazidos pela Lei 9.433 de 1997, que implementa a Política Nacional de Recursos Hídricos, permitindo que diferentes realidades se organizem em diferentes sistemas com base nas condições físicas e hidrológicas, de maneira consciente, considerando o ambiente e sua diversidade de modo que integre a oferta e demanda de água.

Segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o reuso da água constitui-se em prática a racionalização e a conservação dos recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos pela Agenda 21, e pode ser definido como o uso de águas residuárias ou água de qualidade inferior tratada ou não.

Um termo bastante aceito ao reuso de água é o uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos. Dessa forma uma elevada quantidade de água pode ter seu reaproveitamento dentro da indústria. As formas de reuso na indústria são: torres de resfriamento; lavagem de peças e equipamentos; irrigação de áreas verdes; lavagem de pisos e veículos; uso sanitário; e proteção contra incêndios. Conforme a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos de nº 54, de 28 de novembro de 2005, o reuso não potável de água abrange as seguintes modalidades conforme tabela 1.

Tabela 1: Modalidades para o reuso da água.



Fonte: CNRH nº 54/05.

Os padrões ambientais e padrões microbiológicos de lançamento são definidos pela Resolução 430/11, que complementa a Resolução 357/05, do CONAMA que dispõe sobre condições, parâmetros e diretrizes para

gestão e lançamentos de efluentes de corpos de água receptores, e a Resolução 355/17, do CONSEMA dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo a NBR 13969/97 da ABNT, o reuso de efluente deve ser planejado de modo que permita sua aplicação segura e racional para minimizar o custo de operação e implantação. Em termos gerais, é definido as seguintes classificações e parâmetros conforme o reuso:

Tabela 2. Classificações e parâmetros do efluente conforme reuso.

Classes	Parâmetros	Comentários
Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes:	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100mL; sólidos dissolvidos totais, inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.	Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;
Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.	Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários:	Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL.	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;
Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: ABNT – NBR 13969/97

2 MATERIAL E MÉTODOS

Um dos primeiros métodos de tratamentos adotados foi aplicação de forças físicas para a remoção de contaminantes. Porém métodos físicos removem matéria sólida grosseira, deixando poluentes dissolvidos. Mesmo com adição de coagulantes ou outros aditivos a sedimentação é considerada insatisfatória.

No mercado existem diversos tipos de produtos químicos que podem ser adicionados ao tratamento de águas residuárias, envolvendo ajuste de pH, coagulação e floculação. A coagulação e floculação são processos físico-químicos geralmente utilizados para a remoção de materiais em suspensão, como sólidos suspensos, característico no efluente cervejeiro. A adição do coagulante faz com que as partículas sejam desestabilizadas ocorrendo a formação de pequenos agregados devido ao movimento circular. Estas partículas sendo mais densas que o líquido, sedimentam com determinada velocidade. A sedimentação tem importante papel, pois gera um lodo mais concentrado, podendo ser facilmente removido por processos de separação como flotação e filtração.

O reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) é um dos sistemas mais utilizados na indústria cervejeira, devido sua composição orgânica e pela ampla gama de microrganismos que fazem a conversão dos poluentes orgânicos biodegradáveis em biogás. Neste processo, as águas residuárias entram por um tanque vertical na parte inferior do reator, encontrando uma manta de lodo anaeróbio, os microrganismos deste leito denso entram em contato com os substratos de águas residuárias, degradando e liberando biogás. Dessa forma, a medida que aumenta o biogás, o separador trifásico no topo do reator, separa a biomassa do biogás e da água residual.

