

# Avaliação adequada

*Crerios a serem considerados na reutilização dos cartuchos químicos para vapores orgânicos*

Para um bom uso da informação a respeito da vida útil dos cartuchos químicos utilizados em equipamentos de proteção respiratória, é necessário compreender a forma como eles funcionam. Isto é muito importante quando são usados cartuchos para vapores orgânicos contra químicos voláteis durante mais de um turno de trabalho. Quando estes cartuchos não estão em uso, os químicos podem desorver-se do carvão no interior dos cartuchos. A reutilização inadequada dos cartuchos para vapores orgânicos pode fazer com que a deterioração ocorra mais rapidamente do que o previsto como vida útil. Por exemplo, não se deve reutilizar um cartucho para vapores orgânicos quando ele tem sido usado para químicos que migram através do cartucho durante a armazenagem ou período sem utilização. A decisão de voltar a utilizar os cartuchos pode ter um impacto na proteção dos trabalhadores e no programa de proteção respiratória.

## COMO FUNCIONAM OS CARTUCHOS?

Os cartuchos químicos são utilizados nos respiradores para ajudar a eliminar e reduzir a exposição dos trabalhadores a gases ou vapores prejudiciais no local de trabalho. Existem vários tipos de cartuchos químicos e desenhos específicos para retirar os vapores orgânicos, amoníacos, formaldeídos, vapores de mercúrio e gases ácidos, como por exemplo, o cloreto de hidrogênio, dióxido de cloro e de enxofre.

Todos os cartuchos químicos são formados de um recipiente repleto cheio de um material



adsorvente. Um adsorvente é um material poroso granular que interage com a molécula de gás ou vapor (ou a captura) para purificar o ar. Usualmente, este adsorvente é carvão ativado de origem vegetal ou mineral. O carvão ativado é uma forma amorfa de carvão que se caracteriza por sua propriedade de adsorção de muitos gases e vapores. O carvão ativado – que é obtido mediante a destilação destrutiva da madeira, cascas de nozes, ossos de animais e outros materiais carbonosos – usualmente se deriva de cascas de coco ou carvão mineral para uso em respiradores. O carvão é ativado através de aquecimento até 800-900°C com vapor ou calor, e este processo dá como resultado uma estrutura interna porosa, similar ao de um favo de mel de abelhas. A área da superfície interna do carvão ativado tem cerca de 930 metros quadrados por grama e se constitui em um elemento ideal para a extração de vapores orgânicos mediante processo de adsorção.

## PROCESSOS

Adsorção é a aderência de moléculas de gás ou vapor à superfície do carvão ativado. A força de atração entre o carvão ativado e a molécula química é uma força física relativamente pequena e fraca. A intensidade de atração depende, em parte, do químico. A desorção é o processo onde um material adsorvido “se deixa desprender” do carvão ativado. A desorção pode ocorrer de forma natural durante os períodos sem uso ou pela presença de outra substância que é adsorvida de forma mais forte. Geralmente, quanto mais volátil for o químico, menor é a intensidade com que ele é adsorvido ou maiores são as probabilidades de que ocorra desorção. Durante o tempo de armazenagem ou não uso do cartucho químico pode ocorrer a desorção do contaminante e sua migração através do material adsorvente. Isto pode ocorrer, inclusive sem que haja movimentação de ar dentro do cartucho.

## VARIÁVEIS

As variáveis que aparentemente afetam a migração incluem:

- Volatilidade  
Quanto mais volátil for o químico, maior é a possibilidade de migração;
- Co-adsorção de vapor e água  
A co-adsorção, derivada do uso na atmosfera com umidade relativa alta (>50%), pode aumentar o efeito da migração;
- Quantidade de material adsorvido no cartucho durante a primeira utilização;
- Tempo de armazenagem;
- Tipo de vapor.

