



Estudo do emprego de uma membrana de osmose inversa na substituição de um trocador iônico em uma estação de tratamento de efluentes galvânicos

Nathália Ferronato Livinalli¹, Ricardo Zelinski², Mara Zeni³, Camila Baldasso⁴

¹Universidade de Caxias do Sul (UCS), e-mail: nflivinalli@ucs.br

²Universidade de Caxias do Sul (UCS), e-mail: rzelinski@ucs.br

³Universidade de Caxias do Sul (UCS), e-mail: mzandrad@ucs.br

⁴Universidade de Caxias do Sul (UCS), e-mail: cbaldasso@ucs.br

Resumo

A pesquisa científica atualmente visa por novos processos industriais, com menor geração de resíduos, efluentes e consumo racional de recursos naturais. Este trabalho tem como parte do estudo uma estação de tratamento de efluentes galvânicos, onde os tratamentos convencionais não são capazes de remover completamente os contaminantes. Uma alternativa interessante para essa problemática é a utilização de trocadores iônicos, que são capazes de reter os contaminantes que se deseja remover e liberar os outros íons do leito de resina presente no equipamento, em contrapartida essa técnica apresenta limitações, como a geração de efluentes com elevada carga química, por isso para substituição dessa técnica, optou-se pelos processos de separação por membranas (PSM), que são capazes de remover os metais e aditivos, e ainda, possibilitar o reuso dos mesmos e da água. Neste trabalho analisou-se a eficiência de um processo de separação por membrana de osmose inversa na substituição da etapa do processo de trocador iônico no tratamento final de uma central de tratamento de efluentes galvânicos. Os resultados mostraram uma retenção de 93,38% para osmose inversa, representando a eficiência da substituição em um aumento de 16%.

Palavras-chave: Membrana de osmose inversa, Trocador iônico, Efluente galvânico.

Área Temática: Águas residuárias

Study of the use of a reverse osmosis membrane in the replacement of an ion exchanger at a galvanic effluent treatment plant.

Abstract

Scientific research currently aims at new industrial processes, with less generation of waste, effluents and rational consumption of natural resources. This work has as part of the study a treatment plant for galvanic effluents, where conventional treatments are not able to completely remove the contaminants. An interesting alternative for this problem is the use of ion exchangers, which are able to retain the contaminants that are desired to be removed and to release the other ions from the resin bed present in the equipment, in contrast this technique has limitations, such as the generation of effluents with high chemical load, so to replace this technique, we chose the membrane separation processes (MSP), which are able to remove the metals and additives, and also enable the reuse of the same and water. In this



work the efficiency of a membrane separation process of reverse osmosis in the substitution of the step of the ion exchanger process in the final treatment of a power plant for the treatment of effluents was analyzed. The results showed a retention of 93.38% for reverse osmosis, representing the substitution efficiency at a 16% increase.

Key words: Reverse osmosis membrane, Ion exchanger, Galvanic effluent

Theme Area: Waste water

1 Introdução

O cenário ambiental atual é um dos assuntos com maior urgência no mundo, sendo necessário estudos e análises a respeito dos aspectos e impactos ambientais que o setor industrial provoca, como a geração e lançamento em rios e lagos de efluentes contaminados e o consumo agravado dos recursos naturais. Uma das principais atividades responsáveis pelo lançamento de metais pesados nos recursos hídricos, é a indústria galvânica, que atua no tratamento de superfícies, melhorando a estética de peças, aumentando a resistência a corrosão, este processo vem sendo utilizado no setor automobilístico, bijuterias, eletrodomésticos e demais artigos decorativos (CASAGRANDE, 2009).

