

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO E TÉCNICA DE SEPARAÇÃO E REGENERAÇÃO DE RESINAS DE TROCA IÔNICA

Lucas S. DYNA (1); Eduardo Ítalo S. RODRIGUES (2) André S. BARBOSA (3)

- (1) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Avenida Treze de Maio, 2081, Benfica; telefone (85) 3252-6263 e-mail: lucassdyna@hotmail.com
(2) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, e-mail: italo_rodrigues1@yahoo.com.br _
(3) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, e-mail: asbfortal@yahoo.com.br

RESUMO

Atualmente, nos laboratórios de química do IFCE, para separar e regenerar resinas saturadas trocadoras de íons utiliza-se um método de separação em baldes plásticos comuns e regeneração no próprio leito misto. Com a utilização desta técnica não é possível visualizar a separação das resinas e a sua operação demanda grande quantidade de tempo. O presente trabalho possui por objetivo fabricar e testar um equipamento para separar e regenerar resinas saturadas de modo mais rápido, que permita a visualização da separação e com a mesma qualidade de água produzida. Para tanto, foi construída uma peça cilíndrica de acrílico com saídas laterais e de fundo, para facilitar a drenagem das resinas separadas e o acoplamento de barrilhetes com soluções regenerantes. Foi utilizado um modelo tradicional de desionizador da marca Permution para realizar o teste do equipamento. Para separação das resinas foi utilizada solução de NaCl comercial; para regeneração das resinas catiônicas foi utilizado ácido clorídrico 10% (v/v) e; para as aniônicas hidróxido de sódio 4% (m/v). Os resultados apresentaram redução de tempo de cerca de 45% em relação ao método antes utilizado, condutividade elétrica abaixo de 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (desmineralização produzida dentro do esperado) e ótima visualização da separação.

Palavras-chave: trocadora iônica, regeneração, separação.

1 INTRODUÇÃO

Nos laboratórios de pesquisa o destilador é um dos sistemas mais utilizados com o objetivo de obter água desmineralizada (BENDASSOLI, et al., 2003), no entanto, devido ao grande consumo de água e energia, que gera impacto ambiental relevante (SPIRO, STIGLIANI, 2009), utilizado pelos destiladores, esta tecnologia vem sendo substituída por outras técnicas mais avançadas, principalmente os desionizadores de leito misto e sistemas de osmose reversa.

Apesar de sua utilização ter sido reduzida com a disseminação da tecnologia de filtração por osmose reversa, principalmente para o tratamento de água para a indústria, as resinas trocadoras iônicas ainda possuem grande importância para a produção de água reagente de laboratórios de diversas áreas científicas.

Dois problemas relevantes enfrentados pelos empreendimentos que utilizam trocadores iônicos orgânicos sintéticos para produção de água reagente são: a separação das resinas dos leitos mistos (SILVA, et al., 2006) e; a regeneração constante das cargas de resinas saturadas (DA SILVA et al., 1996). Esta dificuldade deve-se ao fato de não existir no mercado equipamento destinado a facilitar a regeneração e separação daquelas. Poucos são os laboratórios que separam e regeneram suas resinas *in locu*, normalmente este serviço é terceirizado.

Nos laboratórios de pesquisa, ensino e extensão do IFCE, foi desenvolvido um método de separar e regenerar as resinas de desionizadores tradicionais de laboratório. O método utilizado constituía-se em separar as resinas em baldes de plástico comuns utilizando solução supersaturada de NaCl, para posteriormente retirar a resina flutuante (aniônica) manualmente com um bquer, para em seguida utilizar o próprio leito para realizar os banhos de regeneração. Apesar de o método conseguir regenerar as resinas, o tempo dispensado utilizando-se desta técnica era demasiadamente longo e não era possível visualizar a separação, o que constantemente resultava em perdas de resinas.

