

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao_ munhoz@farbene.com.br

PARTE 1

RISCOS DE TOXICIDADE

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

A respiração Humana

É o oxigênio que mantém acesa a chama da vida. O corpo humano é comparável a uma indústria química, onde a cada instante se desenvolvem reações simultaneamente. A energia química armazenada nos alimentos é transformada, após uma longa cadeia de reações intermináveis, em energia cinética e energia térmica.

A cadeia de reações invariavelmente termina com uma reação típica de combustão, ou seja, a combinação de algum hidrocarboneto com oxigênio, resultando daí dióxido de carbono e vapor d'água.

O meio de transporte que leva oxigênio a todas as células do corpo é o sangue. Esta é uma das funções principais do aparelho circulatório: transportar o oxigênio através do organismo em suas artérias e recolher o produto da reação, ou seja, o CO₂ e levá-lo até os pulmões para ser expelido.

Ar respirável

O ar atmosférico que nos envolve, o ar natural, tem aproximadamente a seguinte composição:

COMPONENTE	FÓRMULA	% VOL. (Excluída a umidade do ar)
Oxigênio	O ₂	20,93
Nitrogênio	N ₂	78,10
Argônio	Ar	0,9325
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,03
Hidrogênio	H ₂	0,01
Neônio	Ne	0,0018
Hélio	He	0,0005
Criptônio	Kr	0,0001
Xenônio	Xe	0,000009

A esta composição adaptou-se o organismo humano e seu sistema metabólico no decorrer de milênios. Qualquer gás ou material particulado que invada o ar que respiramos, vai causar sobre nosso organismo um efeito danoso que depende do tempo de exposição, da concentração e do esforço físico realizado.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Definição de toxicidade

Toxicidade é a característica que uma molécula química ou composto tem de produzir uma doença, uma vez que alcança um ponto suscetível dentro ou na superfície do corpo. Perigo toxicológico é a probabilidade que a doença tem de ser causada através da maneira pela qual a substância esteja sendo utilizada.

Termos relacionados à toxicidade:

Aguda: este termo é empregado no senso médico para significar “de curta duração”. Quando aplicada para materiais que podem ser inalados ou absorvidos através da pele, será referida como uma simples exposição de duração medida em segundos, minutos ou horas. Quando aplicada para materiais que são ingeridos, será referida comumente como uma pequena quantidade ou dose.

Crônica: este termo será usado em contraste com **aguda**, e significa de longa duração. Quando aplicada para materiais que podem ser inalados ou absorvidos através da pele, será referida como períodos prolongados ou repetitivos de exposição de duração medida em dias, meses ou anos. Quando aplicada para materiais que são ingeridos, será referida como doses repetitivas com períodos de dias, meses ou anos. O termo “crônico” não se refere ao grau (mais severo) dos sintomas, mas se importará com a implicação de exposições ou doses que podem ser relativamente perigosas, a não ser quando estendidas ou repetidas após longos períodos de tempo (dias, meses ou anos). Neste trabalho o termo **crônico** inclui exposições que podem também ser chamadas de “sub-agudas”, como por exemplo, algum ponto entre aguda e crônica.

Local: este termo se refere ao ponto de ação de um agente e significa que a ação ocorre no ponto ou área de contato. O ponto pode ser a pele, membranas mucosas, membranas dos olhos, nariz, boca, traquéia, ou qualquer parte ao longo dos sistemas respiratório ou gastrointestinal. A absorção não ocorre necessariamente.

Sistêmica: este termo se refere a um ponto de ação diferente do ponto de contato e pressupõe que ocorreu absorção. É possível, entretanto, para agentes tóxicos serem absorvidos através de canal (pele, pulmões ou canal gastrointestinal) e produzirem manifestações posteriores num daqueles canais que não são um resultado do contato direto original. Desta maneira é possível que alguns agentes produzam efeitos perigosos num simples órgão ou tecido como resultado de ambas as ações **local e sistêmica**.

Absorção: um material é dito ter sido absorvido somente quando tenha alcançado entrada no fluxo sanguíneo e conseqüentemente poder ser carregado para todas as partes do corpo. A absorção necessita que a substância passe através da pele, membrana mucosa, ou através dos alvéolos

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

pulmonares (sáculos de ar dos pulmões). Também pode ser produzida através de uma agulha (subcutânea, intravenosa, etc...), mas esta não é de muita importância em Higiene Industrial.

Definição de Toxicologia

Em termos simples, **toxicologia** pode ser definida como a ciência da ação de venenos em organismos vivos. Toxicologia Industrial é relacionada com o organismo humano e conseqüentemente está coligada ao campo da medicina. Uma vez que a medicina não pode ser considerada uma ciência exata como a química, física ou matemática, o fenômeno da toxicologia não pode sempre ser previsto com precisão ou explicado com base nas leis da física ou química. Este fato que não pode ser previsto, freqüentemente reduz as conclusões e decisões para opinião melhor do fato. Genericamente falando, Toxicologia Industrial é relacionada com os efeitos de substâncias que penetram em alguma parte do corpo humano.

Definição de veneno

O veneno pode ser considerado como a substância que causa danos para os tecidos vivos, quando aplicado em doses relativamente pequenas. Nem sempre é fácil fazer uma distinção entre substâncias venenosas e não venenosas.

A consideração mais importante quando definimos o termo **veneno**, é relacionar a quantidade ou dosagem a partir da qual o produto se torna perigoso.

Dosagem efetiva

Certas substâncias podem causar danos quando aplicadas diretamente sobre a pele. Entre os fatores relacionados com **dosagem efetiva**, os mais importantes são:

- Quantidade ou concentração do material.
- Duração da exposição.
- Estado de dispersão (tamanho da partícula ou estado físico, por exemplo: pó, fumos, gás, etc...).
- Afinidade ao tecido do corpo humano.
- Solubilidade nos fluidos dos tecidos humanos.
- Sensibilidade dos órgãos ou tecidos do corpo humano.

Obviamente existem possibilidades de grandes variações em qualquer um destes fatores.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Toxicologia por analogia

Por causa da escassez de informações toxicológicas de muitos compostos químicos utilizados na indústria, existe frequentemente uma tendência em acreditar que compostos que possuem características químicas próximas, terão propriedades tóxicas similares. Enquanto isto pode ser verdade para um número limitado de substâncias, este fato não pode significar uma verdade universal.

Como mencionado em outra parte, muitos produtos químicos quando absorvidos pelo corpo sofrem uma série de mudanças (processos de desintoxicação) antes de serem excretados. Os produtos intermediários dependerão grandemente da estrutura química do material original, e pequenas diferenças na estrutura podem resultar produtos intermediários ou finais totalmente diferentes.

Este princípio é muito bem ilustrado no caso do *benzeno* e do *tolueno*; estes produtos são quimicamente muito próximos, mas os metabolismos são diferentes e o grau de toxicidade é também muito diferente. **Toxicologia por analogia** pode ser muito perigosa e enganosa.