Os resíduos da galvanização são compostos por insumos químicos, águas de lavagem com alta carga metálica, como cromo, cobre, zinco, níquel, chumbo e ferro, compostos orgânicos, surfactantes, sólidos solúveis, sedimentáveis entre outros compostos (PETRINIC et al., 2015). Segundo Kawai (2008), o excesso desses metais no organismo humano pode causar desde dores de cabeça até alterações renais, neurológicas e problemas respiratórios. Entre os metais citados anteriormente, o níquel é o que possui maior preço, com aplicações industriais e comerciais importantes, como a produção de aço inox, devido a isso e ao seu alto poder contaminante, se torna imprescindível a remoção deste (COMAN et al., 2013).

Para a purificação dos efluentes, o uso dos tratamentos convencionais (coagulação, floculação, sedimentação e/ou flotação) nem sempre possuem a eficiência desejada para remoção completa dos contaminantes, não adequando a concentração final desses a legislação do estado do Rio Grande do Sul a Resolução CONSEMA 355/2017. Uma possibilidade interessante para conseguir com que o efluente tratado atinja a norma, é a utilização de trocadores iônicos, que são capazes de reter os contaminantes que se deseja remover e liberar os outros íons do leito de resina presente no equipamento, em contrapartida essa técnica apresenta limitações, como a geração de efluentes com elevada carga química, devido os produtos químicos e alta quantidade de água necessários para sua regeneração (GONÇALVES et al., 2010).

Uma alternativa para a substituição do processo de troca iônica são os processos de separação por membranas (PSM), capazes de recuperar os íons metálicos, e de produzir água reutilizável, apresentando a vantagem da simplicidade operacional. As membranas podem reter os metais através de sua estrutura com base na exclusão de tamanho, diferenças no coeficiente de difusão, carga elétrica, solubilidade ou combinação desses mecanismos, a maioria desses processos empregam membranas sólidas como barreiras seletivas, sendo as membranas poliméricas as que apresentam a maior seletividade (HOSSEINI et al., 2016). Em diversos trabalhos encontra-se a utilização de membranas na remoção de metais, como no estudo realizado por Aljendeel et al. (2011), demonstraram a remoção de soluções metálicas sintéticas em uma membrana de osmose inversa de poliamida, obtiveram 96,6% de remoção para cobre, 95,7% para níquel e 98,2% para zinco. Como também na avaliação realizada por Benvenuti et al. (2014), com efluentes contendo metais pesados utilizando eletrodialise



obtendo 95% de remoção de níquel, provando assim a eficiência das técnicas de separação por membranas. Sendo entre elas, a membrana de osmose inversa a escolhida nesse trabalho, devido sua intensa utilização em processos com solução aquosa, este modelo de PSM consiste no transporte do solvente através de uma membrana semipermeável, devido à aplicação de uma diferença de pressão sobre a solução mais concentrada, maior que a pressão osmótica desta solução (BAKALÁR; BOGEL; GAJDOLOVÁ, 2009). Um dos principais problemas que podem ocorrer na utilização de um sistema de osmose inversa, é o declínio do fluxo do permeado com o passar do tempo de utilização, isso se deve a fenômenos como *fouling* e polarização por concentração, esses fatores limitantes podem ser amenizados pelo pré - tratamento da solução de alimentação aliado a limpeza química periódica da membrana, que são capazes de remover o material depositado (MARTINS, 2012).

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo o estudo da eficiência de remoção de níquel (Ni^{+2}) de um processo de separação por membrana de osmose inversa na substituição da etapa do processo de trocador iônico no tratamento final de uma central de tratamento de efluentes galvânicos.

2 Metodologia

Materiais

Neste trabalho foi utilizada uma membrana plana espiral de osmose inversa, de poliamida, com camada seletiva de polissulfona, modelo TFC-2002-100G Metagoal®, com área 0,35 m² e porosidade 0,0001 µm. Os dados do processo de troca iônica utilizados para a comparação foram retirados de um trocador iônico de uma central de tratamentos de efluentes galvânicos de Guaporé-RS, lugar qual foi coletado o efluente para os ensaios no sistema da membrana de osmose inversa. As análises de concentração de níquel total (mg.L⁻¹) foram baseadas no SMEWW-Método 3030-E/3111-B descrito no *Standard Methods* para a espectrometria de absorção atômica utilizando equipamento modelo Aanalyst 200 - Perkin helme.

