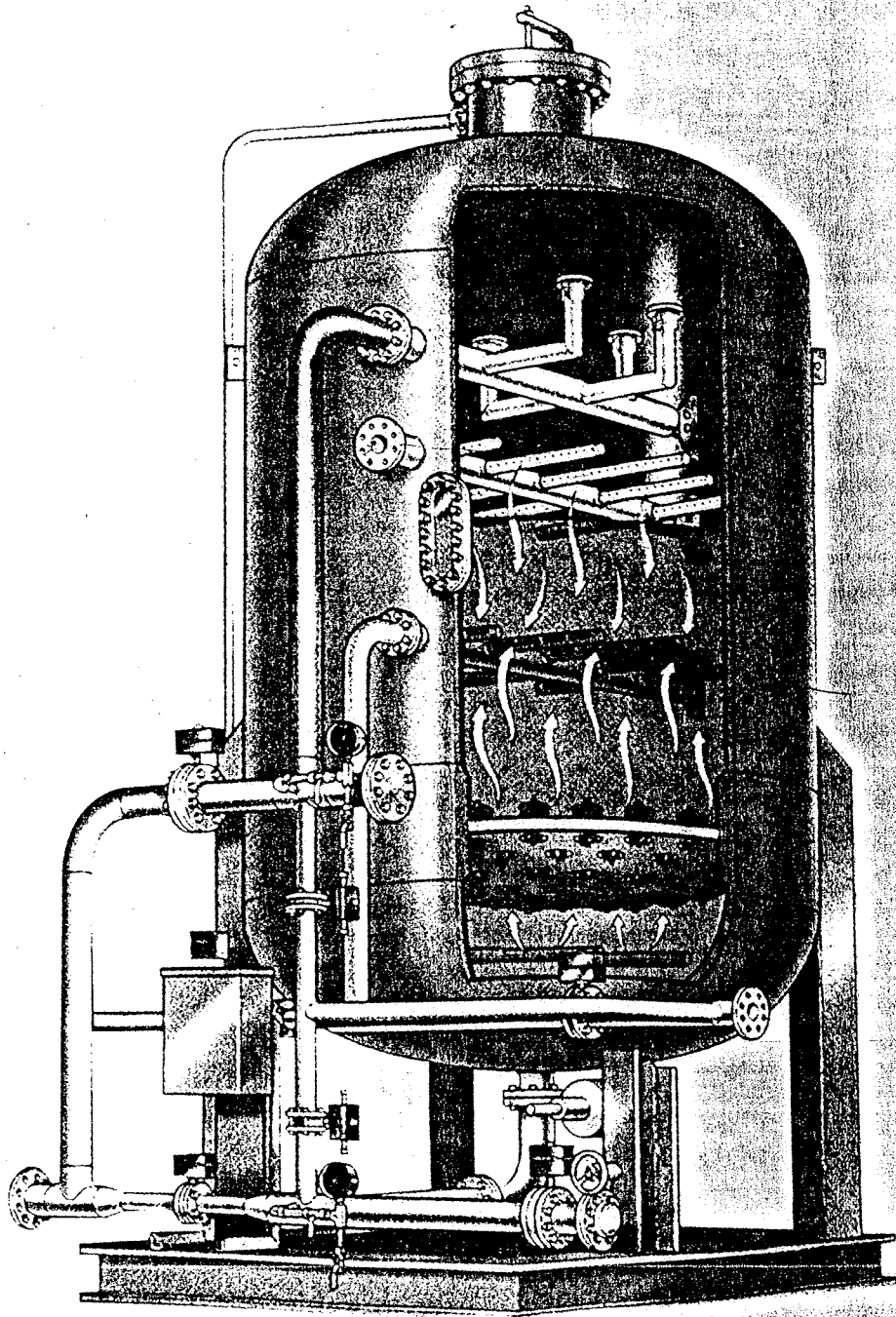


# Tecnologia de Troca Iônica



**Sugestões Úteis**

# **ROHM AND HAAS PIONEIRISMO EM RESINAS DE TROCA IÔNICA**

**AMBERLITE® , DUOLITE® , AMBERJET®**

Resinas de Troca Iônica

**AMBERPACK®**

Sistema Compacto de  
Resinas de Troca Iônica

**AMBERSEP®**

**TRIOBED®**

**MONOBED®**

Sistemas de  
Resinas para  
Leito Misto

**IMAC® HP**

Resinas de Troca Iônica  
de Grau Alimentício

**AMBERLYST®**

Catalisadores para  
Reações Químicas

**MICROIONEX®**

**IONEX®**

**MONOBED®**

Resinas para Polimento  
de Condensado

# Tecnologia de Troca Iônica

## Sugestões Úteis

Dr. Robert Kunin, Laboratório de Pesquisas da Rohm and Haas - EUA

Muito freqüentemente os sistemas de troca iônica não são totalmente utilizados devido à falta de um correto entendimento sobre as propriedades básicas dos processos e produtos envolvidos na tecnologia, bem como à falta de experiência necessária para lidar com determinados acontecimentos inesperados.

Em muitas ocasiões as resinas de troca iônica têm sido prematuramente descartadas. Em outros casos, falhas operacionais ocorridas nos sistemas de troca iônica foram erroneamente atribuídas às resinas e aos equipamentos. Contudo não é nada difícil encontrar em plantas de troca iônica excesso de consumo de regenerantes empregados em resinas de troca iônica. Este artigo irá explicar como obter a máxima capacidade operacional em instalações de resina de troca iônica e como resolver várias dificuldades imprevistas.

O perfeito desempenho operacional de qualquer instalação de troca iônica dependerá de:

- Pré-tratamento da água ou do fluido a ser processado;
- Condições do processo;
- Propriedades das resinas utilizadas;
- Engenharia dos equipamentos projetados.

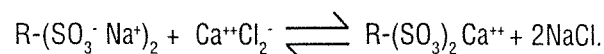
Práticas inapropriadas em qualquer destes itens podem resultar em sérias dificuldades operacionais e em uma operação economicamente inviável.

### Funções da Instalação de Troca Iônica

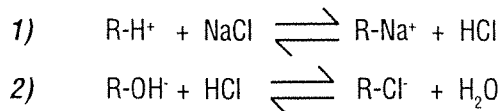
Enquanto cada um desses fatores operacionais deve ser considerado separadamente, a função da instalação de troca iônica deve ser antes de tudo, claramente definida.

Uma unidade de troca iônica é normalmente

empregada para a remoção de íons de uma solução qualquer e na troca por outros íons presentes nos trocadores iônicos. Esta operação tem o propósito de concentrar um material iônico desejável em um pequeno volume ou remover um conteúdo indesejado de um meio. O segundo exemplo poderá ser realizado através da troca de uma espécie de íon não desejável por um outro íon desejável, por exemplo, o abrandamento da água através de um trocador catiônico no ciclo sódico:



Eletrólitos indesejáveis deverão ser completamente removidos em duas etapas com uma resina catiônica na forma de hidrogênio seguido por uma resina aniônica na forma de hidroxila:



A função primária da operação de troca iônica é remover íons de uma solução diluída e concentrá-los em um volume relativamente pequeno. Na maioria dos casos, a remoção de todos os íons ou de toda uma espécie iônica em particular deve ser a mais completa possível, e a resina de troca iônica deverá ser capaz de tratar um grande volume de líquido por unidade de volume do trocador.

As resinas de troca iônica são projetadas principalmente para remover espécies iônicas solúveis e, portanto, não se pode esperar que absorvam espécies iônicas macro ou coloidais, exceto na superfície da partícula. Por causa de sua natureza iônica, os leitos de troca iônica são muito eficientes como filtros, porém não são normalmente usados com esse propósito; mas se forem utilizadas com este fim e a carga atribuída ao filtro

for muito grande, não se pode esperar que os mesmos funcionem eficientemente como trocadores iônicos. Se a carga de filtragem não for muito grande, eles podem ser usados simultaneamente para ambos os fins.

Em algumas ocasiões, as resinas de troca iônica podem ser usadas como adsorvente ou catalisador em vez de trocador; contudo, mesmo sob estas condições, os fatores acima descritos ainda se aplicam.

A maioria das resinas de troca iônica foi desenvolvida com esses propósitos em mente e, conseqüentemente, os trocadores iônicos devem ser projetados com vários pré-requisitos. Por exemplo, a seletividade da resina (a afinidade do trocador iônico com um íon em relação a outro) deve ser de tal forma que, durante o carregamento ou o ciclo de adsorção, realize-se completamente a remoção da espécie iônica desejada e, durante a eluição ou regeneração, obtenha boa eficiência de regeneração pela remoção completa dos íons adsorvidos. O equilíbrio constante também é necessário para obter-se bom funcionamento hidráulico e boas propriedades cinéticas. Em outras palavras, o projetista do sistema de troca iônica deve considerar alguns pré-requisitos básicos para que o sistema funcione adequadamente do ponto de vista hidráulico, cinético e de equilíbrio químico.

## Limitações

A limitação básica de uma resina de troca iônica para remover ou trocar íons e concentrá-los dentro de sua estrutura é determinada pela seletividade iônica e pela capacidade de troca da resina.

As resinas não são inventos "mágicos" e suas limitações são determinadas pela química do trocador e pela solução a ser tratada.

Por mais ingênuo que isto possa parecer, em algumas ocasiões essas limitações são ignoradas. Por exemplo, o operador de um abrandador de água, tendo sido impressionado pela perfeição com a qual uma resina catiônica fortemente ácida, sulfônica, abranda uma água comum de abastecimento qualquer, irá esperar que uma unidade de troca iônica seja igualmente eficiente para remover o cálcio da salmoura saturada usada na indústria de soda. Da mesma forma, tendo notado como uma resina catiônica fortemente ácida, sulfônica, irá abrandar a água de uma operação em coluna, o pesquisador esperará que a resina seja eficiente também em uma operação por batelada. Ou, tendo observado como é eficiente a resina catiônica fortemente ácida no ciclo hidrogênio para neutralizar hidróxido de sódio em operação de batelada, o pesquisador esperará que a resina funcione igualmente bem na remoção de sódio do cloreto de sódio, nas mesmas condições sem

observar as concentrações dos elementos. Estes são apenas alguns dos vários enganos normalmente cometidos com a troca iônica.

## Ciclo da Troca Iônica

Para descrever a função, as vantagens e as limitações da troca de íons, é importante frisar os passos básicos de um ciclo completo de uma operação de troca iônica. Para este propósito será escolhida uma operação em coluna. A resina de troca iônica, depois de ter sido colocada numa coluna, é primeiramente lavada em contra-fluxo (retrolavada): (passagem de água em sentido contrário ao fluxo, através do leito da resina) para remover restos de materiais menores que poderão estar presentes e para classificar as partículas (material mais grosso no fundo e mais fino no topo do leito). Após as partículas terem se acomodado ao final de uma lavagem em contra-fluxo, o regenerante é passado através do leito. O leito é então enxaguado com água até que o excesso de regenerante desnecessário seja removido. A água ou a solução a ser tratada é então passada (percolada) através da coluna de resina até que a capacidade da resina seja exaurida ou até que o escape dos íons a serem removidos seja notado. A coluna é então lavada em contra-fluxo (retrolavagem) com água para remover qualquer substância coloidal que tenha sido retida no leito pela ação de filtragem da resina. A resina é então eluída ou regenerada como antes, completando-se então o ciclo operacional.