Classes de substâncias tóxicas

Substâncias tóxicas ou perigosas encontradas na indústria podem ser classificadas de várias maneiras. Uma classificação simples e útil é dada abaixo, junto com definições adotadas pela Associação de Normas Americanas (ASA).

Pós - Partículas sólidas geradas por abrasões mecânicas tais como: manuseio, esmagamento, moagem, impactos rápidos, detonação, decretação de materiais orgânicos ou inorgânicos tais como rochas, minério, metal, carvão, madeira, grãos, etc... Os pós não tendem a flocular, exceto sob força eletrostática; eles não se difundem no ar, mas se deslocam sob a ação da gravidade.

Fumos - Partículas sólidas geradas pela condensação a partir do estado gasoso, geralmente após volatilização de metais fundidos (como exemplo) e sempre acompanhados por uma reação química como a oxidação. Os fumos floculam e algumas vezes coalescem.

Névoas - Gotículas de líquidos suspensas geradas pela condensação de substâncias do estado gasoso para o líquido, ou pela passagem do líquido para um estado disperso, como pela ação de spray, espumação e atomização.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Vapores - É o estado gasoso de uma substância que se apresenta normalmente no estado sólido ou líquido e que pode mudar para estes estados através de redução de temperatura ou aumento de pressão. O vapor se difunde no ambiente. Exemplos de vapores: Acetona, Álcool Eílico e Metílico, Éter, Solventes de um modo geral, etc.

Gases - Normalmente fluidos sem forma, que ocupam todo espaço de confinamento e que podem ser mudados para o estado líquido ou sólido somente através da combinação de efeitos de redução da temperatura e aumento da pressão. O gás se expande e também se difunde no ambiente. Exemplos de gases: Hidrogênio, Propano, Acetileno, Cloro, Amônia, etc.

Esta classificação não inclui, obviamente, as categorias de sólidos e líquidos que podem ser perigosos, nem contém agentes físicos (tais como temperatura, pressão, ruído, etc...). Os últimos, estritamente falando, não podem ser considerados substâncias. Agentes vivos, tais como bactérias, fungos e outros parasitas compreendem outro grupo de “substâncias” que não serão abordadas neste trabalho.

Vias de Absorção

No sentido fisiológico, um material é tido como absorvido somente quando ele tenha ganho entrada na corrente sanguínea e conseqüentemente tenha sido carregado para todas as partes do corpo. Algo que foi engolido e que é posteriormente excretado, mais ou menos sem mudanças, nas fezes, não foi necessariamente absorvido, mesmo que possa ter permanecido no sistema gastrintestinal por horas ou mesmo dias. A Toxicologia Industrial se refere primeiramente a três rotas de absorção ou portas de entrada que os materiais podem utilizar para atingir a corrente sanguínea: a pele, o trato gastrintestinal e os pulmões.

Absorção através da Pele. Antes da introdução de métodos modernos de tratamento da sífilis, uma parte do padrão de terapia consistia no tratamento com mercúrio. A efetividade dependia do fato que certas formas de mercúrio podem ser absorvidas através da pele intacta. Agora é reconhecido que absorção pela pele pode ser um fator significativo de envenenamento ocupacional por mercúrio, bem como, um número de outras doenças industriais. No caso de metais além do mercúrio, entretanto, a entrada através da pele é relativamente sem importância, exceto para alguns compostos organometálicos, como chumbo tetraetila.

A Absorção pela Pele tem como sua maior importância a relação com solventes orgânicos. É geralmente reconhecido que quantidades significantes destes compostos podem entrar no sangue através da pele tanto como resultado de contaminação direta acidental ou quando o material tenha sido espirrado sobre as roupas. Uma fonte adicional de exposição é encontrada na prática muito comum de usar solventes industriais para remoção de graxas e sujeira das mãos e dos braços, em

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

outras palavras, para propósitos de lavagem. Este procedimento, incidentalmente, é uma grande fonte de dermatites.

Absorção Gastrintestinal. O simples fato de que algo tenha sido colocado na boca e engolido, não significa necessariamente que tenha sido absorvido. Naturalmente quanto menos solúvel o material é, menor é a possibilidade de absorção. Era comum no passado a prática de atribuir certos casos de envenenamento ocupacional a hábitos sem higiene por parte da vítima, particularmente falta de lavagem das mãos antes de alimentar-se. Não há dúvidas que alguns materiais tóxicos, utilizados na indústria, podem ser absorvidos através do trato intestinal, mas é agora genericamente acreditado que com certas exceções esta rota de entrada é de menor importância. Um caso ocorrido no Brasil há alguns anos, em Franca (SP) teve como rota de penetração de um agente tóxico (chumbo) o trato gastrintestinal. Foi constatado que as vítimas, algumas fatais, colocavam pregos para sapatos nos lábios, estando desta maneira ingerindo quantidades muito elevadas de chumbo que se encontrava presente nos pregos. Ingestão acidental de quantidades perigosas de compostos venenosos em uma única dose tem também sido registrada nos últimos anos. De maneira geral, pode ser dito que a absorção intestinal de venenos industriais é de menor importância e que a teoria de envenenamento das “mãos sujas” tem sido desacreditada.

Absorção através dos pulmões. A inalação de ar contaminado é de longe o mais importante meio pelo qual os venenos ocupacionais ganham entrada no corpo. É seguro estimar que pelo menos 90% de todo envenenamento industrial (excluindo dermatites) pode ser atribuído à absorção através dos pulmões. Substâncias perigosas podem estar suspensas no ar na forma de pós, fumos, névoas ou vapores, e podem estar misturados com o ar respirável no caso de verdadeiros gases. Desde que um indivíduo, sob condições de exercício moderado irá respirar cerca de 10 metros cúbicos de ar no curso normal de 8 horas de trabalho diário, é prontamente entendido que qualquer material venenoso presente no ar respirável oferece uma séria ameaça.

Felizmente, todos os materiais estranhos que são inalados não são necessariamente absorvidos pelo sangue. Uma certa quantidade, particularmente a que está num estado muito bem dividido, será imediatamente exalada. Outra porção do material particulado respirado é captada pela mucosa que se localiza na passagem do ar (traquéia) e é subseqüentemente expelida junto com o muco.

Nesta conexão é necessário ser mencionado que algum muco pode ser, consciente ou inconscientemente, engolido, desta maneira aumentando a oportunidade para absorção intestinal.