Métodos

O estudo do processo de tratamento de efluentes da central, foi efetuado de duas formas. Primeiro pela análise do processo atual, na etapa do trocador iônico e segundo pela proposta da substituição da etapa de trocador iônico pela etapa do sistema de separação por membrana de osmose inversa, apresentado na figura 1.

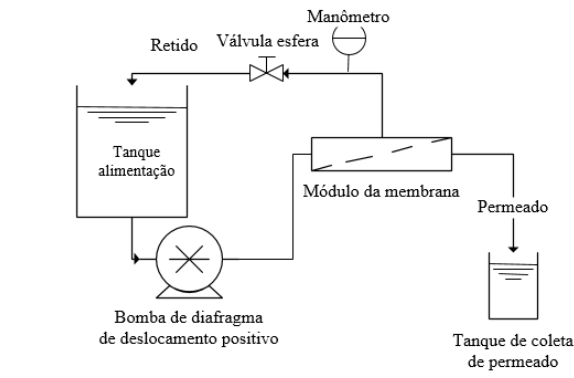
Figura1 - Diagrama atual da estação de tratamento de efluentes galvânicos e a substituição pelo PSM sugerido nesse trabalho.





Para os testes em laboratório, o efluente era coletado após a etapa do filtro prensa na central, e testado no sistema de bancada de membrana espiral de osmose inversa, na pressão de 6 bar, temperatura 28 ± 2 , representado pela figura 2.

Figura 2 – Fluxograma laboratorial do sistema de separação por OI.



O cálculo da retenção realizado para o trocador iônico e para a osmose inversa é dado pela seguinte equação.

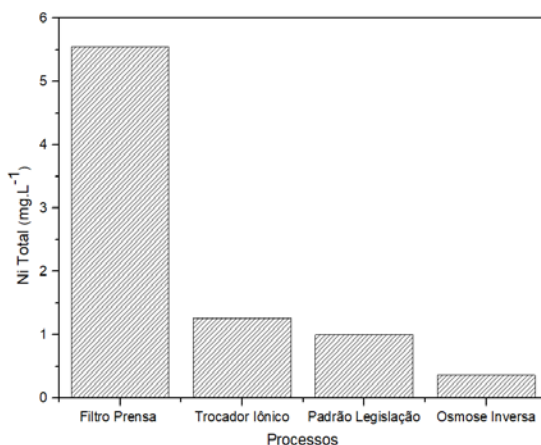
$$(R_0) = \left[1 - \left(\frac{C_p}{C_f} \right) \right] \times 100 \quad (1)$$

Na equação 1, R_0 é a retenção, C_f e C_p são respectivamente, a concentração da alimentação e após o processo. Neste trabalho as análises foram feitas tendo como alimentação a concentração final do processo de filtro prensa.

3 Resultados e Discussão

No gráfico abaixo são apresentadas as concentrações de níquel total em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, no final do processo de filtro prensa na estação (alimentação), após o processo de troca iônica representando o processo atual, e após a etapa de osmose inversa, demonstrando a eficiência da estratégia proposta.

Figura 3 – Gráfico das respectivas concentrações de alimentação, após TI, após OI, para avaliação da adição do processo de osmose inversa.