Para que uma resina de troca iônica opere eficientemente na forma acima é essencial que as soluções que passam através do leito da resina de troca iônica sejam distribuídas uniformemente na superfície do leito, passando uniformemente através do leito e entrando em contato com cada partícula do trocador iônico numa taxa uniforme (vazão constante). Para conseguir isso, a unidade de troca iônica deve conter os seguintes dispositivos básicos:

1. Apoio adequado para o leito, colunas com fundo falso e com crepinas;
2. Meios para a lavagem em contra-fluxo (retrolavagem) da resina;
3. Distribuidores de entrada e saída da coluna;
4. Volume vazio a expansão do leito de resina durante a retrolavagem (para leito convencional);
5. Tanque para preparo das soluções dos regenerantes;
6. Meios para introduzir e distribuir o regenerante no leito de resina;
7. Meios para introduzir e distribuir a solução de enxágüe e de alimentação.

## Pré-Tratamento da Água

Apesar do pré-tratamento da água que irá passar através da unidade de troca iônica ter aparentemente pouco significado para a operação de troca iônica, isto pode ser um fator muito importante na eficiência geral da operação. Se a água não estiver relativamente livre de materiais suspensos e coloidais, o desempenho do leito de troca iônica será prejudicado. Materiais suspensos ou coloidais contribuirão para a obtenção de resultados ineficientes por diversas razões.

Os materiais suspensos ou coloidais, presentes mesmo que em pequenas quantidades, irão formar uma camada na superfície do leito, aumentando então a perda de carga no leito. Como resultado disso, tem-se encontrado a formação de caminhos preferenciais que fazem com que partes do leito não sejam utilizadas.

Materiais suspensos e coloidais também formam bloqueios aos grânulos da resina de troca iônica, reduzindo então a taxa de difusão dos íons dentro e fora da partícula trocadora. Isso resultará em uma cinética ineficiente.

É, todavia, muito importante que toda a água seja clarificada o máximo possível pelos processos de floculação, coagulação e filtração, que são os métodos normais de clarificação. Às vezes, remover os últimos traços de material suspenso ou coloidal se torna impraticável. Conseqüentemente, será essencial uma retrolavagem parcial do leito de resina antes do esgotamento final da capacidade de troca, particularmente se o ciclo operacional for prolongado.

Uma vez que o leito de resina de troca iônica irá normalmente filtrar e reter os colóides que passarão pela maioria dos filtros, e com isso contaminando-se, seria necessário empregar na clarificação algum agente auxiliar de coagulação para remover esse material, se o mesmo estiver presente em grande quantidade. Traços de óleos e gases na solução a ser tratada podem também resultar em dificuldades na operação, devendo os mesmos então ser removidos. Ambos (gases e óleos) podem resultar em formação de caminhos preferenciais e perdas de resina durante as operações de retrolavagem.

A formação de gases é algumas vezes um incômodo, particularmente durante os meses de verão. Por exemplo, uma água de poço pode estar saturada com dióxido de carbono e oxigênio e, uma vez que a água é mais fria que o ambiente do leito da resina, gases podem ser liberados dentro do leito da resina, resultando em um fraco desempenho desta.

Outro fator a ser considerado no pré-tratamento da água envolve a remoção ou neutralização de traços de elementos solúveis que poderão degradar ou envenenar o trocador. Por exemplo, a remoção de traços de oxigênio, ozônio, cloro e outros oxidantes da água de

alimentação poderá prolongar a vida de um trocador iônico. O efeito desses traços pode, algumas vezes, ser minimizado por meio de uso de resinas mais resistentes como a Amberlite™ 200 (resina macrorreticular). Em outros casos, a remoção de espécies aniônicas (ex.: matéria orgânica), que são irreversivelmente adsorvidas por uma resina de troca aniônica, pode igualmente prolongar a vida dessas resinas.

## Condições Ambientais

O mais importante fator na condição ambiental relacionada à operação de troca iônica é a temperatura. Mudanças na temperatura afetam as operações hidráulica e cinética.

**TABELA I - Efeito da Temperatura nas Características Hidráulicas de um Trocador Iônico em Água\***

| Temperatura - C | Viscosidade da água - Cps | Expansão do leito - % | Perda de Carga - Kgf/cm <sup>2</sup> /m resina |
|-----------------|---------------------------|-----------------------|--|
|                 |                           |                       |  |

\* Taxa de escoamento = 15 m/h

Os efeitos da temperatura são normalmente verificados em operação durante as mudanças de estação de verão para inverno. Do ponto de vista cinético, é importante notar que a taxa geral de troca irá dobrar para cada trinta graus centígrados de aumento na temperatura. Apesar da sensibilidade a esse grau de temperatura não ser um fator muito significativo para sistemas com resinas catiônicas, fortemente ácidas, sulfônicas, devido as suas altas taxas de troca, a temperatura pode ser fator significativo para trocadores aniônicos fracos e catiônicos fracos, particularmente durante os meses de inverno.

A temperatura tem um acentuado efeito nas propriedades hidráulicas das partículas do trocador iônico por influência da viscosidade nessa variável. Por isso, as características de operação e de perda de carga num leito de troca iônica irão variar consideravelmente com as mudanças na temperatura.

Se não for levado em consideração o fato de que a água de retrolavagem pode variar de temperatura, sérias perdas de resina poderão acontecer devido ao aumento na expansão do leito da resina quando

contralavado em temperatura mais baixa. Poderá também ocorrer perda de carga crescente em baixas temperaturas. Apesar de não ser prático esquentar a água durante os meses de inverno, o projeto de uma instalação deverá considerar que mudanças na temperatura irão alterar as propriedades hidráulicas do leito da resina de troca iônica. Veja tabela I.

O efeito da temperatura na solubilidade do ar e do dióxido de carbono na água pode criar certas dificuldades durante a operação de uma unidade de troca iônica. Já que a solubilidade desses gases na água decrescem com o aumento da temperatura, existe sempre o perigo da formação de gases no leito do trocador iônico durante as fases de saturação, regeneração e contralavagem. Isso pode resultar em formação de canais preferenciais durante o esgotamento e regeneração e perda de resina durante a contralavagem. Se a água da retrolavagem estiver altamente "carregada" de gases, esta água deverá ser desgaseificada antes de ser usada.

Muitos dos problemas mencionados acima são normalmente de pouca conseqüência em colunas de laboratório devido a pureza da água e das soluções usadas e da constância de temperatura. Além disso, as operações em laboratórios são desenvolvidas em colunas de vidro ou plástico, por onde o operador pode observar a aparência do leito, antecipando assim a pronta correção das dificuldades acima, sendo que o mesmo não ocorre nas plantas industriais.

## Projeto Eficiente

Entretanto, quando a operação for conduzida em grandes unidades industriais, nas quais a resina e a solução estão completamente fora da visão do operador, esses problemas podem se tornar sérios e podem continuar sem serem notados e sem serem corrigidos por períodos prolongados, causando sérias perdas financeiras. Assim, o pré-tratamento, precauções ambientais e as sugestões mencionadas acima devem ser consideradas no projeto de qualquer instalação de troca iônica, se houver interesse em obter-se excelente desempenho.

As propriedades listadas na Tabela II representam a porção mais importante das especificações que regulamentam a produção da maioria das resinas de troca iônicas comerciais e são indicativos dos esforços efetuados para assegurar a qualidade das resinas. Uma vez que as propriedades listadas na Tabela II não são totalmente independentes umas das outras, algumas servem como conferência das outras. Por exemplo, as especificações relacionadas com o tamanho da partícula servem para assegurar um desempenho hidráulico adequado e cinética adequada da troca. Contudo, a

capacidade de retenção de umidade também serve como controle do grau de ligações cruzadas na cadeia polimérica e, portanto, serve como conferência da cinética, da seletividade iônica e da resistência à compressão do leito da resina.

## Seleção de Resinas de Troca Iônica

Os fabricantes de resinas de troca iônica também se preocupam com a constituição fundamental do material de troca iônica, particularmente a constituição do grupo funcional. Para obter excelente eficiência de uma planta de troca iônica, é necessário usar a resina adequada ou combinação adequada de tipos de resinas. É por esta razão que alguns fabricantes de resinas de troca iônica têm desenvolvido trocadores iônicos fortes e fracos, assim como resinas de troca iônicas de variados graus de "ligações cruzadas" (cross-linking) e de tamanhos da partícula. Por exemplo, Amberlite IR-120Na, um trocador catiônico fortemente ácido e Amberlite IRC-50, um trocador catiônico fracamente ácido, são ambos capazes de neutralizar hidróxido de sódio ou adsorver um determinado antibiótico, streptomina; porém, Amberlite IRC-50 é a resina a ser escolhida em ambos os casos, mesmo que esta seja a mais cara. Igualmente, para remover o ácido clorídrico o Amberlite IRA 96SB, um trocador base fraca é preferido ao Amberlite IRA-402Cl, um trocador de base forte. Por outro lado, se traços de sílica devem ser removidos, o Amberlite IRA-402Cl será preferida ao Amberlite IRA-96SB. A razão para estas escolhas pode ser facilmente explicada. Uma resina de eletrólito fraco é preferida a uma resina de eletrólito forte se o meio for suficientemente ácido ou básico para remover o componente em questão e produzir no efluente a qualidade desejada, porque resinas de troca iônica de eletrólito fraco podem ser regeneradas de forma mais econômica que trocadores iônicos de eletrólito forte.

**TABELA II - PROPRIEDADES DO  
AMBERLITE™ IR 120 Na  
Resina Catiônica Fortemente Ácida**

| Propriedades | Características |
|--------------|-----------------|
|              |                 |

Apesar do problema em selecionar a resina com a funcionalidade correta (AMBERLITE™ IRC-50 versus AMBERLITE™ IR-120Na ou AMBERLITE™ IRA-402Cl versus AMBERLITE™ IRA-96SB, etc.) ser normalmente um assunto simples, algumas vezes o problema pode ser mais difícil. Por exemplo, a escolha do AMBERLITE™ IRC-50 em vez do AMBERLITE™ IR-120Na para a recuperação e purificação de streptomina, um antibiótico básico, é baseada na eficiência de eluição da streptomina da resina e de sua porosidade. Em casos que envolvem íons grandes, como a streptomina, a resina deverá ser suficientemente porosa para permitir a rápida entrada do íon dentro da sua estrutura. Ainda, a funcionalidade deverá permitir a eluição eficiente ou recuperação do material absorvido.

A escolha de um trocador realmente se torna um problema quando alguém está lidando com soluções de substâncias sob condições nas quais a natureza das espécies iônicas são duvidosas. Em alguns casos, o problema de escolha da resina se torna complicado já que é necessário, primeiramente determinar se um trocador catiônico ou um trocador aniônico pode ser usado para absorver as espécies iônicas em questão. Por exemplo, a escolha de uma resina para a remoção de ferro de ácido clorídrico pode ser bastante complicada se não houver informação sobre a composição da solução. Se o ferro estiver no estado ferroso e o ácido clorídrico estiver diluído, será necessário um trocador catiônico; contudo, se o ferro estiver no estado férrico e a concentração de ácido estiver, aproximadamente, acima de dois molaes, o ferro estará complexado como um ânion e então, um trocador aniônico será necessário.