Outras partículas são captadas por algumas células que podem entrar na corrente sanguínea ou ser depositadas em vários tecidos ou órgãos. Gases verdadeiros irão passar diretamente pelos pulmões até o sangue, da mesma maneira como o oxigênio no ar inspirado. Por causa do fato de que a grande maioria dos venenos industriais conhecidos podem a um certo tempo estar presentes como contaminantes atmosféricos e verdadeiramente constituir uma ameaça potencial à saúde, programas diretamente relacionados à prevenção de envenenamento ocupacional, geralmente dão mais ênfase à ventilação para redução do perigo.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Acúmulo e excreção

Algumas substâncias tóxicas podem ser retidas ou acumuladas no corpo por períodos de tempo indefinidos, sendo excretadas vagarosamente por períodos de meses ou anos. O chumbo, por exemplo, é acumulado primeiramente nos ossos e o mercúrio nos rins. Pequenas quantidades podem ser acumuladas em outros órgãos ou tecidos. O material particulado quando inalado pode ser fagocitado e permanecer em nódulos no plasma regional, onde pode ter pequenos efeitos como no caso de pó de carvão, ou produzir mudanças patológicas como no caso da sílica e do berílio.

A excreção de agentes tóxicos toma parte através dos mesmos canais como faz a absorção, isto é, pulmões, intestinos e pele, mas os rins (urina) são os maiores órgãos excretores para muitas substâncias. Suor, saliva e outros fluidos podem participar com uma pequena extensão no processo excretor. Gases e vapores voláteis são comumente excretados pelos pulmões, através da exalação. Isto pode ser usado como uma medida de absorção anterior (exemplo: bafômetro).

Muitos compostos orgânicos não são excretados sem mudanças, mas passam pelo que é conhecido como biotransformação. O processo pelo qual isto ocorre é também chamado **Mecanismo de Desintoxicação**. O novo composto resultante, ou metabólico, pode ser encontrado na urina e é usado como evidência da absorção de uma substância próxima.

Suscetibilidade Individual

O termo *suscetibilidade individual* tem sido tempo usado desde muito tempo para expressar o fato bem conhecido que sob condições semelhantes de exposição a substâncias potencialmente perigosas. Existe normalmente uma variação acentuada na maneira com que indivíduos irão responder. Alguns podem não mostrar evidências de intoxicação sejam quais forem; outros podem mostrar sinais de envenenamento brando, enquanto outros podem apresentar danos severos ou até mesmo fatais. Comparativamente, pouco é conhecido sobre os fatores que são responsáveis por estas variações. Acredita-se que diferenças na estrutura anatômica do nariz podem estar relacionadas com diferentes graus de eficiência na filtração de poeiras perigosas no ar inspirado. Infecções prévias nos pulmões, particularmente a tuberculose, são conhecidas como aceleradores da suscetibilidade da silicose. A maioria dos toxicologistas acredita que obesidade é um fator de predisposição importante entre pessoas que estão sujeitas a exposições ocupacionais a solventes orgânicos e produtos relacionados. Acredita-se também que fatores como idade e sexo participem. Doenças anteriores podem ser significativas.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Outros fatores possíveis relacionados com a suscetibilidade individual são ainda menos compreendidos que aqueles apenas mencionados. Tem sido sugerido que diferentes razões de velocidade de trabalho, resultando em variações na razão de respiração, no pico da respiração e na razão do pulso podem tomar parte também. A ação dos cílios pulmonares pode ter alguma importância. A permeabilidade dos pulmões pode influenciar a absorção e a eficiência dos rins pode governar a razão pela qual materiais tóxicos são excretados, mas a natureza subjacente destas variações de possibilidades não é conhecida. Uma vez que o fígado atua numa grande parte na desintoxicação e excreção de substâncias perigosas, o funcionamento subnormal deste órgão pode conduzir a uma maior suscetibilidade.

Existe uma considerável literatura propondo mostrar que fatores nutricionais podem ter algo relacionado com suscetibilidade ao envenenamento ocupacional. A maioria do material publicado é talvez não científico e inconvincente, mas poucos relatórios sugerem fortemente que realmente existe uma relação entre a natureza da dieta e a suscetibilidade ao envenenamento. Existe ainda, não como evidência substancial, que a adição de concentrados de vitaminas, leite ou comidas especiais tem qualquer valor protetor, mas quando as dietas são deficientes em algum dos elementos nutricionais essenciais parece que o envenenamento é mais comum de ocorrer. Existe considerável evidência que a ingestão de álcool etílico irá aumentar significativamente a possibilidade de envenenamento ocupacional ocorrer, particularmente por solventes orgânicos.

Efeitos Crônicos e Agudos

A Toxicologia Industrial é geralmente relacionada com os efeitos de exposições de baixo grau (sub-letal) que são contínuas por períodos maiores de meses ou até anos. É verdade que problemas toxicológicos não são raramente apresentados como o resultado de acidentes onde se criou rapidamente uma exposição volumosa de concentrações opressivas de produtos tóxicos. O envenenamento agudo que resulta pode causar inconsciência, choque ou colapso, inflamação severa dos pulmões ou mesmo morte súbita. O entendimento da natureza da ação do agente agressor pode ser de grande valor no tratamento de envenenamento agudo, mas em alguns casos a única aplicação do conhecimento toxicológico será para estabelecer a causa da morte. A detecção de quantidades de agentes tóxicos na atmosfera e nos fluidos do corpo (sangue e urina) e o reconhecimento dos efeitos de exposição para pequenas quantidades de venenos estão entre as principais tarefas do toxicologista industrial. As manifestações de envenenamento crônico são sempre tão sutis que um julgamento mais perspicaz é necessário a fim de detectá-las e interpretá-las. As mais refinadas técnicas de análise química e de patologia clínica são chamadas para participar, envolvendo estudos do ambiente de trabalho e dos indivíduos expostos.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

A fim de demonstrar que envenenamento crônico industrial tem ocorrido ou é uma possibilidade, é necessário mostrar que um agente perigoso está presente em concentrações significativas, que o mesmo tem sido absorvido, e que foi produzido, na pessoa exposta, distúrbios compatíveis com o envenenamento pela substância suspeita. Concentrações significantes são comumente expressadas em termos de limite de tolerância. A absorção de substância pode ser provada demonstrando sua presença no sangue ou urina em concentrações acima das encontradas em pessoas não expostas, ou pela detecção de certos produtos metabólicos nos excrementos. Para provar que distúrbios tenham ocorrido em uma pessoa exposta, pode ser necessária a aplicação de todos os procedimentos de diagnósticos utilizados na medicina, incluindo o histórico médico, exame físico, contagem sanguínea, análise da urina, estudos de raios X, e outras medições.

Uma pequena quantidade de produtos químicos largamente utilizados na indústria, notadamente chumbo e benzeno, irão produzir mudanças no sangue logo nos primeiros estágios de envenenamento. Outros produtos químicos, particularmente hidrocarbonetos clorados, não mostram evidências tão cedo de sua ação. Metais pesados como o mercúrio e chumbo produzem seus efeitos crônicos perigosos através do que é conhecido como *ação cumulativa*. Isto significa que através de um período de tempo o material que é absorvido é somente parcialmente excretado e que suas quantidades aumentam acumulativamente no corpo. Eventualmente a quantidade se torna grande suficiente para causar distúrbios fisiológicos. Compostos voláteis não acumulam no corpo, mas provavelmente produzem seus efeitos tóxicos crônicos, causando uma série de pequenos danos para um ou mais órgãos vitais.

