

# Tratamento de efluentes e destinação dos resíduos de ensaios por líquidos penetrantes

Jenifer dos Santos Salvador\*  
Márcia dos Santos Ferreira\*\*  
Ralph de Souza Silva\*\*\*

## Resumo

Este trabalho baseia-se no trabalho apresentado na 6ª COTEQ – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos – encontrado no site da AAENDE – Associação Argentina de Ensaio Não Destrutivos e Estruturais –, no qual buscamos o conhecimento no que se refere ao tratamento de efluentes e destinação dos resíduos de ensaios por líquidos penetrantes. Apresentamos neste artigo uma contribuição para os usuários de ensaios não destrutivos e ao meio ambiente, visando sua preservação e a redução dos resíduos gerados.

**Palavras-chave:** Ensaio não destrutivo. Conhecimento. Preservação.

## Introdução

A arte de inspecionar sem destruir evoluiu, principalmente a partir da década de 50, de simples curiosidade de laboratório até se tornar uma ferramenta indispensável de produção. Os ensaios não destrutivos são largamente utilizados na indústria moderna em todo o mundo para avaliação da qualidade e detecção de variações na estrutura, pequenas falhas superficiais, presença de trincas e outras interrupções físicas, medida de espessura de materiais e revestimentos, além da determinação de outras características de materiais e produtos industriais.

Visando à preservação do meio ambiente e à redução dos resíduos gerados, apresentamos por meio deste trabalho uma alternativa e uma contribuição para os usuários de ensaios não destrutivos e ao meio ambiente.

O fato é que não há nos anais técnicos trabalho referente a esse assunto e nenhum método físico-químico, biológico ou por ultrafiltração conclusivo para tratamento e descarte de águas residuárias resultantes dos ensaios não destrutivos por líquido penetrante.

Nas pesquisas realizadas pela CODEQ nesse estudo, observou-se que o líquido penetrante ao ser removido com água é tratável em uma estação convencional de tratamento de efluentes, estação biológica ou ultrafiltros junto com a água industrial e descartado com o lodo proveniente dessas estações, que por sua vez pode ser descartado

em aterro industrial, reprocessado em usinas cimenteiras, usado como carga em empresas de artefatos de cimento ou simplesmente incinerado.

## Ensaio Não Destrutivo

### Conceitos

Os Ensaio Não Destrutivo (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção.

Constituem uma das principais ferramentas do controle da qualidade de materiais e produtos, contribuindo para garantir a qualidade, reduzir os custos e aumentar a confiabilidade da inspeção.

São largamente utilizadas nos setores petróleo/ petroquímico, químico, aeronáutico, aeroespacial, siderúrgico, naval, eletromecânico, papel e celulose, entre outros. Contribuem para a qualidade dos bens e serviços, redução de custo, preservação da vida e do meio ambiente, sendo fator de competitividade para as empresas que os utilizam.

Os ENDs incluem métodos capazes de proporcionar informações a respeito do teor de defeitos de um determinado produto, das características tecnológicas de um material, ou ainda, da monitoração da degradação em serviço de componentes, equipamentos e estruturas.

Os métodos mais usuais de END são: ensaio visual, líquido penetrante, partículas magnéticas, ultrassom, radiografia (Raios X e Gama), correntes parasitas, análise de vibrações, termografia, emissão acústica, estanqueidade e análise de deformações (ABENDI).

Classicamente, são considerados ensaios não destrutivos aqueles que quando realizados em peças acabadas ou semiacabadas não interferem nem prejudicam seu uso futuro ou processamento posterior. Eles são usados para determinação de algumas propriedades dos materiais e para a detecção de possíveis discontinuidades em peças e produtos industriais.

Descontinuidades são interrupções na estrutura

\* Técnica em Meio Ambiente pelo IF Fluminense, campus Campos-Guarus

\*\* Técnica em Meio Ambiente pelo IF Fluminense, campus Campos-Guarus

\*\*\* Técnico em Meio Ambiente pelo IF Fluminense, campus Campos-Guarus

normal de um material, em nível macro ou microscópico, passíveis de serem percebidas durante a realização de um END.

Uma característica marcante dos END é que eles raramente medem diretamente a propriedade de interesse. O valor dessa propriedade geralmente é obtido a partir de sua correlação com uma outra grandeza que é medida durante a realização do teste (SILVA JUNIOR, MARQUES, 2006, p. 2).

As principais razões para uso dos ENDs são:

- garantir a qualidade dos produtos e a reputação dos fabricantes;
- prevenir acidentes e a perda de vidas humanas e a paralisação de serviços básicos;
- aumentar os lucros dos fabricantes (SILVA JUNIOR, MARQUES, 2006, p. 2).