Outros fatores importantes também devem ser considerados, como a cinética da operação e a estabilidade física e química que definirão a vida efetiva do trocador; de outra forma, a escolha final não poderá ser feita. Seleções baseadas nestes fatores dependem consideravelmente de experiências anteriores ou testes práticos. Por causa da importância da cinética e da estabilidade, deve-se ter como compromisso a escolha da resina melhor especificada. Pode-se, contudo, escolher uma resina que tenha capacidade de operação abaixo da situação ideal ou capacidade ainda mais baixa que a de outras resinas; mas esta deverá ter estabilidade química e física considerada maior. Por exemplo, a preferência do Amberlite 200 às resinas convencionais é tomada com base neste raciocínio de situações em que a estabilidade e durabilidade da resina são de primordial importância. Nestes casos, a experiência tem nos mostrado que as diferenças nas capacidades operacionais notadas sob condições ideais desaparecem sob condições operacionais, e não é muito incomum descobrir que o sistema que contém uma resina mais estável, Amberlite 200, esteja operando a uma capacidade mais alta que outra contendo uma resina menos estável e de capacidade teoricamente maior. Isto é particularmente verdade nos sistemas de deionização onde os produtos em decomposição do trocador catiônico menos estável possam contaminar o trocador aniônico.

## Operação dos Trocadores Iônicos

Tendo escolhido a resina de troca iônica adequada ou combinação de resinas para a aplicação específica em questão, o operador, engenheiro ou químico responsável deverá selecionar as condições adequadas para a operação a fim de obter o máximo da capacidade operacional da resina de troca iônica. Anteriormente neste artigo a importância do pré-tratamento do líquido alimentador da unidade de troca iônica foi bastante coberto. Apesar do cuidado no pré-tratamento da solução alimentadora, outras dificuldades podem ocorrer, mas podem, também, ser minimizadas.

Uma das mais importantes operações associadas com uma instalação de troca iônica é a etapa da retrolavagem, a qual é normalmente posta em prática a cada ciclo da operação após a saturação das resinas. Apesar dos pré-requisitos terem sido atendidos para eliminar todos os traços de material suspenso ou coloidal da solução alimentadora, é impossível evitar que alguns passem para a unidade de troca iônica. Além disso, como a superfície de todas as resinas de troca iônica formam excelentes meios coagulantes, algumas materiais coloidais

irão sempre acumular-se na superfície do leito do trocador iônico e, algumas vezes, penetra por toda superfície da resina. Se este material se acumular no leito e formar canais preferenciais, ocorrerá cinética deficiente e alta perda de carga. Assim, o processo de contralavagem representa muito para todas as operações de troca iônica. É essencialmente por causa deste fator que raramente considera-se o uso de resinas de troca iônica com partículas mais finas (acima da malha de 50 mesh), mesmo que dados de laboratório indiquem uma marcante vantagem deste material. Uma vez que é muito difícil retrolavar e eliminar materiais particulados passando numa tela de malha de 50 mesh, o uso de resina com esta granulometria em equipamentos convencionais não é experimentado, com exceção para os casos menos usuais e de aplicações muito específicas, tais como a cromatografia iônica.

Mesmo que precauções adequadas sejam tomadas, materiais de troca iônica, algumas vezes, perdem um pouco de sua eficiência devido ao acúmulo de material coloidal e outro material insolúvel que não pode ser removido durante a operação de contralavagem. Isto pode ocorrer como resultado da precipitação de óxidos hidratados de manganês, ferro, alumínio, titânio, sílica, gipsita e até zircônio.

Estas precipitações podem ocorrer na superfície do trocador iônico ou podem se formar através de toda a estrutura gel da partícula do trocador iônico. O entupimento da resina de troca iônica, devido às precipitações de materiais insolúveis, podem ocorrer de várias formas. Apesar da sílica ser adsorvida por um trocador aniônico de base forte como uma espécie iônica solúvel, ao concentrar-se dentro do grânulo ela poderá polimerizar-se, envelhecer e resistir à remoção durante as regenerações normais. Uma resina catiônica poderá ser entupida com ferro devido à precipitação de hidróxido férrico como resultado da oxidação do ferro ferroso com oxigênio dissolvido no regenerante. Durante a regeneração da resina catiônica, saturada com cálcio, a precipitação de sulfato de cálcio pelos poros da resina é uma experiência comum, que ocorre com muita frequência.

## **Proteção e Tratamento da Contaminação**

Em várias ocasiões, a contaminação pode ser minimizada se forem tomadas as devidas precauções; contudo, tal fato é algumas vezes inevitável, sendo, portanto, necessário tomar algumas medidas para melhorá-la. Em alguns casos a primeira dificuldade está em reconhecer o problema. Isto não é tão simples como parece, já que a contaminação é normalmente um

processo gradual e, algumas vezes, confundido com a degradação da resina. A suspeita de contaminação geralmente ocorre quando o sistema entra em colapso prematuramente, quando há redução no fluxo de passagem ou quando for encontrado fuga prematura no equipamento, o qual está supostamente em boas condições mecânica e hidráulica. Neste caso, pode-se obter evidências averiguando a natureza do vazamento iônico. Por exemplo, o vazamento de cálcio em um sistema de deionização é normalmente um sinal de precipitação de sulfato de cálcio no trocador catiônico; e o escape de sílica depois da regeneração normal, um sinal de contaminação da resina aniônica por sílica.

Uma análise da resina é o melhor método para detectar contaminações. Isto requer obtenção de amostras do leito da resina em vários níveis as quais deverão ser submetidas a análises químicas. Algumas vezes, uma análise espectrográfica será aconselhável.

Uma vez confirmado que a contaminação ocorreu e a natureza do contaminante foi determinada, uma seleção de medidas apropriadas deverão ser tomadas. Se for confirmada a precipitação de sulfato de cálcio, uma regeneração com ácido clorídrico em vez de ácido sulfúrico por um ou dois ciclos normalmente corrigirá o problema. A contaminação por sílica pode ser corrigida por meio da regeneração da resina com uma quantidade maior de soda e, que é normalmente utilizada a uma temperatura entre 40-50° C com uma taxa de passagem reduzida. A contaminação por ferro devido à precipitação de hidróxido férrico pode, às vezes, ser corrigido através do uso de ácido clorídrico; em concentrações mais elevadas. O problema da contaminação com ferro será detalhadamente discutido mais adiante.

Uma vez que a natureza da contaminação foi determinada e corrigida, o operador deverá em seguida tentar eliminar ou minimizar a repetição do problema. No caso de precipitação de sulfato de cálcio, será necessária uma modificação na técnica de regeneração. A regeneração progressiva com ácido sulfúrico, ou o uso do ácido clorídrico em lugar do ácido sulfúrico ou até mesmo a passagem de uma solução de NaCl para eliminação do Ca<sup>++</sup> retido na resina, antes da regeneração com ácido sulfúrico, poderá ser empregada.

A contaminação por ferro poderá ser prevenida ou minimizada por meio da adição de um agente redutor tal como hidrossulfito de sódio na solução regenerante de NaCl, nas instalações de abrandamento de água.

A contaminação por sílica poderá ser eliminada pelo uso de maiores quantidades de soda ou pelo aquecimento da solução regenerante. Em situações extraordinárias, instruções do fabricante da resina ou da companhia de engenharia que projetou o equipamento deverão ser buscadas.

De vez em quando, pode-se encontrar traços



de certas espécies iônicas na água que são irreversivelmente adsorvidas pelo trocador iônico, diminuindo então a capacidade e a eficiência da operação. Este processo é chamado de envenenamento. Por exemplo, os traços de cianetos de cobalto, policianatos e ferrocianeto presentes em efluentes de indústrias metalúrgicas, complexos de ácidos húmicos (matéria orgânica) presentes em águas de abastecimento, corpos complexos coloridos em sucos e açúcares normalmente envenenam a maioria dos trocadores aniônicos de base forte. Uma solução geral para os problemas de envenenamento está além do alcance deste artigo; contudo, seus efeitos poderão ser minimizados inicialmente através da escolha da resina correta e pelo uso de tratamentos periódicos os quais serão discutidos mais adiante.

Uma seleção criteriosa do trocador iônico e os cuidados apropriados são essenciais para a obtenção de uso satisfatório do mesmo. Como no caso de relógios finos, pode-se obter anos de desempenho satisfatório de um trocador iônico se houver atenção cuidadosa na sua escolha e na sua manutenção.

### **Estabilidade das Resinas de Troca Iônica**

Na discussão do problema da deterioração de resinas de troca iônica, deve-se considerar o fato que tal ocorrência se manifesta devido a várias causas sendo que cada uma delas devem ser analisadas separadamente. Cada uma delas pode ser independente, dependente ou estar relacionada com outros fatores. Esse critério pode ser enumerado conforme segue:

1. Decomposição física (quebra) em pequenas partículas;
2. Desestruturação resultando em inchaço das esferas;
3. Perda total da capacidade de troca iônica;
4. Perda de acidez ou basicidade dos grupos funcionais;
5. Envenenamento do grupo funcional – adsorção irreversível;
6. Entupimento devido à precipitação de material estranho dentro ou sobre a superfície das partículas do trocador.

Apesar da maioria das plantas de troca iônica ser considerada como um bem-de-capital em muitas instalações, todas as resinas de troca iônica sofrem degradação física e química e sua vida útil é usualmente menor que a do equipamento. As resinas aniônicas são normalmente as menos estáveis e sua vida útil em processos de tratamento de água pode variar em média de 60.000 a 250.000 litros de água produzida / litro de resina. Sob condições normais, a degradação verificada

em resinas aniônicas é de natureza química (oxidação), e uma perda gradual na capacidade de troca pode ser notada durante a vida útil da resina. Este fato deve ser levado em consideração em qualquer projeto.

No caso das resinas catiônicas fortemente ácidas, sulfônicas, de alta capacidade de troca, é verificada pouquíssima perda de capacidade durante sua vida útil que varia normalmente entre 250.000 e 1.000.000 litros de água produzida / litro de resina. O motivo da degradação pode ser por decomposição física devido a atrito ou desestruturação devido a ataque por oxidação. A resina é normalmente substituída quando as partículas se tornam muito pequenas por causa do atrito ou quando a mesma fica com aparência gelatinosa devido a desestruturação do copolímero.

### **Aumentando a Vida das Resinas de Troca Iônica**

A vida das resinas de troca iônica pode ser prolongada se for possível minimizar ou eliminar as condições oxidantes. O emprego de temperaturas baixas e a eliminação do oxigênio, cloro livre e agentes catalisadores oxidativos, assim como a eliminação de traços de cobre e ferro são recomendados quando possível. A vida das resinas catiônicas podem ser mantidas em níveis razoáveis quando seu uso for limitado ao tratamento de águas de boa qualidade, contendo baixos teores de sílica. A preferência do Amberlite 200C macrorreticular às outras resinas convencionais tipo gel, é baseada na resistência desta resina ao atrito físico e desestruturação sob severas condições operacionais adversas.