Lugar de ação de venenos

Uma breve menção já têm sido feita do fato que diferentes venenos agem em diferentes partes do corpo. Muitas substâncias podem produzir uma ação local ou direta sobre a pele. Os fumos e poeiras e névoas originados de ácidos fortes, alguns dos gases de combate e muitos outros produtos químicos têm um efeito direto irritante nos olhos, nariz, peito e vias aéreas superiores. Se os mesmos alcançam os pulmões, podem gerar uma reação inflamatória severa chamada de *pneumotite química*. Estes efeitos locais são da maior importância quando em conexão com envenenamentos agudos. Mais importante para o toxicologista industrial são os também chamados *efeitos sistêmicos*.

Efeitos sistêmicos ou indiretos ocorrem quando uma substância tóxica é absorvida na corrente sanguínea e distribuída através do corpo. Alguns compostos como o arsênico, quando absorvidos em quantidades tóxicas, podem causar distúrbios em várias partes do corpo: sangue, sistema

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

nervoso, fígado, rins, e pele. O benzeno, por outro lado, parece afetar apenas um órgão, a medula espinhal formadora de sangue. O monóxido de carbono causa asfixia pelo impedimento da função normal da hemoglobina do sangue que é transportar oxigênio dos pulmões para todos os tecidos do corpo. Mesmo que a deficiência de oxigênio ocorra em todas as partes do corpo humano, o tecido cerebral é o mais sensível, conseqüentemente as manifestações mais rápidas são aquelas que causam danos no cérebro. O entendimento de que órgão ou órgãos podem ser danificados, e a natureza e manifestações dos danos causados pelos vários compostos, está entre as mais importantes funções do toxicologista industrial.

Nas células, agentes tóxicos podem agir na superfície ou no interior da mesma, dependendo dos receptores ou locais de ligação. Um exemplo comum é a afinidade química do arsênio e mercúrio com grupos sulfidril (S-H) em matéria biológica.

Absorção e envenenamento

Como mencionado anteriormente, com a exceção dos irritantes externos, substâncias tóxicas geralmente são absorvidas pelo corpo e distribuídas através da corrente sanguínea para o envenenamento ocorrer. Em outras palavras, envenenamento comumente não ocorre sem absorção. Por outro lado, absorção não resulta necessariamente ou sempre em envenenamento. O corpo humano é provido de um sistema elaborado por mecanismos de proteção e é hábil para tolerar uma presença surpreendente de muitos materiais tóxicos. Alguns materiais estranhos são excretados sem alterações através da urina e das fezes. Gases tóxicos, seguindo absorção, podem ser eliminados através dos pulmões. Alguns compostos químicos vão através de processos do metabolismo e são excretados de uma forma alterada. Alguns destes processos são conhecidos como *mecanismos de desintoxicação*. Em alguns casos o produto intermediário no processo de desintoxicação pode ser mais tóxico que a substância original, como por exemplo, ácido fórmico e formaldeído a partir do álcool metílico.

Desde que a absorção necessita preceder ao envenenamento, a questão sempre surge onde a linha de divisão entre absorção e envenenamento é para ser desenhada. A resposta para esta questão freqüentemente vincula uma dificuldade considerável. Não há dúvida que quando a absorção alcança um ponto onde causa enfraquecimento da saúde, o envenenamento ocorreu. Saúde enfraquecida manifesta por si só a presença de estrutura alterada, funções alteradas, química alterada, ou uma combinação destes. Estes enfraquecimentos, já são resultados de sintomas anormais, físico anormal ou descobrimentos através de testes de laboratórios, ou combinação dos mesmos.

Quando a absorção produziu ambos: sintomas anormais e descobrimentos objetivos anormais, não há dúvida que o envenenamento ocorreu. Na opinião de muitos estudiosos, a absorção que produz evidência objetiva de estrutura alterada ou função deve também ser chamada **envenenamento**, mesmo que não haja sintomas subjetivos anormais. Quando sintomas subjetivos constituem a única

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

base para distinção entre absorção e envenenamento, a distinção se torna uma matéria de opinião médica requerendo uma avaliação pessoal.

Causa relacionada ou Causa possível

O toxicologista freqüentemente se vê envolvido com problemas médico-legais, desde que causas reais ou suspeitas de doenças ocupacionais, quase sempre, resultam em indenizações para os trabalhadores ou reclamações por negligência. Uma ação legal de sucesso por parte do reclamante ou do defendente dependerá sobremaneira de sua habilidade em demonstrar, comumente através de testemunho médico ou de outro “expert”, que a exposição ocupacional prejudicou sua saúde.

Uma causa possível é aquela que, imaginariamente, poderia ter produzido o efeito perigoso. Envolve a possibilidade.

Causa relacionada existe quando uma causa possível realmente produziu o efeito perigoso. Envolve a probabilidade.

Os casos médico-legais são comumente determinados na base da opinião pelo fato de a medicina não ser uma ciência exata. Tem sido dito, e verdadeiramente, que na medicina qualquer coisa pode acontecer. Decisões então devem ser tomadas na base da explanação mais provável de um conjunto de circunstâncias. A opinião médica, para ser convincente, precisa ser baseada em fatos ou observações, mas o mesmo conjunto de fatos ou observações pode estar sujeito a mais de uma interpretação. Daí a importância da opinião.

As leis de indenizações trabalhistas são comumente escritas ou interpretadas de uma maneira que nos casos de dúvida (algumas vezes dúvidas moderadas) a decisão é tomada em favor do reclamante. Socialmente isto é provavelmente correto, pelo menos na teoria. Esta prática, entretanto, tende a colocar a carga da prova no defendente antes que no reclamante. A causa possível é quase sempre considerada como sinônimo de causa relacionada. Sempre requer sobre o defendente a atenção de provar que a causa possível não era de fato a causa real da doença. Obviamente isto pode se tornar consideravelmente difícil. Não é suficiente para o defendente meramente negar a existência da causa possível. Uma defesa de sucesso necessita de uma outra opinião (diagnóstico) além da doença ocupacional que irá promover uma explanação mais convincente dos fatos provados. Isto sempre requer o mais alto grau de diagnóstico, bem como, o procedimento legal mais astuto.