A concentração inicial de níquel utilizada nos cálculos foi de $5,55 \text{ mg.L}^{-1}$, após a etapa de troca iônica a concentração final foi de $1,26 \text{ mg.L}^{-1}$. A amostra da estação de tratamento testada no sistema de bancada de osmose inversa teve como concentração final $0,37 \text{ mg.L}^{-1}$, mostrando a maior retenção de 93,38% no tratamento do efluente galvânico em questão, adequando a concentração final a legislação que permite no máximo 1 mg.L^{-1} . Resultados semelhantes foram mencionados para soluções sintéticas, contendo sais de níquel como: 96,8% Quin et al. (2002), 99,7%, Ipek (2005), 99,5% Mohsem-Nia et al. (2007), Aljendeel et al. (2011) 95,7%, e completamente removido por Petrinic et al. (2015). Demonstrando à proximidade entre os resultados encontrados pelos autores, com o presente estudo proposto com efluente real.

As propriedades de transporte da membrana são o diferencial nessa comparação de processos, como o a seletividade discutida neste trabalho, esta está associada a afinidade entre o material da membrana e as espécies em solução, influenciando no transporte que ocorre por difusão ou exclusão química. Durante sua operação, a rejeição está associada à deposição do material na superfície ou no interior da membrana, e ainda a degradação química ou compactação do material polimérico da membrana (SHNEIDER, 2001). Já no trocador iônico a remoção ocorre por uma quantidade de íons retiradas em uma fase sólida insolúvel e a liberação da mesma quantidade equivalente de outras espécies iônicas armazenadas em sua estrutura (MIERZWA et al., 2005).

4 Conclusões

A eficiência da substituição do trocador iônico por técnica de separação pela membrana de osmose inversa na remoção de níquel de um efluente galvânico representou um aumento de 16%. O resultado demonstra a capacidade de realizar a substituição, aumentando o potencial de remoção da estação, resultando em efluente final satisfatório no cumprimento da legislação vigente.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Pesquisa em Química dos Materiais (LPQM) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6 Referências

ALJENDEEL, H. A. Removal of heavy metals using reverse osmosis. **Journal of Engineering**, v. 17, p. 647-658, 2011.

BAKALÁR, Tomáš; BÖGEL, Milan; GAJDOLOVÁ, Lucia. Heavy metal removal using reverse osmosis. **Acta Montanistica Slovaca**, Slovakia, v. 3, n. 14, p.250-253, ago. 2009.

BENVENUTI, T.; KRAPF, R. S. RODRIGUES, M. A. S.; BERNADES, A. M.; ZOPPAS-FERREIRA, J. Recovery of nickel and water from nickel electroplating waste water by electrodialysis. **Separation And Purification Technology**, v. 129, p. 106-112, 2014.

CASAGRANDE, Delci Fátima Meneghetti. **Minimização de impactos ambientais da indústria galvânica através do uso de soluções livres de cianeto**. Dissertação (Mestrado em



Qualidade Ambiental) – Programa de Pós- Graduação em Qualidade Ambiental, Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2009.

COMAN, V.; ROBOTIN, P. 2013. Nickel recovery/removal from industrial wastes: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, v.73, p. 229-238.

CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente). **Resolução CONSEMA nº 355**, Secretaria do Meio Ambiente, Estado do Rio Grande do Sul, 2017, 6p.

GONÇALVES. J.R, AFFONSO, C; et al. **Comparação entre um de sal amônio quaternário de quitosana e um trocador comercial na extração de fósforo disponível em solos**. Marechal Cândido Rondon, PR, 2010.

HOSSEINI, S. S., BRINGAS, E., TAN, N. R., ORTIZ, I., GHABRAMANI, M., & SHAHMIRZADI, M. A. A. Recent progress in development of high performance polymeric membranes and materials for metal plating wastewater treatment: A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 9, p. 78-110, 2016.

KAWAI, L. Poluição Ambiental. Disponível em: <http://www.profcupido.hpg.ig.com.br>. 2008.

MARTINS, D. F. **Estudo de banhos ácidos para a substituição de banhos alcalinos cianídricos na eletrodeposição de zinco sobre pregos**. 2009. 142f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005.143p.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTYIA, M. T. **Membranas Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso**. São Paulo: ABES, 2001. 233 p.