Apesar da vida útil de uma resina de troca iônica ter sido anteriormente avaliada em termos de litros de água tratada por litro de resina, a mesma, sob certas condições, pode ser também determinada pelo número de ciclos de saturação e regeneração passados através dela, onde a experiência prática indica que o número médio de ciclos operacionais pode variar de 200 a 1.000 ciclos (saturação/regeneração). A capacidade em litros produzidos será o fator determinante se a degradação química estiver envolvida, e o número de ciclos será o fator determinante se houver atrito físico devido a inchaços e encolhimentos alternados. Logicamente em muitas situações ambos os fatores estarão associados.

## Envenenamento

A eficiência de uma resina de troca iônica é algumas vezes reduzida devido à adsorção irreversível de certas espécies iônicas. Este processo é chamado de envenenamento. Tal fenômeno é encontrado primeiramente nas resinas aniônicas, particularmente no caso de resinas aniônicas, base forte do tipo amônio quaternário, trimetilamina. Ao passo que o envenenamento de resinas catiônicas é raramente encontrado, é interessante notar que o envenenamento por gel de zeólito silicoso, devido à adsorção irreversível de cátions magnésio e de íons potássio na superfície da resina catiônica, é normalmente encontrado. Há três notáveis casos de envenenamento da resina aniônica de base forte:

1. Adsorção irreversível de complexos metálicos, como os cianatos de cobalto e policianetos, que é encontrada durante a recuperação do urânio de substâncias lixiviadas por ácido sulfúrico na indústria hidrometalúrgica;
2. Adsorção irreversível de substâncias do tipo ácido húmico, fúlvico, no tratamento de água;
3. Adsorção irreversível de compostos coloridos, complexos presentes no refinamento de açúcar.

### Minimizando o Efeito do Envenenamento

É de grande interesse notar que para cada um dos casos de envenenamento de resina aniônica de base forte acima, métodos adequados para minimizar o envenenamento têm sido desenvolvidos para melhorar os benefícios técnicos e econômicos dos processos da resina de troca iônica. Estes métodos foram desenvolvidos através de programas de cuidadosa pesquisa envolvendo:

1. Identificação da natureza do agente contaminador;
2. Estudo de métodos para a eliminação dos contaminantes através do pré-tratamento da água;
3. Estudo de métodos para o rejuvenescimento de resinas envenenadas;
4. Estudo e seleção de resinas que podem ser rejuvenescidas mais eficientemente.

Há dois aspectos do envenenamento da resina que devem ser considerados. No primeiro caso, o contaminante não deve ser adsorvido para o sucesso da operação, mas a adsorção da contaminação não pode ser evitada. O envenenamento da resina de troca aniônica por cianetos de cobalto, ferrocianeto e policianetos na indústria hidrometalúrgica de urânio é um exemplo disso. No segundo caso, o sucesso da operação de troca iônica

depende do grau de adsorção do contaminante. Na descoloração do açúcar, a remoção de ácidos durante a deionização são exemplos desses casos. No último caso é importante que a resina a ser escolhida seja eficaz para a remoção do contaminante em potencial e que possa ser eficaz e economicamente regenerada e rejuvenescida. A resina AMBERLITE™ IRA-458CI e AMBERLITE™ IRA-402CI são exemplos de resinas que são eficazes para a deionização de água que contém traços de material orgânico. A resina AMBERLITE™ 958CI, AMBERLITE™ IRA-458CI e AMBERLITE™ IRA-900CI são eficazes para a descoloração de xaropes e açúcares.

### Rejuvenescimento de Resinas Contaminadas

No caso de envenenamento por materiais orgânicos de origem natural, tais como ácidos húmicos e fúlvicos, o rejuvenescimento com uma solução de salmoura alcalina a quente (aproximadamente 10% NaCl + 2% NaOH) é muito eficiente, isto se não for permitido à contaminação orgânica na resina acumular-se em nível irreversível. Se for permitida esta contaminação orgânica irreversível da resina em altos níveis, um tratamento mais drástico será necessário. Ocasionalmente o uso de soluções de hipoclorito de sódio (0,5-2% NaOCl) poderá ser aplicado para o rejuvenescimento do AMBERLITE™ IRA-402CI, AMBERLITE™ IRA-458CI e AMBERJET™ 4200CI, que estejam fortemente contaminadas com material orgânico. O acúmulo de material orgânico nas resinas de base forte acima poderá ser analisado por um diferencial de oxidação da matéria orgânica absorvida por uma solução a 0,05 normal de sulfato cérico em uma solução a 1,8 normal de ácido sulfúrico. Na maioria dos casos serão necessários 7 dias de contato a uma temperatura de 25°C e comparado a uma prova em branco com a utilização de uma resina nova.

### Contaminação

De vez em quando a eficiência de uma resina de troca iônica pode ser prejudicada devido ao acúmulo de material insolúvel na superfície e no interior das partículas de troca iônica. O problema de acúmulo de material na superfície das partículas devido à presença de partícula ínfima e de material coloidal no afluyente do trocador iônico já foi discutido anteriormente. Em muitas situações, materiais estranhos insolúveis podem acumular-se no interior de um trocador mesmo que nenhum material insolúvel ou coloidal esteja presente na solução de alimentação. Tais situações são extremamente desagradáveis e normalmente resultam em escapes maiores e baixa capacidade operacional. As

resinas de troca iônica podem tornar-se contaminadas com sílica coloidal, sulfato de cálcio, fosfato de cálcio, ferro, alumínio, zircônio e óxido de titânio. Estes materiais se acumulam de várias formas dentro dos grânulos da resina, e as recomendações para minimizar seu acúmulo e para limpá-los variam com a natureza do material e da maneira pela qual se formam.

## **Acúmulo de Sílica Insolúvel**

O acúmulo de sílica insolúvel muitas vezes ocorre nas resinas aniônicas. Para detectá-la, poderá ser feita análise em amostras de campo, onde muitas vezes encontra-se valores de acúmulo equivalente a 16% de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) em peso da amostra na base seca. Quando resinas de base forte são empregadas para a remoção de sílica da água de alimentação de uma caldeira, a sílica solúvel é adsorvida como íon silicato. Se a resina não for adequadamente regenerada, frações de silicato hidrolisam-se em ácido silícico, o qual polimeriza-se em ácido silícico coloidal dentro dos grânulos da resina. O escape inesperado de sílica durante uma operação de deionização é normalmente gerado pelo acúmulo de sílica coloidal ( $\text{SiO}_2$ ) na resina. A regeneração da resina aniônica com solução de soda quente minimiza o acúmulo de sílica coloidal. Quando esta contaminação ocorrer, o rejuvenescimento com grandes dosagens de soda a quente com baixa vazão de aplicação (1VL/h) eliminará esta contaminação.

## **Precipitação de Sulfato de Cálcio**

Apesar da precipitação de sulfato de cálcio dentro dos grânulos de uma resina catiônica durante a regeneração com ácido sulfúrico ter sido discutida previamente, e este ser um problema bem conhecido para muitos, isso ainda se mantém como um problema muito freqüentemente ignorado. Poucos entendem que o sulfato de cálcio pode, potencialmente, precipitar-se dentro dos trocadores catiônicos sempre que o ácido sulfúrico for usado para regenerar uma resina catiônica que tenha sido saturada com uma água de alimentação contendo apenas uma pequena fração de dureza. Se não fosse pelo fato que soluções de sulfato de cálcio supersaturam prontamente, as precipitações de sulfato de cálcio seriam um problema tão difícil que o ácido sulfúrico teria de ser proibido de atuar como um regenerante comum. Sempre que ocorrer um escape de dureza durante um processo de troca iônica, deve-se suspeitar imediatamente de precipitação de sulfato de cálcio no leito da resina, ou até mesmo nos coletores (crepinas) ou tubulação. O remédio usualmente recomendado é o uso de:

1. Regenerações progressivas com ácido sulfúrico diluído (1 à 2% ) seguido de ácido mais concentrado ( 4% ), ou
2. Ácido clorídrico como regenerante;
3. Enxaguar com salmoura antes da regeneração com ácido sulfúrico.

A precipitação de sulfato de cálcio pode também ocorrer durante o processo de regeneração do abrandamento de água se o conteúdo de impurezas de sulfato na solução de salmoura for muito alto. Apesar disso não ocorrer muito freqüentemente, tais dificuldades têm sido observadas quando sub-produtos de sulfato de sódio têm sido usados como regenerante no processo de abrandamento de água.

Problemas relacionados com precipitações durante a regeneração de resinas aniônicas numa operação de troca iônica é outra fonte comum de dificuldades. Se a água influente for dura, a água usada na preparação do regenerante ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ) e água para enxaguar a resina aniônica deverá ser abrandada. Se isso não for feito, haverá precipitação de hidróxido de magnésio na resina aniônica e isso resultará em má qualidade da água deionizada.

A regeneração de ambas, resinas catiônicas e aniônicas empregadas em sistemas de Leito-Misto (Monobed), requer cuidados consideráveis, já que vários problemas de precipitação (Sílica,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , etc.) são possíveis de ocorrer, principalmente se resíduos de um componente, do regenerante entra em contato com outro componente ou se dois resíduos de regenerantes entrarem em contato dentro do leito da resina. Escapes em excesso, particularmente dureza encontrada durante a operação de uma resina de Leito-Misto, são, normalmente, resultado de precipitação durante a regeneração. O emprego de ácido clorídrico como regenerante de resinas irá remediar o problema se os causadores da precipitação forem hidróxido de magnésio e sulfato de cálcio; e o enxágüe com solução de soda quente ( $50^\circ\text{C}$ ) irá resolver o problema de precipitação de sílica.

## **Envenenamento por Material Orgânico**

O envenenamento de resinas aniônicas fortemente básicas foi primeiramente notado quando uma alta qualidade da água deionizada (água com resistividade elétrica em MegOhms) foi exigida pelas companhias de eletricidade, de papel e celulose, eletrônicas e outras indústrias. Em certas áreas, especialmente aquelas onde águas de superfície são captadas e clarificadas, a qualidade da água obtida em

sistemas de deionização, mesmo com os sistemas de resinas Leito-Misto, decrescem rapidamente após poucos ciclos de operação. A qualidade do efluente de um sistema de resina Monobed pode estar abaixo de 1 MegOhms/cm e pH 6, onde normalmente a qualidade deveria ser vários MegOhm/cm e um pH 7. Quando notada a princípio, a causa pode não estar imediatamente aparente; contudo, o pH baixo e a cor escura do efluente da regeneração da resina levam à conclusão que existe matéria orgânica presente na água bruta clarificada e que não está sendo quantitativamente adsorvida pela resina aniônica. Se os testes de demanda química de oxigênio (DQO) na água tratada confirmarem estas conclusões, ficará evidente que durante a deionização da água de superfície, os ácidos orgânicos presentes na água de alimentação foram adsorvidos durante o processo de troca até que a capacidade da resina aniônica fosse exaurida. A capacidade da resina de troca aniônica é limitada por eles devido ao seu alto peso molecular. Apesar de alguns dos materiais orgânicos adsorvidos serem removidos da resina aniônica durante a regeneração, uma grande porção desses orgânicos resistem à remoção e acumulam-se dentro da estrutura da resina. Por causa da capacidade limitada da maioria das resinas aniônicas para matéria orgânica e para o acúmulo destas matérias orgânicas após vários ciclos, o material orgânico poderá escapar durante os ciclos subseqüentes, resultando em água de baixa qualidade.