Porém uma tecnologia da engenharia química e ambiental está sendo empregada no uso de separação por filtração através de membranas porosas, capazes de reter as impurezas, devido ao tamanho dos poros de cada membrana. Esta técnica está sendo associada a um reator anaeróbio, fazendo a integração da digestão anaeróbia e processo de membranas de ultrafiltração. As membranas têm a função de reter a biomassa, assim substituindo os decantadores biológicos garantindo um efluente tratado de melhor qualidade e uma significativa redução na área ocupada pelas instalações de um tratamento biológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização de efluentes é parâmetro importante para o tratamento de efluente, como a DQO: que determina a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica; sólidos totais: que indica a presença total de matéria orgânica presente no efluente; temperatura: importante devido ao seu efeito na vida aquática; e pH: indica se o meio está ácido, alcalino ou neutro. A tabela 3, mostra os principais efluentes de uma cervejaria e suas características.

Tabela 3. Principais efluentes do processo cervejeiro

Origem	L efluente/hl cerveja	DBO (mg/L)	% DBO
Prensagem de Grãos	1,41 - 2,37	15.000	3,5
Prensagem de Lúpulo	0,9	7.340	1,1
Lavagem Filtros Malte	5,9	4.930	4,6
Lavagem Fermento	1,2	7.400	1,2
Cerveja Filtrada do Fermento	1,2	69.000	13,3
Lavagem de equipamentos, despejos de cerveja, água de resfriamento e esgotos sanitários	-	-	76,3

Fonte: CETESB, 2005

O tratamento biológico é uma das alternativas mais econômicas para a degradação da matéria orgânica de efluentes biodegradáveis. Comparado com métodos físico-químicos ou químicos, o tratamento biológico tem três vantagens: a tecnologia do tratamento pela conversão biológica de compostos orgânicos por microrganismos anaeróbios em biogás, diminuição da DQO e DBO e baixo custo de investimento. No entanto, os sistemas biológicos ainda que sejam eficazes para tratamento de águas residuárias, a água de reuso requer mais eficiência no tratamento.

Uma alternativa encontrada está no tratamento biológico de efluentes integrado a sistemas de separação por membranas de ultrafiltração. As membranas têm a capacidade de reter a biomassa, assim podendo substituir os decantadores das estações de tratamento convencionais, garantindo um tratamento de efluente com maior qualidade. Em comparação com o tratamento biológico convencional, os biorreatores com membranas apresentam algumas vantagens como mostra a Figura 1:

Figura 1: Diagrama de um biorreator com membranas.

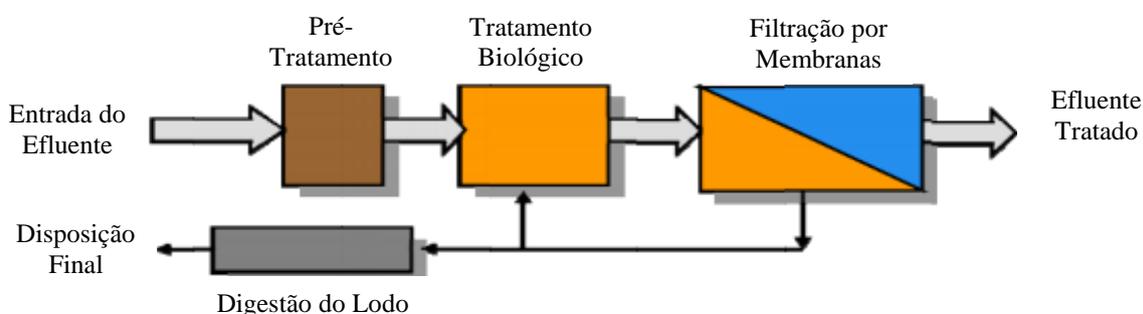
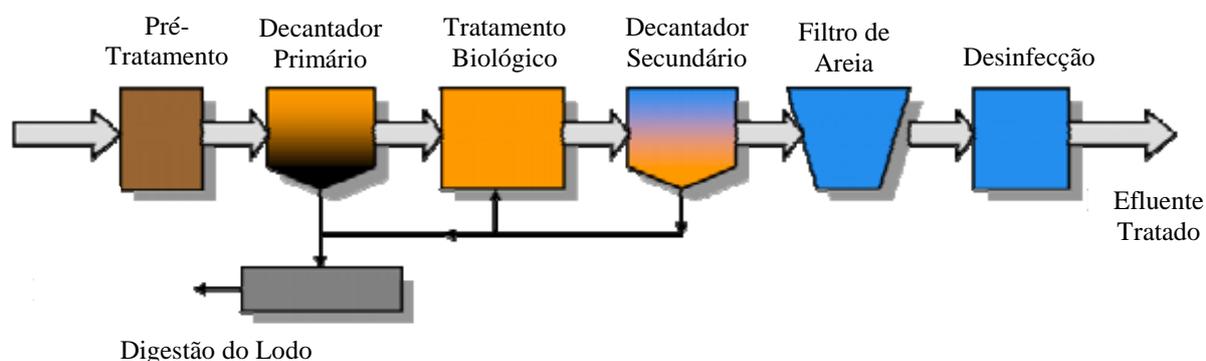