*Este artigo foi originalmente publicado na edição de abril de 2001 da Revista Noticiais de Seguridad, editada mensalmente pelo Consejo Interamericano de Seguridad. A tradução e publicação no Brasil do artigo foi autorizada com exclusividade para a Revista Proteção. O texto foi revisado pelo higienista Osny Ferreira de Camargo, da 3M do Brasil. Ele lembra que a norma OSHA (dos Estados Unidos), que estabelece a necessidade de implementação de programas de proteção respiratória, define que devem ser utilizados respiradores do tipo linha de ar para qualquer contaminante atmosférico na forma gasosa (gases ou vapores). O uso de respiradores com cartuchos químicos é permitido desde que eles possuam indicador de fim de vida útil ou que seja implementado um esquema de troca baseada em dados objetivos sobre o desempenho do cartucho para contaminantes químicos. Com isto, muitas empresas fabricantes de respiradores disponibilizam softwares ou informações precisas sobre o desempenho de seus cartuchos para um grande número de produtos químicos, inclusive pela internet.*

# Informação fundamental

## O que é preciso saber sobre dessorção e migração nos cartuchos de protetores

Os potenciais de dessorção e migração fazem que a reutilização dos cartuchos para vapores orgânicos deva ser levada em conta. Os químicos mais voláteis não só têm uma maior probabilidade de sofrer um processo de dessorção, como a capacidade do carvão é em média menor para estes químicos. Esta afirmação é válida para muitos gases inorgânicos. No caso dos vapores orgânicos, as normas europeias consideram que os químicos mais voláteis são aqueles que têm temperaturas de ebulição menor que 65°C. Estes químicos são classificados como químicos de baixa ebulição. Seria de se esperar que os cartuchos para vapores orgânicos típicos tivessem uma menor capacidade para estes materiais, onde a dessorção poderia representar um papel importante. A capacidade do carvão para infiltrar os gases inorgânicos pode ser ampliada e a dessorção dos gases inorgânicos pode ser prevenida com o uso de cartuchos especiais.

Para conseguir que os cartuchos sejam mais seletivos com respeito a certos químicos, como por exemplo, os gases inorgânicos e gases orgânicos, como o formaldeído para citar um, os adsorventes podem ser impregnados com reativos químicos. O carvão ativado impregnado retira as moléculas de gases e vapores específicos mediante quimissorção. A quimissorção consiste na formação de uniões entre o carvão ativado e as moléculas de gases ou vapores impregnadas em sua superfície. Estas uniões são muito mais firmes que as forças de atração da adsorção física. A união é usualmente irreversível. Geralmente, a reutilização dos cartuchos químicos que utilizam o princípio da quimissorção não é nenhum problema. A **Tabela 1** mostra os tipos de cartuchos químicos e os mecanismos que eles empregam para reter os gases ou vapores. Ela indica que os cartuchos químicos para vapores orgânicos, que dependem da adsorção como um mecanismo de retenção, são aqueles nos quais a dessorção e a migração constituem-se a maior preocupação.

### REUTILIZAÇÃO DOS CARTUCHOS PARA VAPORES ORGÂNICOS

É necessário ter muito cuidado no estabelecimento de um cronograma de troca de car-

tuchos utilizados por mais de uma vez nos seguintes tipos de exposição a vapores orgânicos:

- Químicos voláteis que poderiam sofrer um processo de dessorção quando não estão em uso;
- Quando dois ou mais químicos diferentes são adsorvidos em seqüência e um deles é adsorvido de forma mais intensa.

### REUTILIZAÇÃO DE CARTUCHOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA CONTAMINANTES VOLÁTEIS

Quando se utiliza um cartucho químico, o vapor se fixa nas primeiras camadas do carvão no cartucho. Durante o período sem uso, o químico, segundo a volatilidade e outras condições, pode sofrer dessorção e redistribuir-se por si só desde as áreas de alta concentração até as áreas de baixa concentração (as camadas posteriores do carvão onde não se tenha fixado nenhum vapor). O químico chega eventualmente à parte posterior do cartucho e daí pode adentrar à parte interna do respirador. Este processo pode resultar em uma exposição respiratória dos trabalhadores a vapores químicos que estavam presentes em outro ambiente de trabalho e não no ambiente onde está sendo utilizado.