Há dados suficientes para confirmar que estes ácidos orgânicos de alto peso molecular são retidos nas resinas por troca iônica e por ligações van der Waal's (forças que, por exemplo, mantêm juntas as moléculas em um líquido). Estes ácidos não têm sido muito bem caracterizados e parece óbvio que vários componentes de origem natural estão envolvidos. Acredita-se que estão relacionados com os ácidos húmicos e são provavelmente originados da decomposição da vegetação. Além do mais, estes ácidos são capazes de complexar ferro e cobre, considerando-se o fato de que estes metais complexados a alguma matéria orgânica passam pela resina catiônica e são irreversivelmente adsorvidos pela resina aniônica.

Além disso, o envenenamento dos trocadores aniônicos pode ser também resultado da poluição por algum detergente sintético, encontrado nas águas de superfície.

## Envenenamento por Degradação de Produtos

Outra forma possível de envenenamento são os produtos solúveis de degradação que podem escapar do grupo sulfônico das resinas catiônicas. O papel da degradação da resina catiônica no envenenamento da resina de troca aniônica de um sistema de deionização ainda não foi esclarecido. Em alguns casos, onde a degradação da resina catiônica é acelerada pela presença excessiva de cloro ou metais catalisadores, tais como ferro e cobre, o envenenamento do trocador aniônico será também acelerado. As precauções tomadas para minimizar a degradação do grupo sulfônico de resinas catiônicas irão também proteger a resina aniônica.

Em alguns exemplos, a alimentação de sulfitos no influente da resina catiônica tem sido de algum valor; contudo, esta prática não tem tido muito sucesso, já que:

- Não dominou a degradação por oxidação devido ao oxigênio;
- Aumenta o total de sólidos dissolvidos, cátions e ânions;
- É dispendiosa, agrega mais custos ao processo;
- Remove a maioria do cloro adicionado para prevenir o crescimento de algas no leito da resina.

Contudo, vários estudos relacionados com este assunto mostraram que o uso da AMBERLITE™ 200C (resina catiônica fortemente ácida macrorreticular), que é uma resina de extraordinária estabilidade física e química, tem prolongado a vida da resina aniônica fortemente básica com relação à produção de água deionizada de alta qualidade.

## Prevenção e tratamento do Envenenamento

Várias técnicas têm sido desenvolvidas para minimizar o envenenamento por material orgânico das resinas aniônicas fortemente básicas. Contudo, deve-se compreender que a técnica deveria também permitir a remoção destes materiais para que não estejam presentes na água tratada. O pré-tratamento da água bruta é feito por meios de:

- Floculação seguida de flitragem lenta por areia;
- Cloração.

A combinação destes métodos é geralmente eficaz. Contudo, cada água deverá ser avaliada separadamente.

Em muitos casos, o uso de resinas porosas ou

acrílicas como o AMBERLITE™ IRA-458 CI (resina aniônica forte, acrílica, Tipo I) ou o AMBERLITE™ IRA-900 CI (resina aniônica fortemente básica, estirênica, macrorreticular, tipo I) ou o AMBERLITE™ IRA 410 CI (resina aniônica fortemente básica, estirênica, tipo II) fornecem resultados aperfeiçoados, já que estas resinas possuem maior capacidade para material orgânico e são mais eficientemente regeneradas. Em alguns exemplos, o uso da resina acrílica macrorreticular AMBERLITE™ IRA-958 CI no ciclo cloreto, como um "ORGANIC SCAVANGER" anterior à unidade de deionização tem-se provado útil, já que a resina pode absorver material orgânico eficientemente e este pode ser removido com uma solução aquecida de salmoura (NaCl @10% + 1% NaOH e temperatura 45°C). Resinas de base forte não se contaminam tão rapidamente no ciclo de cloreto como o fazem no ciclo de hidróxido. O uso de algumas resinas aniônicas, fracamente básicas, porosas antes das resinas de base forte num sistema de deionização tem sido benéfico na prevenção do envenenamento por material orgânico das resinas aniônicas de base forte, uma vez que eles são capazes de remover material orgânico sem serem rapidamente envenenados. Esta técnica será interessante quando for necessário usar uma resina de base fraca em sistemas de três leitos. Finalmente, uma limpeza ocasional com uma solução de salmoura alcalina (NaCl @ 10% + NaOH @ 2%) é útil para evitar que o material orgânico penetre muito profundamente na estrutura da resina.

Em raras ocasiões, um tratamento oxidativo com um 0,5-2% de hipoclorito de sódio em solução de 1-2% NaOH tem contribuído com a limpeza das resinas aniônicas, especialmente quando a quantidade de material orgânico acumulado tenha sido excessivo. Em alguns exemplos, o equivalente a 5% em peso de matéria orgânica tem sido encontrado nas amostras de resinas obtidas das unidades de campo. Sob estas condições, o desempenho geral da resina tem sido tão prejudicado que as taxas de difusão dos ânions tem sido reduzidos apreciavelmente. Um exame periódico da resina como descrito anteriormente irá prevenir o aparecimento de tais casos.

### **Contaminação com Óxido Hidratado**

Muitas das dificuldades experimentadas com resinas de troca iônica podem estar diretamente ligadas com as contaminações com óxidos hidratados, particularmente aqueles de ferro e manganês. Contaminações com óxidos hidratados podem ser muito desagradáveis uma vez que o rendimento de uma resina

nessas condições é bastante ineficiente devido à diminuição da cinética de troca iônica, resultando em capacidade baixa e escapes elevados. Apesar de serem comuns os entupimentos em vários graus com óxidos hidratados, na maioria das vezes isso é indesculpável, já que é possível preveni-lo com operações adequadas.

### **Várias Espécies de Ferro Encontradas**

O ferro está presente praticamente em todos os abastecimentos de água. Apesar de o ferro estar normalmente presente em quantidades menores que 1 ppm, às vezes são encontradas concentrações altas como 40 ppm. O problema com esse elemento nos abastecimentos de água é a facilidade com a qual ele muda de uma forma solúvel para a forma insolúvel devido às mudanças de concentração de dióxido de carbono e oxigênio e do pH durante o tratamento e a distribuição da água.

Em águas de poços profundos, o ferro está presente como ferro solúvel e como bicarbonato ferroso incolor  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . Estas águas são normalmente cristalinas na primeira tiragem, mas, em contato com o ar, a água começa a turvar-se e uma precipitação marrom de hidróxido férrico,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , se forma. Em alguns exemplos, o ferro pode estar presente, inicialmente, como ferro coloidal (água vermelha) devido à corrosão da tubulação de ferro pelo oxigênio e bióxido de carbono. As águas de superfície podem conter pequenas quantidades de ferro solúvel composto com ácidos orgânicos presentes na água. O ferro descomplexado é solúvel e, portanto, de natureza catiônica, enquanto o ferro complexado com material orgânico é aniônico. Além do mais, alguns abastecimentos de superfície contém ambos, sulfato ferroso e férrico, devido à poluição das minas, siderúrgicas e outros rejeitos industriais.

A menos que sejam complexados com material orgânico, flouretos ou outros agentes complexantes, as várias espécies de ferro sob condições de equilíbrio podem ser avaliadas em uma análise do potencial redox (o grau de oxidação) e pH. Em geral, o ferro férrico não pode existir na solução da fórmula  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})^{++}$ , e  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  na faixa de pH 5-8 em quantidades excedentes à 0,01 ppm. Por outro lado, o ferro ferroso pode existir em quantidades apreciáveis nessa faixa de pH nas espécies  $\text{Fe}^{++}$  e  $\text{Fe}(\text{OH})^+$ .

## Ocorrência de Contaminação por Manganês

O manganês é o elemento mais problemático, mas felizmente ocorre em abastecimentos de água em quantidades usualmente inferiores a 1 ppm. Em águas de poço o manganês ocorre como bicarbonato manganoso,  $Mn(HCO_3)_2$ . Em contato com o ar, essas águas não precipitam manganês como o óxido hidratado de  $MnO_2$ , já que o íon manganoso não é oxidável pelo ar, a não ser que o pH esteja acima de pH 9. O manganês também ocorre em águas de superfície como resultado da poluição. Isto também ocorre na água como complexos de material orgânico.

Ambos o ferro e o manganês são problemáticos na água, já que fazem parte da coloração de vários produtos têxteis e industriais. Eles também acarretam problemas de gosto em água/potável, sendo que o limite de potabilidade é de 0,3ppm para o Fe e 0,05 ppm para o Mn.

Se não fosse pelo fato do manganês e o ferro formarem hidróxidos insolúveis em abastecimentos normais de água sob condições de oxidantes, esses cátions poderiam ser tratados mais simplesmente, como o cálcio e o magnésio. Se o ferro e o manganês já estiverem no estado oxidado e coloidal, eles poderão acumular na superfície das partículas das resinas, resultando em baixa capacidade de troca e escapes prematuro.

### Mudança do Estado de Oxidação

Em várias situações o ferro e o manganês presentes no abastecimento de água estão no estado solúvel, reduzido e bivalente. Durante a passagem de tal tipo de água através da resina catiônica no ciclo sódio ou hidrogênio, o manganês ( $Mn^{++}$ ) e o ferro ( $Fe^{++}$ ) entram em uma troca com os íons do hidrogênio ou do sódio na resina. Enquanto estas espécies ( $Mn^{++}$  e  $Fe^{++}$ ) se mantiverem em estado reduzido, nenhum problema ocorrerá; contudo, durante a operação ou regeneração, se houver oxigênio presente, o ferro e, às vezes, o manganês se precipitam na superfície ou através da partícula das resinas, e, se não forem imediatamente removidos, eles envelhecem e tornam-se difícil sua remoção.

## Prevenção e Tratamento da Contaminação

É melhor remover estes materiais sempre que possível antes das unidades de troca iônica. O Ferro presente como bicarbonato ferroso pode ser removido por aeração e filtração. O ferro presente como óxido coloidal hidratado pode ser eliminado por sedimentação e filtração. Substâncias orgânicas incorporadas podem ser efetivamente removidas por coagulação, sedimentação e filtração. O ferro presente como sulfato ferroso em águas ácidas pode ser removido de forma semelhante. Aeração em pH alto seguida de filtração, ou filtração através do zeólito de manganês é eficaz na eliminação do manganês.

Sempre que a prática do pré-tratamento não for possível, ou quando o processo de troca iônica for empregado para a remoção de ferro e manganês, várias precauções serão necessárias. Bons procedimentos de lavagem na contralavagem e precauções durante a fase de regeneração são importantes. A adição de algum agente redutor, tal como hidrossulfito de sódio, na solução de salmoura regeneradora irá minimizar qualquer precipitação de ferro e manganês. Se houver precipitação, os óxidos hidratados de ferro e manganês podem ser removidos por meio de um tratamento com uma solução da mistura de um agente redutor, como hidrossulfito de sódio, e um agente sequestrante como polifosfatos.