Classificação de Gases Tóxicos

1. IRRITANTES

1.1 Irritantes primários

1.1.1 De ação sobre as vias respiratórias superiores

Gás Clorídrico (HCl)
Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)
Amônia (NH₃)
Soda Cáustica (NaOH)
Formaldeído (CH₂O)

1.1.2 De ação sobre os brônquios

Anidrido Sulfuroso (SO₂)
Cloro (Cl₂)

1.1.3 De ação sobre os pulmões

Ozônio (O₃)
Gases Nitrosos (NO + NO₂), Hidrazina
Fosgênio (COCl₂)

1.2 Irritantes Atípicos

Acroleína (Aldeído Acrílico) (CH₂CHCHO)
Gases Lacrimogêneos

1.3 Irritantes Secundários

Gás Sulfídrico (H₂S)

2. ANESTÉSICOS

2.1 Anestésicos Primários

Hidrocarbonetos alifáticos:
Butano (C₄H₁₀)
Propano (C₃H₈)
Eteno (Etileno) (C₂H₄)
Éteres
Aldeídos (Formol, Acetaldeído, etc.)
Cetonas (Acetona, Metil Etil Cetona, etc.)

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

2.2 Anestésicos de efeitos sobre as vísceras

Hidrocarbonetos clorados:

Tetracloroeto de Carbono (CCl_4)

Tricloretileno ($\text{CCl}_2=\text{CHCl}$)

Percloroetileno ($\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$), etc.

2.3 Anestésicos de ação sobre o sistema formador do sangue

Hidrocarbonetos aromáticos:

Benzeno (C_6H_6)

Tolueno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)

Xileno ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$)

2.4 Anestésicos de ação sobre o sistema nervoso

Álcoois:

Álcool Metílico (CH_3OH)

Álcool Eílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

Ésteres de Ácidos Orgânicos (Acetatos de Etila e Metila, etc.)

Dissulfeto de Carbono (CS_2)

2.5 Anestésicos de ação sobre o sangue e sistema circulatório

Nitrocompostos orgânicos:

Nitrotolueno ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$)

Nitrito de Etila ($\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}$)

Nitrobenzeno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$)

Anilina ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$)

Toluidina ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$)

3. ASFIXIANTES

3.1 Asfixiantes Simples

Hidrogênio (H_2)

Nitrogênio (N_2)

Hélio (He)

Metano (CH_4)

Etano (C_2H_6)

Acetileno (C_2H_2)

3.2 Asfixiantes Químicos

Monóxido de Carbono (CO)

Anilina ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$)

Gás Cianídrico (HCN)

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Presença de Gases e/ou vapores tóxicos

A presença de gases e/ou vapores tóxicos é uma situação que o Homem conhece desde os primórdios dos tempos. Em épocas remotas, acreditava-se que certas mortes “estranhas” eram obra de feiticeiros ou demônios, entretanto, é sabido que boa parte dessas mortes eram causadas na verdade por emanações de gases tóxicos, principalmente em regiões vulcânicas.

A compreensão sobre o efeito dos gases foi evoluindo gradualmente junto com a ciência e foi no século passado que o Homem começou a estudar os efeitos de certas substâncias gasosas tóxicas ao organismo humano.

Foi por volta do ano de 1850, nos Estados Unidos, que pela primeira vez houve a preocupação com a presença de gases tóxicos ou asfíxiantes nos locais de trabalho, nas minas de extração de carvão. Lá, a matéria orgânica em decomposição originava a presença de gás metano (asfíxiante) bem como gás sulfídrico (altamente tóxico).

Ao baixarem às minas, os trabalhadores costumavam levar consigo pequenos animais (roedores) ou mesmo cães. Estes, mais suscetíveis que os homens, ficavam agitados quando havia a presença de gases, denunciando assim a situação de risco.

Desde aquela época, verificou-se que o mecanismo de intoxicação por gases e vapores tóxicos é extremamente rápido, uma vez que estes se encontram num estado da matéria onde o tamanho das moléculas é praticamente igual ao tamanho das moléculas do oxigênio e do nitrogênio.

Como conseqüência deste fato, podemos prenunciar que a velocidade da intoxicação por gases e vapores é devida ao fato de que os mesmos não ficam retidos nos alvéolos pulmonares como os aerodispersóides, mas sim passam para a corrente sanguínea, onde a contaminação é muito mais profunda e perigosa.

As conseqüências de intoxicação por gases e vapores, na maioria dos casos, é muito séria, sendo comuns os casos fatais.

Os exemplos de contaminações por gases tóxicos podem ser vários. Os manuais de toxicologia devem ser sempre consultados quando houver necessidade de maiores informações sobre os efeitos dos gases. Alguns casos clássicos:

Monóxido de Carbono (CO): quando respiramos ar puro, o oxigênio nele contido se combina, nos alvéolos pulmonares, com a hemoglobina do sangue, formando a oxi-hemoglobina, responsável pelo abastecimento de oxigênio de todo o nosso organismo. Se, nesse ar, existe monóxido de carbono, por menor que seja sua concentração, é ele que se combina com a hemoglobina, formando a carboxi-hemoglobina, impedindo o organismo de receber oxigênio. Começam, então, os

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

efeitos do envenenamento pelo CO: dores de cabeça, tonturas, náuseas, vômitos, inconsciência e morte, dependendo da concentração respirada, do tempo de exposição e do esforço físico realizado. Como o CO não tem cheiro nem cor, sua presença é denunciada apenas pelos efeitos que causa. O mesmo se dá com a inalação de gás cianídrico (HCN), com a diferença que este tem cheiro de amêndoas amargas.

Gás Sulfídrico (H₂S): Este gás, altamente tóxico, sempre presente em processos de refino de petróleo, exploração de gás natural, indústria siderúrgica, etc. tem cheiro de ovo podre em pequenas concentrações. Em maiores concentrações, no entanto, passa a não ser mais percebido pelo olfato, resultando disso grande risco.

Solventes orgânicos: têm cheiro agradável, levam ao vício, atacam sistemas formadores do sangue, produzem tonturas, param em algum órgão do corpo, podendo aglutinar e até mesmo destruir tais órgãos, causando muitas vezes danos irreparáveis, que levam os indivíduos contaminados à morte.

Deficiência de Oxigênio

O oxigênio começa a escassear em ambientes fechados, quando nele se desempenham trabalhos que o consomem, como na construção naval, silos de armazenagem de grãos, poços, galerias, tanques de grandes dimensões, etc.

A falta do oxigênio pode levar à asfixia, morte cerebral em poucos minutos. São as células do cérebro as primeiras que morrem quando falta oxigênio. Uma concentração mínima de 18% de O₂, além de ausência total de gases tóxicos, afastam os riscos respiratórios nos ambientes de trabalho.

Os ambientes que apresentam deficiência de oxigênio são chamados de “ambientes confinados”, pois neles não existe troca de ar.

Os oxímetros são os instrumentos que utilizamos para detectar presença de oxigênio. Outros gases também podem ser determinados por instrumentos eletrônicos portáteis dotados de alarmes.