O presente trabalho possui por objetivo desenvolver e testar um equipamento que reduza o tempo para separação e regeneração das resinas trocadoras iônicas de leito misto utilizados nos laboratórios do IFCE.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Troca Iônica no Tratamento de Água

O termo troca iônica tem, geralmente, a significação de permuta de íons de mesmo sinal, entre uma solução e um corpo sólido altamente insolúvel que está em contato com ela (MENDHAM et al., 2002). A troca de íons se verifica comumente na natureza (DOS SANTOS FILHO, 1989), sendo inclusive encontrada em relatos bíblicos, quando Moisés colocou uma casca de árvore podre (trocador iônico) em um jarro de água salobra que transformou-se em potável (OSORIO et al., 2002). No século XIX foram descobertos alguns minerais com a capacidade de troca entre cátions e que esta é reversível; estes minerais foram chamados de zeólitas. Em 1904, o químico alemão Gans produziu o primeiro silicato de alumínio artificial, com capacidade de troca de duas a três vezes maiores que as zeólitas artificiais. Esta descoberta foi importante para o surgimento do desenvolvimento industrial do tratamento de água utilizando trocadores de íons. Entre 1923 e 1927 surgiu o primeiro trocador de íons resistente aos ácidos (carvão sulfonado) e em 1936 a primeira resina orgânica trocadora de íons (DOS SANTOS FILHO, 1989).

As resinas trocadoras de íons são substâncias complexas insolúveis em água, obtidas sinteticamente na forma de pequenos grânulos de aproximadamente 0,5 mm (ALMEIDA et al., 2002)

As resinas de troca iônica vêm evoluindo com o passar do tempo através dos tipos de produtos de estrutura básica como os copolímeros de estireno e divinilbenzeno e os copolímeros acrílicos, metacrílico, e divinilbenzeno, de maneira a produzir uma água desmineralizada com qualidade cada vez melhor (ARAÚJO et al., 2005).

O Quadro 1 traz algumas das propriedades físicas e químicas dos trocadores catiônicos existentes.

Quadro 1 - Propriedades físicas, químicas e outras características de resinas catiônicas

NATUREZA			PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS				
			GRUPOS COMPONENTES	CÁTION	GRUPO FUNCIONAL	pH	TEMP. °C
INORGÂNICAS	ZEÓLITAS NATURAIS		Argilas	Na ⁺	-	-	-
			Gluconitas (Silicatos de Na e Al)	Na ⁺	-	6,0 – 8,0	45
	SINTÉTICAS		Gel Silicoso (Silicatos de Na e Al)	Na ⁺	-	6,0 – 8,3	60
ORGÂNICAS	NATURAIS		Carvão Sulfonado	Na ⁺ e H ⁺	-HSO ₃	Até 8,0	30 (Na) 95 (H)
	SINTÉTICAS	CONDENSAÇÃO	Formaldeído Fenolsulfonado (Fortemente Ácida)	Na ⁺ e H ⁺	-HSO ₃	Qualquer	50
		POLIMERIZAÇÃO	Poliestireno com Divinilbenzeno (3 a 10%) (fortemente ácida)	Na ⁺ e H ⁺	-HSO ₃	Qualquer	95 (Alcalino) 120 (Neutro)
			Ácido Poliacrílico (Fracamente Ácida)	Na ⁺ e H ⁺	-COOH	4 – 14	Até 120

Pode se afirmar que a maior parte dos trocadores de ânions são resinas orgânicas sintéticas, existindo apenas alguns óxidos hidrosos hidróxidos anfotéricos capazes de realizar troca de ânions (CHARBEL, 1990).

2.2 Resinas Orgânicas Sintéticas de Troca Iônica

As resinas orgânicas de troca iônica sintéticas atualmente são as mais utilizadas no tratamento de água. Estas podem ser classificadas em 4 grupos básicos: catiônica fracamente ácida, catiônica fortemente ácida, aniônica fracamente básica e aniônica fortemente básica (MENDHAM et al., 2002). O Quadro 2 mostra as características das classes de resinas de permuta iônica.

Quadro 2 – Características das resinas orgânicas sintéticas utilizadas no tratamento de água