Com cuidados apropriados, não somente é possível minimizar o envenenamento orgânico e a contaminação de óxido hidratado de resinas de troca iônica, mas pode-se eficazmente empregar resinas de troca iônica para a remoção de ferro, manganês e material orgânico.

Mais informações sobre os tópicos do envenenamento por material orgânico de resinas aniônicas e sobre a natureza do ferro em abastecimentos de água podem ser obtidas através das seguintes referências:

- Frisch, N and Kunin, R. - Organic Fouling of Anion Exchange Resins. J.A.W.W.A. 52, 875 (1960);
- Hem, J.B. and Cropper, W.H. Survey of Ferrous-Ferric Chemical Equilibria and Redox Potentials. Geological Survey Water-Supply Paper 1459-A (U.S. Gov't Printing Office, Washington, DC);
- Wilson, A.L. Organic Foulant of Strong ly Basic Anion Exchange Resins. J.Appl.Chem.9,352 (1959);
- Ou através da Rohm and Haas Company.

## Mecânica da Operação de um Trocador Iônico

Para considerar completamente o mecanismo das operações de troca iônica, é necessário, primeiramente considerar a diferença entre uma operação em bateladas e uma operação colunar. Uma vez que a maioria dos sistemas de troca iônica é baseada no equilíbrio entre cátions e ânions presentes no influente, não é possível conseguir-se a completa troca de íons de forma prática, a não ser que uma operação colunar seja empregada. A mecânica de um trocador iônico, contudo, está primariamente relacionada com a operação do leito das resinas de troca iônica contida em colunas. Apesar de poder-se projetar vários dispositivos mecânicos para este propósito, praticamente todas as unidades comerciais são baseadas em leitos fixos de materiais de troca iônica. Outros métodos e aparatos têm sido projetados para efetuar o contato entre as resinas de troca iônica com a substância a ser deionizada; contudo eles são raramente comercializados e não serão cobertos neste artigo.

Para a completa utilização da capacidade de uma resina de troca iônica contida em uma coluna, a solução deve ser capaz de fluir através do leito uniformemente e com um mínimo de dificuldade. Apesar de o fabricante de resina de troca iônica ter levado isto em consideração ao projetar seus produtos, o desenho do equipamento e os passos operacionais são de igual importância. Por exemplo, a distribuição deficiente da substância a ser deionizada e/ou do regenerante através de uma coluna de resina de troca iônica é um problema raramente considerado, mas este é um fator frequentemente responsável por muitas dificuldades operacionais.

### Unidade de Troca Iônica

A mecânica de uma operação em coluna de troca iônica pode ser melhor discutida em termos de equipamentos básicos. A figura 1 descreve uma típica unidade comercial de troca iônica a qual pode ser usada para discussão dos mecanismos de troca de íon. Os elementos básicos de uma unidade típica são:

- Colunas para conter a resina de troca iônica;
- Suporte para a resina de troca iônica, fundo falso;
- Sistemas de distribuição do fluxo no topo e coletores no fundo;
- Espaço para acomodar a resina durante a expansão por contralavagem;
- Tubulação de entrada e saída das colunas e dispositivos de controle de vazão, pressão.

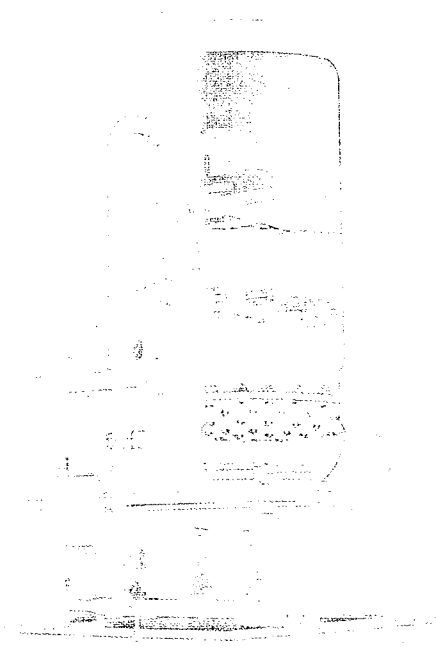


figura 1

*\* atualmente os equipamentos possuem, medidores de sódio na saída da coluna catiônica e/ou condutivimetro na saída da coluna aniônica para medir a eficiência da resina catiônica através do escape de sódio e medidores de sílica na saída da coluna aniônica para medir a eficiência da resina aniônica.*

### Estrutura das Colunas

A estrutura da maioria das unidades de troca iônica são usualmente compostas de aço carbono e a superfície interna é normalmente revestida com borracha (ebonite) ou outro elemento resistente a ácidos e álcalis. As dimensões da maioria das unidades variam de 300 à 3.000 mm de diâmetro e de 1.200 a 4.000 mm de altura. A proporção da altura em relação ao diâmetro (h/d) é um importante fator do ponto de vista teórico e prático. Uma vez que o volume a ser requerido de uma resina de troca iônica tenha sido determinado, o tamanho das unidades deve ser então estudado. Em outras palavras, o engenheiro deve considerar se ele vai usar poucas colunas grandes ou um grande número de colunas pequenas. Ele deve decidir se as colunas devem ser estreitas e altas ou largas e baixas. A altura mínima de um leito deve ser de 640 mm para a maioria dos sistemas de troca iônica, desejando obter as vantagens de um sistema de operação colunar. Uma vez que os distribuidores de topo e coletores inferiores são mais caros que a estrutura de parede, leitos profundos são mais desejados, economicamente, contudo, leitos profundos podem apresentar maior perda de carga nas

unidades. Diâmetros grandes, por outro lado, diminuem a perda da carga, mas aumentam a dificuldade em obter boa distribuição do fluxo. Portanto é óbvio que o engenheiro deve equilibrar economia e desempenho na obtenção de um projeto mais favorável.

## Distribuidores

Um problema normalmente associado com os mecanismos das unidades de troca iônica é a habilidade de distribuição uniforme do fluxo de um lado para o outro e através do leito da resina de troca iônica. Apesar deste fato ser um problema de pouca importância em testes com colunas de laboratório, assim que o diâmetro da unidade for aumentando, aumenta também o problema com a uniformidade da distribuição do fluxo. A uniformidade do fluxo é controlada por meio de tubulação ou distribuidor superior e inferior. Eles normalmente são uma rede de tubos ligados a um tubo central. Os tubos têm pequenos buracos ou ranhuras de tão igual espaçamento e de diâmetro que o distribuidor estará sob pressão a uma taxa de fluxo baixa e não sob pressão muito alta a uma taxa de fluxo alta. Se a faixa de taxa de fluxo for muito grande, serão necessários dois distribuidores.

Uma vez que os buracos no distribuidor são maiores que as partículas de uma resina normal de troca iônica, os coletores inferiores deverão ser cobertos, por telas ou colocados em um leito suporte de carvão-antracito e seixos rolados. Os buracos no distribuidor são algumas vezes espaçados de acordo com o diâmetro da coluna junto com pequenos buracos perto do centro do eixo central e os maiores no final, nas extremidades dos braços distribuidores. **Atualmente se projeta colunas com fundo falso e crepinas como coletores de fundo.**

## Suporte da Resina de Troca Iônica

Apesar de o distribuidor inferior estar associado com o suporte da resina, a função do suporte difere distintamente da função do distribuidor. Uma unidade bem projetada dá especial atenção ao suporte da resina de troca iônica. Este suporte normalmente fica acima do distribuidor inferior e é constituído de carvão de boa qualidade e cascalho (seixos rolados), como descrito acima, ou uma cerâmica porosa ou placa de metal. O suporte é utilizado para evitar perda da resina de troca iônica através do distribuidor de fundo e contribuir para a manutenção de uma posição constante e uniforme do leito da resina, ciclo após ciclo.

## Espaço para a Retrolavagem

A importância da operação de retrolavagem foi previamente comentada. Para lavar adequadamente um leito de resina de troca iônica, deve-se tomar certas precauções. A mais importante destas precauções está relacionada com a taxa de fluxo e o espaço para acomodar a resina suspensa (volume vazio). Uma vez que a retrolavagem correta envolve a expansão do leito da resina para que cada partícula esteja em movimento, será, portanto, necessário ter disponível uma vazão de retrolavagem suficiente para este propósito. Além disso, será importante ter espaço disponível suficiente para a resina expandir-se e ainda permitir que qualquer partícula de finos acumulada no leito seja removida da unidade. Uma vez que a densidade das resinas de troca iônica são na faixa de 1,1 à 1,3 (g/l), deverá existir um espaço vazio considerável acima do leito da resina de troca iônica. Unidades contendo resinas de troca aniônicas, que são menos densas, requerem 75 à 100% de espaços livres, para expansão, enquanto que as resinas catiônicas mais densas requerem 50 à 75% de volume vazio para expansão segura do leito.

## Tubulação de Entrada e Saída e Controles

O engenheiro projetista deverá também dar especial atenção às linhas de entrada, linhas de saída e controles da unidade de troca iônica para obter operações livres de problemas. O diâmetro correto da tubulação de entrada e saída da coluna para controle correto da vazão e pressão é de considerável importância. Além disso, a vazão deveria ser sempre controlada na saída da unidade, mantendo a mesma sob pressão constante. Se isso não for feito, uma gaseificação (liberação de ar dissolvido) poderá ocorrer dentro da unidade, contribuindo para sérias dificuldades.

## Hidráulica do Equipamento de Troca Iônica

Ficou bastante evidente na discussão acima que os aspectos físico e mecânico de uma unidade de troca iônica são de natureza essencialmente hidráulica. Do ponto de vista do equipamento, o engenheiro nada achará de excepcional na natureza hidráulica das unidades de troca iônica. Há, porém, alguns problemas hidráulicos excepcionais associados com resinas de troca iônica, os quais poderão causar dificuldades a não ser que sejam previstos. Por exemplo, a baixa densidade das resinas de troca iônica, particularmente as resinas aniônicas,



requer cuidadosa atenção no projeto dos controles de vazão e restrições para a operação de retrolavagem. Isto é de considerável importância durante as operações de inverno, já que o aumento da viscosidade da água requer uma vazão de contralavagem menor. Além disso, algumas resinas de troca iônica sofrem um alto grau de inchaço na saturação e deve-se tomar precauções para lidar com a forma inchada da resina. Isto é muito importante, já que é a forma inchada que é usualmente lavada no contra-fluxo. Finalmente, algumas resinas de troca iônica são levemente elásticas e comprimíveis geram maiores perdas de carga do que as esperadas nas altas taxas de vazão e em leitos profundos. Por causa destes fatores, um projeto apropriado de qualquer unidade de troca iônica requer um estudo cuidadoso da hidráulica da resina em questão.

## Resolução de Problemas

De vez em quando pode-se encontrar dificuldades operacionais inexplicáveis com equipamentos bem projetados. Apesar dessas dificuldades serem de pouca importância e facilmente detectáveis em pequenas colunas de vidro de laboratórios, os mesmos problemas são mais difíceis de reconhecer e corrigir nos casos de grandes unidades industriais. Neste caso, a causa da dificuldade somente poderá ser descoberta através de um "check-out" completo. A causa mais normal de problemas pode ser atribuída a uma das seguintes possibilidades:

1. Mudanças na salinidade da água de alimentação da unidade de troca iônica;
2. Falha ou defeito no equipamento;
3. Mudança nas características de operação do trocador.