—

PARTE 2

RISCOS DE

EXPLOSIVIDADE

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Você já deve ter lido na imprensa que determinado ambiente, doméstico ou industrial, sofreu uma explosão, com danos materiais e muitas vezes de vidas humanas.

As notícias da imprensa leiga dão conta de que “um bujão de gás explodiu”. Na verdade, o que aconteceu não foi a explosão do bujão de gás e sim a combustão instantânea de toda a massa de gás que vazou para o ambiente.

Vamos definir **Limite Inferior de Explosividade**

O L.I.E. de um gás é a mínima concentração necessária desse gás, em mistura com o ar ambiente, para permitir uma explosão se sofrer ação de uma fonte de ignição qualquer.

Isto significa que, se a concentração ambiental de um gás combustível estiver abaixo do L.I.E., não deverá ocorrer uma explosão, mesmo que exista uma fonte de energia qualquer (centelha, superfícies aquecidas, ultra-som, etc.)

E agora definiremos o **Limite Superior de Explosividade**

O L.S.E. de um gás é a concentração acima da qual, não poderá mais ocorrer queima (combustão) por excesso de combustível e falta de oxigênio do ar, mesmo que haja uma fonte de ignição.

Exemplos de L.I.E. e L.S.E. de diversos gases e vapores, considerados à temperatura de 20°C:

GÁS/VAPOR	L.I.E. (%)	L.S.E. (%)
Octano	0,8	6,5
Metano	5,0	15,0
Hidrogênio	4,0	75,6
Propano	2,1	9,5
Toluol	1,2	7,0
Acetileno	2,4	83,0
Álcool Etilico (Etanol)	3,5	15,0
Etileno	2,7	34,0

A fim de evitarmos riscos de explosividade em ambientes de trabalho, devemos sempre conhecer o quanto longe nossa concentração de gás combustível está longe do L.I.E.. Os instrumentos que medem essas concentrações são os **explosímetros**.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

O primeiro explosímetro

O químico inglês Sir. Humphry Davy (1778-1829) desenvolveu em 1815 o primeiro explosímetro para utilização em minas subterrâneas para detecção de explosividade de metano e consequente proteção dos mineiros. Denominou esse aparelho de “Lâmpada de Davy” e por isso recebeu medalhas Rumford de prata e de ouro da Real Sociedade.

Esse dispositivo era composto de um cilindro blindado, com reservatório de querosene ou carbureto para produção de acetileno, um pavio e alça para transporte. Havia uma tela metálica que permitia que o ar ambiente penetrasse na câmara onde estava o pavio.

Ao penetrar na mina, o mineiro acendia o pavio ou o jato de acetileno. Se houvesse emissão de metano, esse penetrava na câmara da lâmpada e se a concentração atingisse o L.I.E., o pavio aceso detonava essa massa de metano, apagando-se. Era o sinal de que a concentração ambiente de metano já se tornava perigosa, o que determinava a saída das pessoas do local, e o seu retorno só se dava quando era feita uma ventilação do local.

Os explosímetros modernos

Embora a “Lâmpada de Davy” ainda seja encontrada, numa versão mais moderna, os melhores explosímetros são os eletrônicos, portáteis ou fixos, que avisam do risco de explosividade muito antes que ele ocorra.

Lembre-se: qualquer detector de gases **portátil** somente serve para determinar a concentração naquele momento, podendo ficar ligado durante o tempo em que o trabalhador permanece na área, soando alarmes quando as concentrações ultrapassarem valores previamente determinados. Como são geralmente alimentados por baterias, suas ações protetoras têm duração limitada a um máximo de 6 horas.

Os **fixos**, ao contrário, têm sensores espalhados nas áreas, são alimentados por energia de rede, contínua, 24 horas por dia, e acionam alarmes externos sempre que haja uma situação de risco.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Composição de um sistema fixo

Um explosímetro portátil, como vimos, tem em sua caixa compacta, sensor, unidade de processamento do sinal e alarmes, e unidade de energia num mesmo módulo.

Os fixos, no entanto, são compostos de:

Unidade sensora: também chamada de cabeça sensora ou cabeça de medição, ou simplesmente detector. É composta do sensor, propriamente dito, uma eletrônica que converte o sinal do sensor, na realidade a alteração da resistência, em sinal de saída de 4 a 20 mA, e a caixa que pode ser plástica ou metálica. Sua colocação é geralmente em parede, fixa por parafusos, nos locais mais próximos dos possíveis acúmulos dos gases vazados para o ambiente. Cada unidade sensora é interligada a uma Central através de cabos de 3 ou mais fios, dependendo do princípio de medição. Em muitas instalações, estas cabeças sensores têm de ser à prova de explosão, embora todas devam ser de segurança intrínseca.

Unidade Central: também chamada de Unidade de Controle, é a parte do sistema fixo que recebe o sinal de 4 a 20 mA de cada unidade sensora, indica individualmente a concentração no ambiente, entre 0 e 100% do L.I.E., e tem relês capazes de acionar alarmes externos em 2 ou mais níveis. Esta unidade será tanto maior quanto maior for a quantidade de sensores controlados. É normalmente alimentada com energia alternada de rede, 110 ou 220V, podendo ou não possuir unidade de suprimento de emergência 24VCC que entra em ação quando a energia de rede falta. É normalmente instalada longe dos sensores por não ser à prova de explosão. A distância entre esta central e os sensores varia, podendo atingir centenas de metros.

Alarmes: São normalmente em 2 ou 3 níveis, geralmente aos 20%, 40% ou 60% do L.I.E. Como primeiro alarme, o chamado atenção, são instalados alarmes visuais. Outros níveis, de atenção ou emergência, são geralmente sonoros e de indicação de fuga. Podem ser instalados na própria área onde estão os sensores, como na área da central ou em outras como o posto de combate a incêndio, portaria, etc.

Outros equipamentos: são os que devem ser acionados automaticamente pela central, e por elas depois desligados, sempre que houver situação de risco. São ventiladores/exaustores, válvulas solenóides, etc.

Diferentes tipos de sensores de explosividade

Ponte de Wheatstone direta (pellistor)

Um circuito de resistores, dois dos quais estão dentro do sensor e os outros dois na central. Um dos resistores do sensor é aquecido. O outro é o resistor passivo, de referência. Quando o gás combustível chega ao sensor, ele é queimado ao redor do resistor aquecido (este possui um catalisador), o que muda o valor da resistência, que é lido diretamente no indicador, em % do L.I.E. Este tipo de sensor quase não é mais utilizado em sensores de equipamentos fixos, ficando reservado aos portáteis. Sua vida útil, desde que não ocorram acidentes, é de cerca de 4 anos. O diâmetro do cabo é limitado e deve ser tanto maior quanto maior for a distância sensor/central.