### REUTILIZAÇÃO EM UM AMBIENTE DIFERENTE

Os químicos menos voláteis podem produzir a dessorção e conseqüente deterioração dos químicos mais voláteis adsorvidos de maneira deficiente. Por exemplo, um trabalhador de manutenção utiliza um respirador para a exposição a um produto químico A, sem que ultrapasse a capacidade do cartucho. O trabalhador vai a outra área no dia seguinte e é exposto a um produto químico orgânico diferente, um químico B, que é menos volátil que o químico A. No processo de adsorção do produto químico B, o produto A pode ser liberado. Se o cronograma de troca de cartuchos não considerar este fato, o químico A pode dessorver-se e expor o trabalhador a este contaminante atmosférico.

Estudos de laboratório têm demonstrado que um produto químico que se adsorve mais fortemente pode deslocar um químico que se adsorve de maneira relativamente fraca. Isto

Tabela 1 - Tipos de cartuchos químicos e mecanismos de retirada

Tipo de cartucho químico	Mecanismo de retirada	Exemplos e impregnante
Vapores orgânicos	Absorção	(Não disponível)
Amoníaco / Metilamina	Quimissorção	Cloreto de níquel, sais de cobalto, sais de cobre, ácidos
Gases ácidos	Quimissorção	Sais de carbonetos, sais de fosfato, hidróxido de potássio, óxido de cobre
Formaldeído	Quimissorção	Óxido de cobre + sulfatos de metal, sais ou ácidos sulfâmicos
Vapor de mercúrio	Quimissorção	Iodo, enxofre
Fluoreto de hidrogênio	Quimissorção	Sais de carbonetos, sais de fosfato, Hidróxido de potássio, óxido de cobre

Fonte: Revista Noticias de Seguridad, abril de 2001

pode dar como resultado uma concentração que exceda a concentração presente no ar. Embora o presente estudo tenha sido realizado com exposições simultâneas de químicos (misturas), é muito provável que ocorra o mesmo efeito como resultado de exposições posteriores a diferentes produtos químicos.

A empresa Translucite, Inc., nos Estados Unidos, emprega um método para determinar a vida útil dos cartuchos para vapores orgânicos mediante a padronização da capacidade de adsorção e o índice de adsorção dos vapores orgânicos provenientes dos líquidos orgânicos. A estimativa de vida útil é o tempo que um cartucho dura até que chegue ao ponto de penetração. Em relação aos vapores orgânicos, é o tempo que se esperaria que os cartuchos durem com um só uso contínuo. Em outras palavras, por exemplo, uma estimativa de vida útil de 20 horas significa que o cartucho duraria 20 horas se fosse utilizado de forma contínua nas condições de ensaio. Não

necessariamente que ele vai durar dois turnos de oito horas quando guardado durante a noite. No caso dos químicos voláteis, os estudos indicam que a vida útil é muito próxima à estimativa, incluindo períodos sem uso. Esta afirmação não é válida para os químicos mais voláteis.

#### PRECAUÇÃO

Alguns programas utilizam as temperaturas de ebulição menores de 65°C para identificar os químicos altamente voláteis. Muitas das estimativas de vida útil dos químicos mais voláteis são mais curtas em virtude da menor capacidade que o carvão possui para trabalhar com estas substâncias. Sem dúvida, algumas podem ser de mais de oito horas. Quando se faz uma estimativa de vida útil para um químico de baixa ebulição, aparece um aviso de advertência que indica que o cartucho deve ser descartado depois do turno, mesmo que a estimativa de vida útil seja de mais de oito

horas. Esta precaução se deve ao fato de que estes químicos são propensos a sofrer o processo de dessorção e migrar por todo o cartucho durante períodos curtos sem uso (desde umas poucas horas até a noite toda). Entretanto, o ponto de ebulição de 65°C pode ser enganoso para os químicos que se unem ao hidrogênio, como os alcoóis. A união com o hidrogênio dá como resultado uma temperatura de ebulição mais elevada do que a esperada com base no peso molecular. Os químicos que têm pontos de ebulição (PE) maiores também podem sofrer dessorção e migrar. Pode demorar um tempo ligeiramente maior para que isto ocorra. Os testes com acetato de etila (PE = 77°C) têm mostrado uma dessorção significativa depois de 63 horas de armazenamento (sem uso). A reutilização do cartucho com este químico, depois de um período curto sem uso, pode ser aceitável, mas provavelmente não seja recomendável depois de um final de semana.