Todas as três possibilidades deverão ser consideradas separadamente.

Ao procurar por mudanças na natureza do afluente, deve-se fazer análises para certificar-se de que novas espécies problemáticas ou coloidais não tenham entrado no mesmo. É possível também que a concentração de íons a serem removidos tenha aumentado. Por exemplo, é importante notar que a composição da água bruta, especialmente águas de superfície, variam consideravelmente entre as estações de verão e inverno e também antes e depois de chuvas. Estas mudanças podem alterar as características operacionais das unidades de troca iônica. Deveria-se efetuar conferências periódicas sobre a natureza do afluente de uma unidade de troca iônica para que estas dificuldades sejam previstas.

Pequenas falhas ou defeitos no equipamento de troca iônica podem ser bastante desagradáveis e se tornar fonte geradora de grandes dificuldades. Por esta razão, a conferência periódica do equipamento é muito importante. Grandes unidades geralmente têm pontos de amostragem para que o centro do problema seja isolado rapidamente e o problema reparado. As três partes do equipamento que mais causam problemas são:

- Válvulas nas quais acúmulos indesejáveis podem resultar em passagem do afluente ou do regenerante no efluente;
- Os distribuidores (superior e inferior) onde entupimentos resultam em canalizações ou em falhas na passagem;
- O fundo falso onde entupimentos das crepinas ou coletores também resultam em insuficiente distribuição de líquido, formações de canais preferenciais e insuficiente distribuição nas contralavagens.

Se for observado que o trocador está com problemas, a unidade deverá ser aberta para inspeção e obtenção de amostras para inspeção e análises. A amostra deverá ser representativa para que os resultados das análises possam assegurar a realidade do leito de resina em operação.

As conferências periódicas das grandes plantas de deionização são uma forma de precaver-se de problemas onde paradas nas operações possam ser muito sérias e acarretar grandes prejuízos.

Ao concluir este artigo sobre *Sugestões Úteis na Tecnologia de Troca Iônica*, o autor enfatiza o fato de que a operação da maioria das instalações de troca iônica que foram devidamente projetadas e supervisionadas por engenheiros é normalmente livre de problemas e sem complicações ou paradas inesperadas. Contudo, a utilização total do potencial de qualquer resina de troca iônica demanda conhecimento específico das suas propriedades, da natureza do equipamento, de experiência e de conhecimento necessário para lidar com imprevistos.

## **ATENÇÃO:**

Soluções regenerantes ácidas ou básicas são corrosivas e devem ser manipuladas de forma a evitar o contato com os olhos e a pele.

O ácido nítrico e outros agentes oxidantes fortes podem causar reações do tipo explosivas quando misturados com as resinas de troca iônica.

Será necessário um projeto apropriado do equipamento para evitar aumentos de pressão se houver o uso de um agente oxidante forte como ácido nítrico. Consulte as fontes de informações relativas ao manuseio adequado antes de usar agentes oxidantes fortes em contato com as resinas de troca iônica.

# Para obter informações ou literaturas dos produtos da Rohm and Haas, ligar para os escritórios:

## BRASIL

Rohm and Haas Química Ltda.  
Av. Roque Petroni Junior, 999 - 9º andar  
Cep- 04707-000 - SP - São Paulo

Osmar Cunha  
Maria Silvia Dias  
André Souza  
Claudia Almeida  
Maristela Oliveira

Fone:

(5511) 5185-9000

Fax:

(5511) 5183-2595

## CARIBIA

Rohm and Haas LAR  
2600 Douglas Rd., Suite 1100  
Coral Gables, FL 33134

Joanne Nirenberg

(305)447-3610

(305) 447-3642

Rohm and Haas Puerto Rico  
252 Ave. Ponde de León  
Suite 403 Citibank Tower  
Hato Rey, PR 00918

Dali Villanueva  
Customer Service

(787) 756-0445

(787) 756-0449

(787) 756-0448

(787) 756-0447

## CHILE

Rohm and Haas Chile, Ltda.  
Casilla 131 - Correo 35  
Santiago, Chile

Paulo Jose Garcia

(562) 233-5781

(562) 232-6768

## COLOMBIA

Rohm and Haas Colombia, S.A.  
Calle 72 No. 12-65, 6 psio.  
Bogota, Colombia

Fernando Ballesteros  
Javier Arbelaez

(571) 312-4545

(571) 212-1604

## MEXICO

Rohm and Haas México  
Paseo de los Tamarindos No. 400-A  
7o. Floor  
Col. Boxques de las Lomas  
México, D.F. 05120

Mario Cruz  
Jorge Rivera  
Leonel Pernudi

(525) 728-6666

(525) 728-6618

## Distribuidores

### ARGENTINA

Biosix  
Montevideo 373, 9 piso Of. 91  
Buenos Aires, Argentina

Pedro Fiorini  
Alejandro Fiorini

Fone:

(5411) 4375-1060

Fax:

(5411) 4374-1127

### PUERTO RICO

C&C Borinquem, Inc.  
P.O. Box 4579 Suite 92  
Caguas, P.R. 00726

Manuel Rodríguez

(787) 743-7310

(787) 743-7335

### TRINIDAD

Ruplas  
P.O. Box 3235  
Diego Martin, Trinidad, W.I.

Glenn Cumberbatch

(809) 637-2061

(809) 637-8264

### VENEZUELA

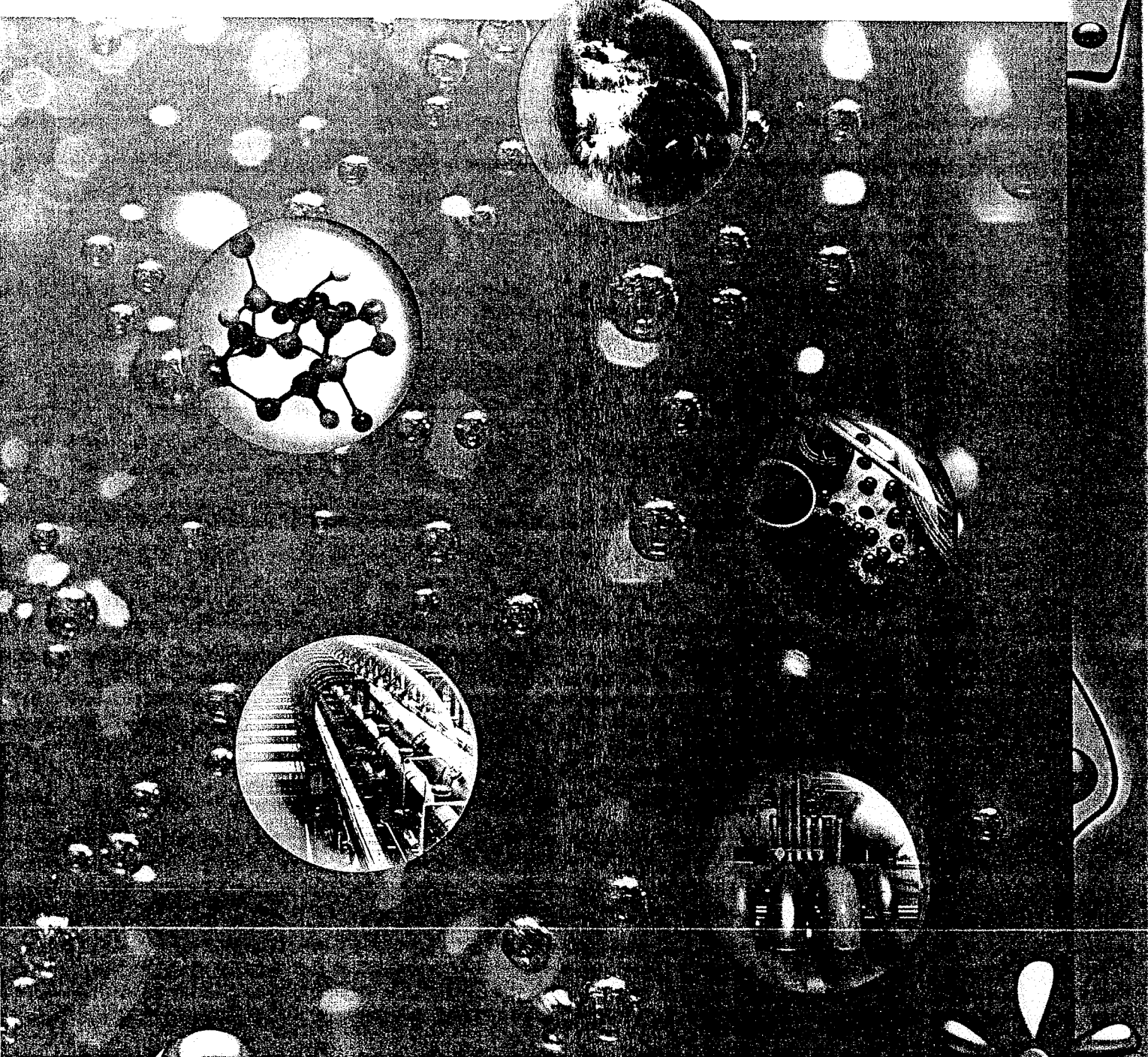
Gamma Química  
Centro Integral Sta. Rosa, piso 2  
Of. 208, Caracas, Venezuela CP1060