Ponte de Wheatstone com conversão para 4 a 20 mA

Este é o tipo bastante utilizado. A mesma ponte de Wheatstone acima, porém um circuito adicional que converte a mudança da resistência em sinal de saída de 4 a 20 mA. Vantagem: permite levar o sinal mais longe, independentemente da extensão do cabo. A exemplo do modelo acima, sua vida útil pode ser diminuída se houver presença de gases corrosivos entre os combustíveis que se querem medir.

Infravermelho

É um tipo de sensor mais caro, porém tem uma vida útil estimada em 10 anos. Requer 1 calibração por ano. Uma câmara possui um emissor de luz infravermelha. Se não houver gás vazado para dentro da câmara, não há absorção de luz por moléculas. Caso contrário, esta absorção será medida e convertida em sinal de saída de 4 a 20 mA. Não se contamina por gases corrosivos.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Calibração de sensores de gases

Não se pode pensar em oferecer sistemas fixos de gases, sejam eles combustíveis ou apenas tóxicos, sem que se ofereçam os sistemas de calibração.

O espaço entre calibrações pode variar de 30 a 90 dias. Neste caso é sempre bom seguir as orientações dos manuais.

Para gases tóxicos, utilizamos cilindros, geralmente descartáveis após alguns usos, contendo o gás tóxico já na concentração desejada, que geralmente se situa no terço superior ao valor de fim de escala.

Por exemplo, se a faixa de indicação de CO de um analisador for de 0 a 1000 ppm, o gás teste é composto de uma mistura de aprox. 650 ppm de CO em ar. Atenção: nesta concentração, a utilização do mesmo deve ser feita por pessoal treinado e respiratoriamente protegido.

Submete-se o sensor ao gás, através de uma corrente de aprox. 250 cm³ por minuto, durante 2 a 3 minutos, até obter uma estabilização na indicação. Ajusta-se então o potenciômetro de span para esse valor do gás-teste. Se houver suspeita de que no ambiente do sensor já possa haver CO no ar, então se ajusta o Zero com um gás inerte, geralmente nitrogênio. As centrais mais modernas têm sistema de auto ajuste automatizada.

Para gases combustíveis, utilizamos geralmente metano em ar, a uma concentração de 2,5%, o que equivale a 50% do L.I.E., seguindo os mesmos procedimentos acima mencionados.

Para **oxigênio**, é muito comum usarmos como gás-teste o próprio ar ambiente, que sabemos conter 21% O₂.

Quando não conseguirmos mais um ajuste de sensor ao gás-teste, devemos substituir o sensor, procedendo a seguir a uma nova calibração.

COMO POSICIONAR AS CABEÇAS DE MEDIÇÃO

Um guia de aplicações para os sistemas fixos de detecção de gases

Apesar de haver uma grande variedade de problemas no campo da tecnologia de detecção de gases que conduzem a soluções bem diferentes, há algumas regras importantes que dizem respeito ao posicionamento das cabeças de medição de gases, e que devem ser levadas em conta em cada aplicação individual. Em alguns países, o posicionamento de cabeças de medição de gases é regulamentado por organismos oficiais. No Brasil, ainda não temos tal regulamento.

O posicionamento leva em conta: Tipo de Cabeça de Medição, Aplicação e Tipo de Gás.

TIPO DE CABEÇA DE MEDIÇÃO

A cabeça de medição deve ser instalada de tal forma que obedeça às condições ambientais especificadas nas instruções de uso. Estas são, principalmente:

- Temperatura
- Pressão
- Umidade
- Velocidade do fluxo
- Radiação Eletromagnética e Compatibilidade
- Proteção mecânica contra choques e vibrações
- Sensibilidade paralela (interferentes)
- Normas, especialmente aquelas concernentes à proteção contra explosões
- Acesso facilitado

Especialmente no caso dos quatro primeiros fatores, suas alterações devem ser bem consideradas (p. ex., alterações de temperatura).

Temperatura

Radiação térmica e exposição direta ao sol também podem aquecer a caixa que contém o sensor (cabeça de medição) a temperaturas acima da máxima permitida. Isto pode ser evitado por meio de uma cobertura metálica removível que faça sombra à cabeça de medição.

Desvios extremos de temperatura entre o dia e a noite de 0°C a 40°C tendem a causar desvios no sinal medido.

Se a concentração tóxica do ar a ser examinado estiver a temperaturas elevadas, possivelmente deve ser utilizada uma bomba de aspiração (redução de temperatura do gás ao longo do tubo amostrador).

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Pressão

Grandes alterações na pressão podem danificar o sensor eletroquímico se ele não foi desenvolvido para prever esta aplicação especial.

Além disso, deve-se considerar que os sensores eletroquímicos medem a pressão parcial originada de princípios eletroquímicos, isto é, que um aumento na pressão atmosférica de 5% também aumenta o valor medido em 5%. No caso de grandes alterações de pressão, uma medição correta já não será mais possível.

Se necessário, aqui também uma bomba de aspiração pode solucionar o problema.

Umidade

O limite máximo está nos 95% de umidade relativa. Em qualquer caso, deve ser evitada condensação à entrada do sensor, do contrário o gás a ser medido primeiro precisa penetrar nessa película de água; isto resulta em tempo de reação mais longo para gases que se dissolvem pouco em água, como o CO e em nenhuma reação para gases que se dissolvem bem em água ou que com ela reagem, como o SO₂, H₂S, NH₃, Cl₂.

O limite mínimo está nos 10% de umidade relativa, exceto nos sensores destinados à detecção de vazamentos de Cloro, Gás Clorídrico e Gás Fluorídrico, os quais requerem 30% no mínimo devido ao seu eletrólito exposto. Abaixo deste limite, pode-se prever que o sensor seque, ou seja, o período de aplicação é reduzido, requerendo pronto enchimento com eletrólito.

Não é provável que ocorra condensação nos sensores que medem explosividade de gases mesmo no caso de umidade relativa do ar de 100%, porque dentro deles a temperatura é sempre mais elevada que a externa.

Em caso de respingo de água, chuva ou orvalho, recomenda-se usar um protetor que, no entanto, aumenta o tempo de reação. Neste caso também, conseguiram-se bons resultados usando uma cobertura para proteção da cabeça sensora.

Velocidade do Fluxo

O sensor de explosividade reage a velocidades maiores de fluxo apesar do disco sinterizado redutor de fluxo. Similar a um anemômetro de fio aquecido, a produção de calor dos dois pelistores do sensor pode variar de forma inesperada e isto pode levar a consideráveis distorções do sinal de medição (várias vezes 100%). Até 6 m/seg o erro na medição no caso de detecções de explosividade fica abaixo de +/- 5% do valor medido.

Por isso a instalação de uma cabeça de medição em dutos de ventilação, exaustores, etc., causa muitos problemas. Se necessário, pode-se conseguir uma redução no fluxo por meio de um represamento ou contenção, o que certamente vai produzir um tempo-morto.