## Tratamento físico-químico

Os tratamentos destrutivos do tipo físico-químico aplicam-se na depuração de águas residuais (geradas normalmente, pelos ensaios não destrutivos, tratamento de superfícies, lubrificação, refrigeração e limpeza de peças e equipamentos) e podem ser agrupados nos seguintes processos: (6ª CODEQ)

1. Operações de oxirredução
  - Redução de Cr VI
  - Oxidação de íons ferrosos, cianetos e matéria orgânica
2. Operações de neutralização e precipitação
  - Hidróxidos metálicos
  - Sulfatos, fosfatos e fluoretos
3. Operações de floculação e decantação
4. Operações de desidratação de lamas (resíduos)

## Objetivos do tratamento físico-químico

- Recuperação de algumas substâncias
- Recuperação de metais pesados por precipitação química
- Diminuir a periculosidade e a toxicidade
- Oxidação de cianetos obtendo cianatos
- Redução do Cromo (VI) para Cromo (III)

## Operações de tratamento físico-químico

### *Oxidação de cianetos*

- Cianureto ou Cianeto é o nome dado a qualquer composto químico que contém o grupo ciano C=N.
- Cianetos inorgânicos contém o íon CN<sup>-</sup>, uma substância extremamente tóxica, um dos venenos mais letais conhecidos pelo homem. Possui um típico odor amargo lembrando

amêndoas (SIMAS, 2007, p. 6).

Para eliminar os cianetos presentes nos efluentes, há a necessidade de previamente oxidá-los pela ação de oxidantes fortes, como o hipoclorito de sódio, em meio alcalino, que se pode obter através da adição de soda cáustica.

### *Redução de cromo hexavalente*

O cromo é um metal crítico entre os metais pesados devido à sua excessiva produção e à pluralidade de etapas existentes no seu tratamento. Dentre essas etapas, o tratamento do cromo hexavalente é essencial. O tratamento mais frequente corresponde à redução do cromo hexavalente através do uso de redutores em meio ácido (PIMENTEL, 2003, p. 19).

Esse processo é efetuado por adição de um agente redutor, como o bissulfito de sódio, num meio ácido, como o ácido sulfúrico, necessário para se dar a reação.

### *Homogeneização e Neutralização*

Homogeneizar é misturar; fazer com que uma solução ou uma mistura tenha um mesmo aspecto e concentração em todo seu interior.

Neutralização é toda reação química que ocorre na mistura de um ácido e uma base, que provoca a salificação.

Nessa etapa, procede-se à homogeneização dos diferentes tipos de efluentes e ao ajuste de pH de forma a serem criadas as condições necessárias à precipitação dos metais pesados. Normalmente, dão entrada nessa operação os efluentes da linha de oxidação de cianetos, de redução de cromo e restantes efluentes, ácidos e alcalinos, com metais pesados.

### *Floculação*

Processo físico que promove a aglutinação das partículas já coaguladas, facilitando o choque entre elas devido à agitação lenta imposta ao escoamento da água. A formação de flocos de impurezas facilitam sua posterior remoção por sedimentação sob ação da gravidade, flotação ou filtração. A floculação pode ocorrer por processos hidráulicos ou mecanizados (BDTA).

Nessa operação adiciona-se ao efluente homogeneizado uma substância floculante para que assim se verifique a aglutinação dos flocos de menores dimensões de forma a ficarem mais densos e com maior velocidade de sedimentação (ABENDI).

## Decantação

É o processo usado para separar misturas heterogêneas formadas por um sólido e um líquido ou por líquidos imiscíveis (não se misturam).

É nessa fase que se dá a separação dos flocos sólidos em suspensão e que se formaram na fase anterior, por sedimentação, num decantador de tipo lamelar. (ABENDI).

## Desidratação mecânica

Por este processo, consegue-se um resíduo desidratado com uma percentagem de umidade com cerca de 35%. Para tal, pode recorrer-se a filtros prensa por placas. Os resíduos com origem nesta operação, são recolhidas em recipientes tipo big-bag, sendo levados para uma zona de armazenagem temporária de resíduos (muito utilizado em efluentes de partículas magnéticas).

## Métodos específicos utilizados para líquidos penetrantes

Os líquidos penetrantes são cargas totalmente orgânicas compostos por solventes, tensoativos, surfactantes e pigmentos que podem ser eliminados dos efluentes pelos métodos físico-químicos, biológicos e por ultrafiltração. “Este produto é facilmente tratável, porém vale salientar que a legislação brasileira não admite que nenhum resquício de cor seja despejado nos corpos receptores, portanto pedimos especial atenção à remoção dos pigmentos” (ABENDI).