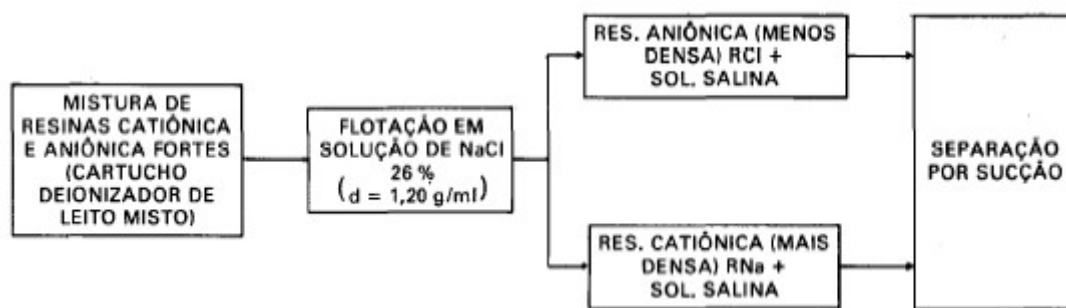
RESINA	CONSTITUIÇÃO	GRUPO FUNCIONAL	UTILIZAÇÃO
FRACAMENTE ÁCIDA	Copolimerização do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	-COOH	Utilizadas para remoção de dureza e sódio em águas com dureza temporária predominante e elevada
FORTEMENTE ÁCIDA	Copolimerização do Poliestireno e Divinil Benzeno.	-HSO ₃	Abrandamento, decarbonatação e desmineralização de água
FRACAMENTE BÁSICA	Copolimerização do Estireno ou do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	R-CH-N-(CH ₂ OH) ₂	Desmineralização
FORTEMENTE BÁSICA	Copolimerização do Estireno ou do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	[R-N-(CH ₃) ₃] ⁺ ou [R-N-(CH ₃) ₂ -C ₂ H ₅ -OH] ⁺	Desmineralização

2.3 Água Desmineralizada

Desmineralização é o processo de remoção praticamente total dos íons presentes em uma água, também podendo ser chamada de desionização, uma vez que o processo consiste na remoção dos íons presentes no solvente (DOS SANTOS FILHO, 1989, p. 60). Em laboratórios de química, a água é o solvente mais usado, uma vez que a água desionizada é de fundamental importância nos trabalhos de pesquisa. Dentre os sistemas para tratamento de água para essa finalidade, destacam-se os processos de destilação, osmose reversa e troca iônica (TAVARES, et al., 2004). O processo de destilação é o mais utilizado em laboratórios de pesquisa, no entanto consome grande quantidade de água de refrigeração (15 L/L de água produzida) e energia elétrica (0,7 kW/L), além de cuidados constantes durante a produção (NEVES, et al., 1997). Um equipamento comercial de osmose reversa apresenta também desperdício de água (3L/L até 1,3L/L de água produzida), mas o consumo de energia é baixo (TAVARES, et al., 2004 e DANTAS, 1989). O único desperdício de água gerado na desmineralização com resinas de troca iônica são os efluentes ácidos e básicos das regenerações das resinas catiônicas e aniônicas, respectivamente.

2.4 Separação de Resinas de Troca Iônica de Desionizadores

Existem alguns métodos de separação das resinas de desionizadores. O método utilizado por Kuya et. al., (1990) é indicada pela Figura 1.

**Figura 1 - Fluxograma de separação de resinas de leito misto**

Em instalações industriais é comum a separação física das resinas utilizando-se linhas de ar comprimido limpo e seco (DANTAS, 1989).

2.5 Regeneração de Resinas de Troca Iônica

Mendham (2002) afirma que o processo de troca iônica, envolvendo a substituição dos íons permutáveis A_R da resina por íons de igual carga B_S da solução, pode ser escrito como:



Este é um processo reversível. Ao fazer passar pelo leito da resina uma solução com alta concentração dos íons A_R , os íons B_S serão retirados da estrutura da resina. Este processo é denominado regeneração.

Segundo Dantas (1989), a regeneração das resinas é uma operação de extrema importância, na troca iônica, porquanto irá depender dela a qualidade da água processada e o seu custo, em função da quantidade e qualidade dos regenerantes usados.