## Recomendações importantes

Dicas de como estimar a vida útil do cartucho e programar as trocas

*Infelizmente, existe pouca informação publicada para avaliar o efeito da dessorção ou migração durante a vida útil dos cartuchos. Os dois métodos mais seguros para estimar se a vida útil é maior que o período de utilização são:*

- Nunca utilize novamente um cartucho químico para vapores orgânicos; descarte-o depois do período/turno durante o qual tenha sido utilizado.

- Realize estudos de dessorção em um laboratório mediante a simulação das condições de uso único/múltiplo em seu local de trabalho. Use estes dados quando estabelecer o cronograma de trocas.

Recomenda-se que sejam realizados estudos de dessorção, a menos que os cartuchos sejam trocados diariamente. Nos casos em que existe a possibilidade de migração de contaminantes (químicos com temperaturas de ebulição menores que 65°C), os cartuchos utilizados para proteção respiratória devem ser trocados depois de cada turno de trabalho durante o qual ocorre a exposição. Se o empregador dispõe de dados objetivos específicos (estudos de dessorção) que demonstrem o rendimento do cartucho nas condições e cronograma de uso/não uso que têm no local de trabalho, não é preciso fazer a troca diária.

O emprego de 65°C como o indicador de migração não leva em conta os materiais que podem migrar depois de períodos sem uso ligeiramente mais prolongado. Por isto, é possível que no futuro se considere o estabelecimento de guias para a reutilização de



cartuchos baseadas na volatilidade do químico. Poderia se estabelecer três níveis de volatilidade. Poderia se aceitar diferentes períodos de armazenagem em relação aos químicos de alta, moderada e baixa volatilidade. Atualmente não existem guias que indiquem que temperaturas de ebulição – ou algum outro indicador de volatilidade – devem ser utilizados como ponto de corte entre a volatilidade moderada e baixa. Quando a volatilidade aumenta, a reutilização dos cartuchos para vapores orgânicos deve ser restringida, especificamente nos seguintes casos:

- Não se deve reutilizar aqueles cartuchos para químicos orgânicos muito voláteis. Por

*exemplo, nunca volte a utilizar os cartuchos expostos a químicos com uma temperatura de ebulição menor de 65°C durante mais de um turno de trabalho.*

- Não se deve reutilizar aqueles cartuchos para químicos de volatilidade moderada depois de poucos dias sem uso. Por exemplo, nunca volte a usar um cartucho se o cronograma de troca do cartucho inclui seu armazenamento durante um fim de semana.

- Não se deve reutilizar aqueles cartuchos para químicos de volatilidade baixa utilizados durante um período de tempo um pouco mais prolongado, mas menor que a estimativa de vida útil.

Por exemplo, nunca volte a utilizar os cartuchos para tipos de químicos orgânicos durante mais de uma a duas semanas.

Para uso com misturas de químicos, o período sem uso ou de armazenamento deve estar baseado provavelmente no componente mais volátil da mistura. No futuro, a medida que o dispusermos de maior informação, se poderá fazer recomendações firmes sobre sua reutilização.

#### CONCLUSÃO

Antes de estabelecer um cronograma de troca de cartuchos, é necessário avaliar completamente a volatilidade do químico, os padrões de uso/não uso dos cartuchos e os dados de dessorção (caso existam). Se não há dados de dessorção, a prática prudente seria não reutilizar os cartuchos para vapores orgânicos mesmo quando a estimativa de sua vida útil seja maior que um turno de trabalho. Quanto aos químicos orgânicos que migram através do cartucho durante o período de armazenamento ou sem uso, o cartucho para vapores orgânicos não deve ser utilizado durante mais de um turno de trabalho.