Manuel Castillo  
Carlos Monge

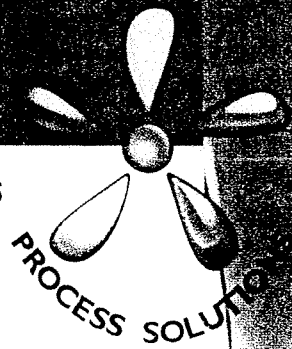
(582) 920-879

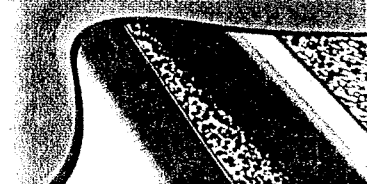
(582) 918-739

# Ion Exchange Resins for Chemical Processing



Together, building tomorrow's solutions





# Ion Exchange Resins for

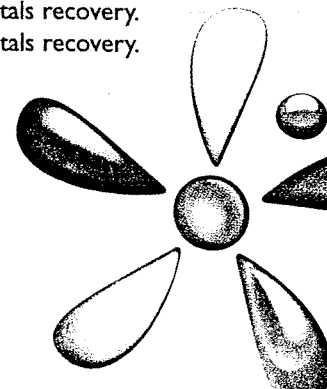
| Applications & Product name                          | Functionality               | Matrix                     | Ionic Form        | Min. Volume Capacity [eq/L] <sup>[1]</sup> | Moisture Content [%] | Particle Size [mm] |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------|--|----------------------|--------------------|
| <b>Brine Softening</b>                               |                             |                            |                   |  |                      |                    |
| AMBERLITE IRC747                                     | Aminomethyl-phosphonic      | MR Styrene <sup>[3]</sup>  | Na                | 1.40                                       | 60 - 65              | 0.35 - 1.00        |
| AMBERLITE IRC748                                     | Iminodiacetic               | MR Styrene                 | Na                | 1.35                                       | 60 - 65              | 0.30 - 1.00        |
| AMBERLITE GT73                                       | Thiol                       | MR Styrene                 | H                 | 1.20                                       | 50 - 56              | 0.42 - 0.85        |
| <b>Boron Removal</b>                                 |                             |                            |                   |  |                      |                    |
| AMBERLITE IRA743                                     | N-Methyl-glucamine          | MR Styrene                 | FB <sup>[4]</sup> | 0.60                                       | 50 - 56              | 0.30 - 1.18        |
| <b>Mercury Removal</b>                               |                             |                            |                   |  |                      |                    |
| AMBERLITE GT73                                       | Thiol                       | MR Styrene                 | H                 | 1.20                                       | 50 - 56              | 0.42 - 0.85        |
| <b>Purification of Aqueous and Organic solutions</b> |                             |                            |                   |  |                      |                    |
| AMBERLYST 119Wet                                     | Strong acid <sup>[6]</sup>  | Gel Styrene                | H                 | 1.80                                       | 49 - 55              | 0.63 ± 0.05        |
| AMBERLYST 15Wet                                      | Strong acid                 | MR Styrene                 | H                 | 1.70                                       | 52 - 57              | 0.35 - 1.18        |
| AMBERLYST 40Wet                                      | Strong acid                 | MR Styrene                 | H                 | 2.20                                       | 44 - 53              | 0.42 - 1.18        |
| AMBERLYST A21  | Weak base <sup>[7]</sup>    | MR Styrene                 | FB                | 1.25                                       | 54 - 60              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLYST A23  | Weak base                   | MR Phenolic <sup>[8]</sup> | FB                | 1.80                                       | 60 - 65              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLYST A24  | Weak base                   | Gel Acrylic                | FB                | 1.60                                       | 56 - 64              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLYST A26 OH                                     | Strong base <sup>[9]</sup>  | MR Styrene                 | OH                | 0.80                                       | 66 - 75              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERJET 4200 Cl                                     | Strong base <sup>[9]</sup>  | Gel Styrene                | Cl                | 1.30                                       | 49 - 55              | 0.70 ± 0.10        |
| AMBERLITE IRA410 Cl                                  | Strong base <sup>[11]</sup> | Gel Styrene                | Cl                | 1.25                                       | 45 - 51              | 0.30 - 1.25        |
| AMBERLITE IRC76                                      | Weak acid                   | MR Acrylic                 | H                 | 3.90                                       | 52 - 58              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLITE IRC748                                     | Iminodiacetic               | MR Styrene                 | Na                | 1.35                                       | 60 - 65              | 0.30 - 1.00        |
| AMBERLITE XAD4                                       | Adsorbent                   | MR Styrene                 | -                 | -  | 54 - 60              | 0.30 - 1.20        |
| <b>Hydrometallurgy</b>                               |                             |                            |                   |  |                      |                    |
| AMBERJET 4400 Cl                                     | Strong base <sup>[9]</sup>  | Gel Styrene                | Cl                | 1.40                                       | 40 - 48              | 0.55 ± 0.05        |
| AMBERLITE IRA400 Cl                                  | Strong base <sup>[9]</sup>  | Gel Styrene                | Cl                | 1.40                                       | 44 - 48              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLITE IRA900 Cl                                  | Strong base <sup>[9]</sup>  | MR Styrene                 | Cl                | 1.00                                       | 58 - 64              | 0.30 - 1.18        |
| AMBERLITE IRA910U Cl                                 | Strong base <sup>[11]</sup> | MR Styrene                 | Cl                | 1.00                                       | 54 - 61              | 0.60 - 1.18        |
| AMBERLITE IRA958 Cl                                  | Strong base <sup>[9]</sup>  | MR Acrylic                 | Cl                | 0.80                                       | 66 - 72              | 0.35 - 1.18        |

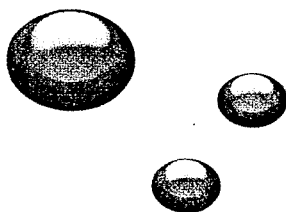
- Notes :**
- [1] The total capacity has only limited relevance for the operating capacity
  - [2] All resins are suitable for aqueous and non-aqueous solutions; they have been selected or designed for a particular application to assure a long lifetime, high selectivity and excellent kinetics which allow a high operating capacity, low leakage levels and optimal regenerant utilization
  - [3] Macroreticular styrene-DVB polymer
  - [4] Free base form
  - [5] Chloride form

# Chemical Processing

| Drying Weight<br>[lb/ft <sup>3</sup> ] | Recommended Max.<br>Op. Temperature |                     | Remarks <sup>[2]</sup>   |
|--|-------------------------------------|---------------------|--|
|  | [°C]                                | [°F]                |  |
| 47.1                                   | 80                                  | 175                 | Hardness removal from NaCl solutions in membrane chlor-alkali plants:<br>Highest selectivity for Ca and Mg.  |
| 46.8                                   | 90                                  | 195                 | Hardness removal from NaCl solutions in membrane chlor-alkali plants:<br>Highest selectivity for Sr and Ba.  |
| 48.9                                   | 60                                  | 140                 | Removal of Hg from NaCl and NaOH. Regenerable with concentrated HCl.   |
| 43.7                                   | 75                                  | 165 <sup>[5]</sup>  | Boron removal from concentrated MgCl <sub>2</sub> solutions, agricultural water supplies<br>and waste waters.                                      |
| 48.9                                   | 60                                  | 140                 | Removal of Hg, Ag, Cu, Cd and other heavy metals from aqueous and non-<br>aqueous streams such as hydrocarbons. Regenerable with concentrated HCl. |
| 50.0                                   | 130                                 | 265                 | Uniform particle size. General demineralization processes.   |
| 48.0                                   | 120                                 | 250                 | Plating bath rejuvenation.   |
| 51.8                                   | 140                                 | 285                 | High capacity resin for plating bath rejuvenation and rinse waters recycling.<br>Adipic acid purification.   |
| 41.2                                   | 100                                 | 210 <sup>[4]</sup>  | Purification of organic compounds (phenol, glycerine, etc.). Rinse water recycling<br>(demineralization).  |
| 40.6                                   | 50                                  | 120 <sup>[4]</sup>  | Phenol deacidification.  |
| 43.7                                   | 50                                  | 120 <sup>[4]</sup>  | Removal of Fe <sup>3+</sup> and Zn <sup>2+</sup> from HCl. Ag recovery from photographic effluents.<br>Good adsorption and desorption of organics. |
| 42.1                                   | 60                                  | 140 <sup>[10]</sup> | Demineralization of aqueous and non-aqueous solutions.   |
| 41.8                                   | 80                                  | 175 <sup>[5]</sup>  | Uniform particle size. Removal of Fe <sup>3+</sup> and Zn <sup>2+</sup> from HCl.<br>Ag recovery from photographic effluents.                      |
| 42.4                                   | 35                                  | 95 <sup>[10]</sup>  | Rinse water recycling (demineralization).  |
| 43.7                                   | 100                                 | 210                 | Metal removal from aqueous solutions where the salt background is not very high.   |
| 46.8                                   | 90                                  | 195                 | Heavy metals removal and recovery.   |
| 42.4                                   | 150                                 | 300                 | Removal of aromatic hydrocarbons such as phenols and pesticides from wastes.<br>Hydrogen peroxide purification.                                    |
| 45.5                                   | 60                                  | 140 <sup>[5]</sup>  | Uniform particle size. Uranium recovery in fixed bed or continuous systems.  |
| 44.9                                   | 80                                  | 175 <sup>[5]</sup>  | Gold recovery from cyanide leach liquors. Precious metals recovery.  |
| 43.7                                   | 80                                  | 175 <sup>[5]</sup>  | Gold recovery from cyanide leach liquors. Precious metals recovery.  |
| 43.7                                   | 60                                  | 140 <sup>[5]</sup>  | Uranium recovery.  |
| 44.9                                   | 80                                  | 175 <sup>[5]</sup>  | Removal and recycling of cyanides from barren leach<br>liquors in gold hydrometallurgy.  |

- [6] Sulfonic acid
- [7] Tertiary amine
- [8] Phenol formaldehyde condensate
- [9] Type 1, quaternary ammonium
- [10] OH form
- [11] Type 2, quaternary ammonium





To contact us, please visit our WebSite : <http://www.rohmhaas.com/ionexchange>  
to find the address, phone and fax of the nearest local subsidiary,  
or call us at the following office:

Rohm and Haas Company  
100 Independence Mall West  
Philadelphia, PA 19106-2399  
Tel: (800) RH AMBER  
Fax: 215-409-4534

Rohm and Haas Quimica Ltda  
Edificio Morumbi Office Tower  
Avenida Roque Petroni Junior,  
999 9o andar  
CEP 04707-00 - Sao Paulo  
Brazil  
Tel: (55)-11-5185-9000  
Fax: (55)-11-5182-5110

Rohm and Haas France S.A.S  
La Tour de Lyon  
185, rue de Bercy  
France  
75579 Paris Cedex 12  
Tel: (33)-1 40 02 50 00  
Fax: (33)-1 43 45 28 19

Rohm and Haas Japan K.K.  
The Vanguard Motoazabu  
4-26, Motoazabu 3-Chome  
Minato-ku, Tokyo 106-0046  
Japan  
Tel: (81)-3-5488-3100  
Fax: (81)-3-5488-3179

#### CAUTION

Ion exchange resins and polymeric adsorbents, as produced, contain by-products resulting from the manufacturing process. The user must determine the extent to which organic by-products must be removed for any particular use and establish techniques to assure that the appropriate level of purity is achieved for that use. The user must ensure compliance with all prudent safety standards and regulatory requirements governing the application. Except where specifically otherwise stated, Rohm and Haas Company does not recommend its ion exchange resins or polymeric adsorbents, as supplied, as being suitable or appropriately pure for any particular use. Consult your Rohm and Haas technical representative for further information. Acidic and basic regenerant solutions are corrosive and should be handled in a manner that will prevent eye and skin contact. Nitric acid and other strong oxidising agents can cause explosive type reactions when mixed with ion exchange resins.

Proper design of process equipment to prevent rapid buildup of pressure is necessary if use of an oxidising agent such as nitric acid is contemplated. Before using strong oxidising agents in contact with ion exchange resins, consult sources knowledgeable in the handling of these materials.

Rohm and Haas Company makes no warranties either expressed or implied as to the accuracy or appropriateness of this data and expressly excludes any liability upon Rohm and Haas arising out of its use. We recommend that the prospective users determine for themselves the suitability of Rohm and Haas materials and suggestions for any use prior to their adoption.

Suggestions for uses of our products or the inclusion of descriptive material from patents and the citation of specific patents in this publication should not be understood as recommending the use of our products in violation of any patent or as permission or license to use any patents of the Rohm and Haas Company.

Material Safety Data Sheets outlining the hazards and handling methods for our products are available on request.

Rohm and Haas Company maintain a policy of continuous development and reserve the right to amend any specification. To get updated product information, please consult your nearest Rohm and Haas office.

AMBERJET, AMBERLITE and AMBERLYST are trademarks of Rohm and Haas Company, Philadelphia, U.S.A.