Para regeneração de resinas utilizadas no abrandamento de água (catiônicas fortes no ciclo do sódio) pode ser utilizada solução de NaCl 10% como regenerante. Para resinas catiônicas de desmineralizadores é utilizado ácido clorídrico de 5 a 10% (v/v) ou ácido sulfúrico de 2 a 4% (v/v) enquanto que para as aniônicas é utilizada solução 4% de NaOH (DOS SANTOS FILHO, 1989).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

O material escolhido para fabricação da peça foi o acrílico, por apresentar resistência a condições ácidas e básicas e por ser transparente, o que é um atrativo para aulas práticas de tratamento de água em laboratório. O equipamento possui formato cilíndrico com diâmetro de 12,5 cm, altura de 70 cm, três saídas laterais de meia polegada cada uma, distantes uma das outras em 10 cm e mais uma saída, centralizada, no fundo do cilindro de meia polegada, sendo que essas quatro saídas possuem uma rosca interna acopladas a torneiras. Ressalta-se que a base da peça deve ser acessível aos recipientes que irão coletar a resina, viabilizando o processo de regeneração e separação em diversos volumes (quantidades) de resina decantada no processo de separação com solução salina.

As resinas utilizadas foram oriundas de um desionizador saturado, com produção nominal de 50 l/h da marca Permution modelo CS1800.

Para separação das resinas utilizou-se solução de NaCl comercial 10% e uma solução supersaturada de NaCl a 60°C com auxílio de forno microondas comum (saturada em 80°C e deixada ser resfriada até 60°C para utilização). Para regeneração das resinas aniônicas utilizou-se solução 4% de NaOH levemente aquecida (50°C), para que a dissolução dos silicatos adsorvidos nas resinas seja mais eficiente, e para as catiônicas utilizou-se HCl 10%.

3.2 Métodos

A separação das resinas utilizadas no presente trabalho foi realizada em duas etapas. Primeiramente adicionou-se solução 10% de NaCl comercial nas resinas, visando obter uma separação parcial. Em um segundo momento, é adicionada solução de NaCl saturada a 70°C, para realizar a flotação das resinas aniônicas e contribuir para a dissolução de material orgânico acumulado nos interstícios das resinas. A Figura 2 demonstra as duas etapas.



Figura 2 - Etapas da separação das resinas

Após a separação na coluna, a resina catiônica é drenada por saída no fundo da peça e armazenada em recipiente limpo. A resina aniônica remanescente é lavada com água tratada sem cloro para retirar o excesso de sal.

A seguir o regenerante é adicionado (12 litros de NaOH 4% a 50°C) em fluxo ascendente, através de conexão de um barrilhete pela saída do fundo da peça, com vazão pré-estabelecida de 9 L/h (três vezes o volume de resina por hora). Após o período de regeneração, executa-se o enxágüe das resinas com água desmineralizada com vazão de 36 L/h durante 40 minutos. Após o enxágüe, a resina aniônica é retirada do separador/regenerador pela saída no fundo da peça.

Posteriormente adicionou-se a resina catiônica no sistema separador/regenerador e, seguindo o mesmo procedimento executado na regeneração da resina aniônica, adicionou-se ácido clorídrico 10% a uma vazão de 10 L/h (cinco vezes o volume de resina por hora). O procedimento de enxágüe da resina catiônica foi idêntico ao da aniônica.

Após o descrito acima as resinas são realocadas no leito original e misturadas. Os volumes e vazão de regeneração foram retirados de boletins técnicos da Hohm and Haas.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O tempo médio de separação e lavagem com água sem cloro das resinas utilizando o método dos baldes plásticos oscilava entre 5 e 6 horas. Com a utilização do novo equipamento, este tempo caiu para 3 horas. Além disso, a separação foi bem visualizada, facilitando a drenagem das resinas e possibilitando a utilização do equipamento em aulas práticas de Tratamento Água Avançado. No entanto, uma pequena parte das resinas catiônicas (mais densas) não passou pela saída de fundo, devido a peça não possuir fundo afunilado.

A tempo médio de regeneração das resinas aniônicas utilizando o método da regeneração no próprio leito, levando em conta a preparação das soluções e lavagem com água desionizada, oscilava entre 4 e 5 horas. O processo de regeneração utilizado no presente estudo se deu em apenas 2 horas e meia. A vazão pode ser perfeitamente controlada pelo barrilhete acoplado a peça. Para a regeneração das resinas catiônicas ocorreu o mesmo.

Após a regeneração, as resinas foram misturadas e inseridas de volta no leito misto original e recolocado em atividade. A condutividade da água desmineralizada estabilizou em 1,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade elétrica dos desionizadores regenerados pela técnica antiga atingiam o mesmo valor. O tempo total do processo de regeneração de um desionizador tradicional de 50 l/h com a nova peça foi de 8 horas, enquanto fazendo uso do processo antigo este tempo ficava entre 13 a 16 horas, sendo, portanto, uma redução de cerca de 45%.