De acordo com o site da ABENDI, existem os seguintes métodos para a remoção do líquido penetrante.

“Líquidos penetrantes são considerados como resíduos Classe I e podemos, de acordo com o seu poder calorífico que é de 10.500 kcal/kg fazer uma blendagem para o seu descarte.

O material a ser descartado após o uso deverá estar armazenado em tambores, em local coberto e com barreiras de contenção de acordo com a legislação ambiental e nessa fase poderá ser utilizado pela indústria cimenteira ou simplesmente incinerado.

Para atingir este estágio podemos proceder da seguinte maneira:

- Reduzir o pH a 4 com uma solução de Sulfato de Alumínio a 10%;
- A seguir, eleve o pH a 7 com uma solução de Cal a 5%;
- Adicione um auxiliar de floculação (polieletrólito) em solução a 0,5%, que reduzirá o volume de resíduo a ser descartado.

Decantar o resíduo e retirar o excesso de água, que estará em condições de ser descartada

atendendo à legislação vigente, o resíduo poderá passar por uma filtração, reduzindo ainda mais o seu volume, formando uma massa que, de acordo com sua caracterização poderá ser descartado ou reprocessado em locais licenciados para esse fim. (ABENDI).

Outras formas de remoção do líquido penetrante são por meio da adsorção e por meio da troca iônica. A troca iônica é geralmente utilizada na remoção de ânions e cátions indesejáveis das águas residuais.

As resinas de troca iônica consistem numa estrutura tridimensional, orgânica ou inorgânica, com grupos funcionais ligados. A maior parte das resinas de troca iônica usadas no tratamento de efluentes são sintéticas, produzidas por polimerização de compostos orgânicos, resultando numa estrutura tridimensional porosa.

Os grupos funcionais iônicos que irão ser substituídos posteriormente pelo íons a serem retirados do efluente são geralmente introduzidos por reação da matriz polimérica com um composto químico que contenha o grupo desejado. A capacidade de troca é determinada pelo número de grupos funcionais por unidade de massa da resina. O desempenho e economia da troca iônica estão relacionados com a capacidade da resina para captar íons e com a quantidade de regenerante requerida.

O tratamento de uma água residual por troca iônica envolve uma sequência de operações. O efluente passa pela resina até que os pontos de troca disponíveis estejam ocupados e o contaminante apareça no efluente de saída. A este ponto da operação chama-se "breakthrough", equivalente à saturação do leito utilizado.

A essa altura o tratamento para, caso seja leito único, e o leito é lavado para remover lixo e para reativar a resina. O leito é então regenerado.

Após a regeneração, o leito é lavado com água para remover o regenerante. O equipamento está, de novo, pronto para outro ciclo de tratamento.

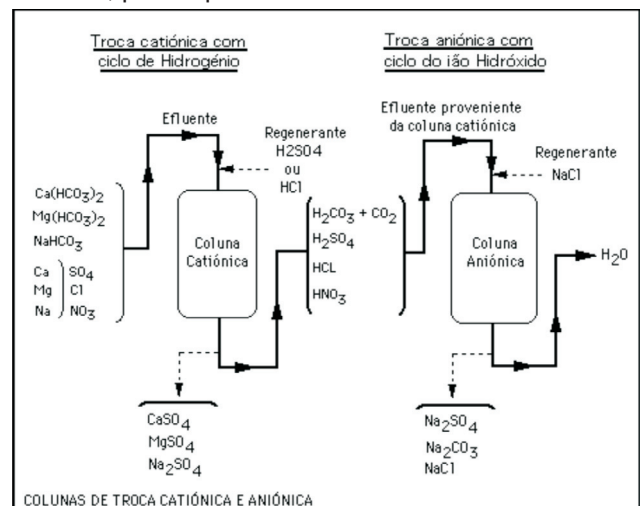


Figura 1 – Colunas de troca catiônica e aniônica

## Tratamento Biológico

Os líquidos penetrantes são totalmente orgânicos, portanto, um ótimo alimento para bactérias denitrificantes (nitrossomonas). Esses micro-organismos são seres heterotróficos que se alimentam de compostos orgânicos que são fontes de carbono e de energia liberando oxigênio, nitritos e nitratos.

Havendo oxigênio no sistema, os elétrons livres se ligarão a ele otimizando o sistema; se houver nitrato ou nitrito, funcionarão como oxidantes e também otimizarão o sistema.

O sistema de tratamento biológico por meio de lodo ativo é muito eficiente, necessitando somente a determinação em laboratório do tempo de residência do produto.