Se a cabeça de medição é instalada exteriormente, barreiras de contenção de vento podem ser necessárias a fim de evitar alarmes-falsos em caso de tempestades.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

O erro de medição das cabeças para detecção de vazamentos de cloro e gases clorídrico e fluorídrico não se conhece, pois em caso de fluxo muito grande, a ventilação dos sensores na direção vertical não é segura.

Radiação eletromagnética e compatibilidade

Em geral, uma blindagem aterrada oferece proteção contra interferências eletromagnéticas.

Também a colocação dos cabos em condutores, bandejas, etc., pode causar interferências nas detecções.

Em caso de grandes variações das tensões da rede, pode ser mais conveniente operar o equipamento com tensões 24 VCC.

O uso de "walkie-talkies" em distâncias superiores a 1 m (sistema aéreo) é suficiente para garantir a operação do sistema livre dessas interferências.

Em caso de problemas, o fabricante deve ser sempre consultado.

Proteção mecânica contra choques e vibrações

Deve-se instalar as cabeças de medição em locais com pouca vibração e onde não se prevêem choques mecânicos.

Em alguns casos, como, por exemplo, em áreas de operação de empilhadeiras, é recomendável proteger as cabeças sensoras com barras metálicas.

Sensibilidade paralela (interferentes)

As cabeças sensoras devem ser posicionadas de tal forma que não venham a entrar em contato com gases que possam exercer interferência no sensor.

Exemplo: O sensor que mede H₂S pode sofrer interferência pelo gás NO. Portanto esse sensor não deve ser instalado em locais onde possa entrar em contato com gases da exaustão de motores diesel.

Normas de proteção contra explosões

Deve-se observar que as normas de proteção contra explosões somente consideram casos de aplicação de sensores sob determinadas condições atmosféricas. A menos que seja mencionado o contrário em certificados de aprovação, isto significa:

Temperatura: -20°C a + 40°C

Pressão : 800 a 1100 hPa (1 mbar + 1 hPa)

Acesso facilitado

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Em princípio, as cabeças de medição devem ser instaladas de forma a serem facilmente acessíveis em caso de calibrações, substituições de sensores, etc. Caso seja necessário instale as cabeças de medição em posições baixas, um espaço livre de 30 cm deve ser previsto abaixo do sensor.

APLICAÇÃO

O posicionamento das cabeças de medição depende das finalidades, isto é, se a proteção é prevista para pessoas ou sistemas.

Monitoramento de vazamentos

Vazamentos em sistemas levando a concentrações perigosas devem ser denunciados imediatamente, como junto a flanges, bombas, redutores de pressão, válvulas; as cabeças de medição devem ser instaladas diretamente junto aos possíveis pontos dos vazamentos.

Exemplo: Detecção de gases combustíveis em bancadas de motores: As cabeças de medição são diretamente instaladas nas áreas das conexões das mangueiras do combustível.

Monitoramento de áreas

Se um vazamento potencial não pode ser localizado, faz-se um monitoramento de área. As cabeças de medição podem ser distribuídas de maneira racional e a distâncias simétricas nas áreas perigosas. Se necessário, as condições locais de fluxo de ar devem ser consideradas.

Exemplo: Monitoramento de um depósito de solventes. As cabeças de medição são instaladas, por exemplo, a distâncias de aproximadamente 10 m umas das outras, em posição próxima do solo.

De acordo com o tipo de substância tóxica, uma cabeça de medição pode monitorar uma área de 40 a 80 m².

Proteção pessoal

Caso não se possam identificar as fontes de emissão dos poluentes, as cabeças de medição são instaladas nas zonas respiratórias (altura da cabeça) das pessoas nos locais de trabalho.

Exemplo: Locais de trabalho como os laboratórios.

TIPOS DE GASES

Para a instalação de cabeças de medição, a densidade do gás a ser controlado deve ser considerada.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

Existem somente sete gases combustíveis \bar{m} ais leves que o ar:

Hidrogênio
Metano
Amônia
Acetileno

Gás Cianídrico
Etileno
Monóxido de Carbono

Os três primeiros dos acima mencionados são muito mais leves que o ar e por isso podem se acumular em áreas acima dos vazamentos, formando bolsões. A instalação das cabeças de medição no teto pode ser muito útil nesses casos.

Todos os outros gases combustíveis como, por exemplo, o propano, o butano, etc., e os vapores combustíveis como, por exemplo, acetato de etila, tolueno, etc., são mais pesados que o ar. Podem se acumular em áreas inferiores, junto ao solo e podem cobrir grandes áreas. Para uma detecção o mais cedo possível, as cabeças sensoras devem ser instaladas em áreas o mais baixo possível.

Gases tóxicos - **mesmo em baixas concentrações** – se tiverem densidades próximas às do ar, propagam-se por convecção e/ou difusão. Se a temperatura do gás que vaza é maior que a do ambiente, ele vai se dirigir principalmente para cima.

Gases sob pressão ou gases líquidos podem se difundir para baixo em caso de vazamentos devido ao abaixamento de temperatura que ocorre na expansão. Pequenos vazamentos em linhas de gases comprimidos ou cilindros podem ter o efeito de um jato, neste caso pode-se esperar uma ampla expansão em forma de jato e por isso mesmo, para uma detecção segura, a faixa de medição da cabeça de medição deve ser a menor possível.

Unidade de aspiração (bomba)

Em muitos casos a utilização de uma bomba de aspiração pode ser útil.

Por meio dela pode-se trazer para o sensor um gás acumulado numa área de difícil acesso, ou de áreas de grande velocidade de fluxo. Compensa-se, em muitos casos, um resfriamento ou aquecimento dos gases.

Contudo, deve-se considerar:

1. **Condensados:** Deve-se prever um separador de condensados (se possível purga automática) de forma a manter os condensados longe dos outros componentes.
2. **Monitoramento de fluxo:** O fluxo deve ser de no mínimo 0,5 l por minuto. Abaixo deste limite, pode soar o alarme de dano do sensor.
3. O tempo de resposta pode ser prolongado por aprox. O tempo de fluxo correspondente a três vezes o volume do sistema amostrado.
4. O material que entra em contato com o gás a ser controlado deve ser cuidadosamente escolhido, para que se evitem corrosões, reações químicas ou outros efeitos.

APOSTILA DE RISCOS DE TOXICIDADE E DE EXPLOSIVIDADE

Para uso em treinamento de membros da segurança do trabalho

Escrita por João A. Munhoz

joao munhoz@farbene.com.br

5. Quando o ar a ser controlado contém vapores de líquidos inflamáveis e sofrer resfriamento, os valores medidos podem ser errados se a temperatura cai abaixo do flash point da substância!

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Apostilas Siemens A.G. – Aatoria Equipe da Siemens A.G. - Suíça

Apostila “Proteção Respiratória e Detecção de Gases” – Aatoria J. A. Munhoz