O quadro 3 apresenta o tempo destinado para cada etapa do processo de regeneração.

Quadro 3 – Tempo demandado por etapa do processo de regeneração e condutividade elétrica

MÉTODOS	SEPARAÇÃO (h)	REGENERAÇÃO CATIÔNICA (h)	REGENERAÇÃO ANIÔNICA (h)	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
UTILIZADO ATUALMENTE	5 a 6	4 a 5	4 a 5	1,8
NOVO EQUIPAMENTO	3	2,5	2,5	1,8

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização da nova peça, o tempo gasto no processo de regeneração caiu cerca de 45%. A peça, por ser transparente, permite que seja demonstrada em aulas práticas de laboratório como se dá a separação das resinas por densidade. A condutividade elétrica mostrou-se dentro do esperado para uma água desmineralizada.

Recomenda-se que seja trocada o fundo da peça para um fundo afunilado e que o equipamento seja utilizado em estudos mais aprofundados sobre separação e regeneração de resinas permutadoras de íons.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S.A.; SILVEIRA JUNIOR, J.S.C.; CARVALHO, A.A.; MENEZES, P.S.F. Melhoria de Desempenho Ambiental em Uma Unidade De Tratamento de Água de Uma Indústria. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6., Maceió, 2002.

ARAÚJO, A.L.C.; FONSECA, A.L.; VALE, M.B.; FERNANDES, A.K.S.; GADELHA, C.P.F. Avaliação dos Sistemas de Dessalinização de Águas no Semi-Árido no Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., Campo Grande, 2005.

BENDASSOLLI, J.A.; MÁXIMO, E.; TAVARES, G.A.; IGNOTO, R.de F. Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP. **Química Nova**. v. 26, n. 4, p. 612-617, 2003.

CHARBEL, M.Y. **Estudo Para a Remoção de Fluoreto em Águas e Efluentes**. 1990. 171 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, USP, São Paulo.

DA SILVA, A.M.M.; MARTINS, C.T.B.; FERRABOLI, R.; JORGETTI, V.; ROMÃO JUNIOR, J.E. Revisão/Atualização em Diálise: Água Para Hemodiálise. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**. v. 18, n. 2, p. 180-188, 1996.

DANTAS, E. **Geração de Vapor e Água de Refrigeração - Falhas - Tratamentos - Limpeza Química**. 1.ed. Porto Alegre: Interciência, 1988. 305 p.

DOS SANTOS FILHO, D. **Tecnologia de Tratamento de Água: Água Para Indústria**. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1989. 262 p.

KUYA, M.K.; MATSUMOTO, F.M.; KAWASHITA, M.Y. Reaproveitamento de Resinas de Troca Iônica e Uso de Extrator Soxhlet Para Recuperação de Paládio. **Química Nova**. v. 13, n. 3, p. 205-207, 1990.

MENDHAM, J.; DENNEY, R.C.; BARNES, J.D.; THOMAS, M.J.K. **Vogel: Análise Química Quantitativa**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002, 462 p.

NEVES, C.A.; GUTZ, I.G.R.; DO LAGO, C.L. Automatização de um Destilador D'água. **Química Nova**. v. 21, n. 5, p. 657-658, 1998.

OSORIO, V.K.L.; KUYA, M.K.; MAIA, A.S.; OLIVEIRA, W. Um Experimento-Charada Usando Data-Show e Resinas de Troca Iônica. **Química Nova**. v. 26, n. 6, p. 960-965, 2003.

SILVA, C.H.P.M.; LINS, A.P.; CRUZ, C.S.O.; GREENBERG, W.; STEWART, T. Caracterização dos Biofilmes Formados em Filtros de Carvão Ativado de Sistemas de Purificação de Água em Laboratórios Clínicos. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**. v. 38, n. 4, p. 243-253, 2006.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 334 p.

TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A.; DE SOUSA, G.; NOLASCO, F.R. Implantação de Uma Estação de Produção de Água Desionizada Para Uso Nos Laboratórios do Cena/Usf Empregando Resinas de Troca-Iônica. **Revista Analytica**. n. 10, p 36-42, 2004.