Para que o sistema funcione deve haver:

## Transformação Bioquímica

- Remoção de matéria orgânica solúvel
- Remoção de matéria orgânica insolúvel (coloidal, biomassa)
- Remoção de matéria inorgânica solúvel (nutrientes – N e P)

## Ambiente Bioquímico

- Tipos de aceitador de elétrons (oxigênio, compostos orgânicos ou inorgânicos)

## Configuração do Reator

- Biomassa em suspensão ou aderida em suportes
- Lodo perfeitamente agitado

## Ambiente Bioquímico

- O ambiente bioquímico é determinante na diversidade da comunidade microbiana.

## Com relação ao oxigênio

- Processos aeróbios suportam uma cadeia alimentar completa, desde bactérias até rotíferos.
- Processos anóxicos são mais limitados em variedades de organismos.
- Processos anaeróbios são predominantemente bacterianos.

## Filtração

A filtração é um método mecânico de separação, tendo como principal objetivo, no que diz respeito a tratamento de águas, a remoção de sólidos

suspensos ou de flocos resultantes das operações de floculação/coagulação.

Este método consiste em forçar a corrente de solução a tratar contra uma estrutura porosa, o filtro, que reterá partículas de dimensões maiores que as dos poros. Um dos princípios mais importantes da filtração é que os sólidos recolhidos acabam por se tornar na própria superfície filtrante. A remoção de partículas da água por filtração depende muito do tamanho das partículas em questão, sendo, para as partículas de maiores dimensões, de fácil aplicação. No entanto, para partículas de dimensões relativamente reduzidas, a operação de filtração pode tornar-se extremamente dispendiosa.

Existem vários equipamentos de filtração. No entanto, há alguns cuja aplicação em tratamentos de águas residuais não é economicamente viável.

Para além do tratamento de águas, a filtração é também comum na desidratação de lamas resultantes dos diferentes tratamentos.

## Ultrafiltração

A ultrafiltração é um método que permite a separação de dois ou mais líquidos diferentes por meio da classificação dos tamanhos de moléculas existentes em uma mistura.

O equipamento de ultrafiltração consiste em uma (ou várias) membranas adequadas ao que se deseja separar. O fluxo líquido é impulsionado por intermédio de uma bomba. O volume filtrado é direcionado para o recipiente de coleta e o fluxo é reprocessado várias vezes até que se elimine todo o composto indesejado.

Na prática atual, uma bomba recircula continuamente o efluente contido em um tanque de armazenamento fazendo com que ele passe pela superfície da membrana e retorne para o tanque. Cada passagem pela membrana resulta em um efluente mais concentrado, com moléculas grandes enquanto a água e outras moléculas pequenas são extraídas do efluente.

Dessa forma, a água (ou qualquer outro produto de interesse) pode ser efetivamente separada. Nesse processo chamamos a água que conseguimos extrair do sistema de “volume permeado” e o restante de “volume concentrado”.

O mais importante é a economia gerada no descarte somente do produto em si e não da água em excesso pois a água representa cerca de 90% da maioria dos efluentes industriais e num sistema de inspeção por líquido penetrante representa 99,5%.

Essa água recuperada pode ser simplesmente descartada ou reutilizada em outras áreas da empresa. (ABENDI).

## Referências

AAENDE. Associação Argentina de Ensaio Não Destrutivos. Tratamento de Efluentes e Destinação dos Resíduos de Ensaio por Líquidos Penetrantes. Disponível em: <[www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/PDF/COTE166.PDF](http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/PDF/COTE166.PDF)>. Acesso em: 25 nov. 2010.

ABENDE. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos. Ensaio Não Destrutivos – END. Disponível em: <[http://eee.abende.org.br/info\\_end\\_quesao.php?w=1024&h=768](http://eee.abende.org.br/info_end_quesao.php?w=1024&h=768)>. Acesso em: 25 nov. 2010.

BDTA. Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais. Floculação. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/floculacao.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

INTRODUÇÃO aos Ensaio Não Destrutivos. Disponível em <<ftp://www.demec.ufmg.br/ema867end/Introd.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

PIMENTEL, Marcio Antonio da Silva. Controle da dosagem de metabissulfito de sódio em efluentes contendo cromo hexavalente. 2003. Acesso em: 25 nov. 2010.

SIMAS, Rui. Alternativa para tratamento de Efluente Galvânico contendo cianeto com remoção e reutilização dos contaminantes. 2007. Disponível em: Disponível em: <[www.apets.com.br/.../AlternativadeTratamentodeEfluentesGalvanicoscontendoCianeto](http://www.apets.com.br/.../AlternativadeTratamentodeEfluentesGalvanicoscontendoCianeto)>. Acesso em: 25 nov. 2010.