Figura 2: Diagrama de um tratamento convencional.



O reator anaeróbio de membrana é uma digestão anaeróbia integrada por um sistema de ultrafiltração por membranas capazes de reter completamente os sólidos suspensos, obtendo uma separação completa do tempo de retenção do sólido e tempo de retenção hidráulica.

Estudos mostram que é possível uma remoção de 99% de DQO com uma carga orgânica de 20g/L/dia, com uma concentração de 10 a 50g/L de sólidos em suspensão. A demanda química de oxigênio teve uma redução de 7,5, 11,5 e 17,3g/L, respectivamente para 220, 440 e 660mg/L. A análise de DQO do efluente e no permeado mostrou que a membrana de 0,04m de UF pode desempenhar um papel importante na redução de concentração.

4 CONCLUSÃO

A indústria cervejeira é considerada uma das principais fontes de contaminação ambiental e da água, devido as altas concentrações de demanda química de oxigênio e sólidos em suspensão. Como resultado desta poluição o efluente cervejeiro requer tratamentos completos. Assim, diferentes critérios ambientais e socioeconômicos devem ser avaliados para decidir qual tratamento é mais adequado. Atualmente temos alguns métodos de tratamento de água residuárias em operação sendo testados ou avaliados. Cada método tem suas vantagens e desvantagens, alguns com tecnologias complexas e caras, inviabilizando seu uso.

Neste estudo, pode ser avaliado que um tratamento preliminar com aplicação de forças físicas para a remoção de matéria sólida grosseira, integrando um tratamento de digestão anaeróbia com um sistema de ultrafiltração por membranas, mostram-se bem-sucedidos quanto a remoção de DQO, turbidez e sólidos em suspensão.

5 REFERÊNCIAS

- NAVARINI, Bruno. Pós-tratamento de efluente de cervejaria por ultrafiltração. 2013. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 092, de 16/05/2011. p. 89.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução 357 de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005. p. 58-63.
- CNRH - Conselho Nacional De Recursos Hídricos: Resolução nº. 54, de 28 de novembro de 2005 – Estabelece critérios gerais para reuso de água potável.
- ABNT – NBR 13969 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997
- G. S. Simate, et al. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination*, v 273, n. 2-3, p. 235-247, 2011.
- G. S. Simate, The treatment of brewery wastewater for reuse by integration of coagulation/flocculation and sedimentation with carbon nanotubes ‘sandwiched’ in a granular filter bed, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 21, p. 1277-1285, 2015.
- HAN Chen et al. Brewery wastewater treatment using an anaerobic membrane bioreactor, *Biochemical Engineering Journal*, v. 105, p. 321-331, 2015.
- MARSHALL, S. Sheldon; INNOCENTIA G. Erdogan, Multi-stage EGSB/MBR treatment of soft drink industry wastewater, *Chemical Engineering Journal*, v. 285 p. 368-377, 2015.
- SILVA, M. K., *Chemical Engineering Journal*, 2009. Trabalho de conclusão de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.