

PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA

Avaliações Ambientais de Agentes Químicos e a Seleção de Respiradores

Frequentemente, trabalhadores são expostos a ambientes com agentes químicos potencialmente perigosos, onde o ar que respiramos pode se tornar um veículo de riscos à saúde. Por isso, a importância de uma avaliação minuciosa dos agentes químicos no ambiente de trabalho vai além do cumprimento de normas legais, é uma questão de saúde, segurança e bem-estar e imprescindível para a seleção da proteção respiratória.

A escolha por um determinado tipo de respirador deve ser feita com base em critérios técnicos, que oferecem subsídios para se optar por diferentes tipos, marcas e modelos de Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR), de acordo com o descrito na Publicação da Fundacentro - "Programa de Proteção Respiratória - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores" (PPR - 4ª edição - 2016), conforme Portaria nº 672 de 08 de novembro de 2021 do MTP.

No Brasil, observa-se frequentemente a recomendação do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) sem uma análise detalhada dos riscos ou sem seguir a hierarquia de controles recomendada pela Norma Regulamentadora NR-01 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais do Ministério do Trabalho. Ainda possuímos a norma publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR ISO 45001:2018, a qual especifica os requisitos para um

Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SGSST) e além disso, como exemplo existem as recomendações preconizadas pela American Industrial Hygiene Association (AIHA) dos Estados Unidos da América. Essa tendência não prioriza as abordagens preventivas que eliminem ou reduzam os riscos na fonte, como os controles de engenharia e medidas administrativas, que devem preceder a dependência de soluções de proteção individuais.

A adoção eficaz da hierarquia de controles não somente fortalece as práticas de saúde e segurança ocupacional, mas também cultiva um ambiente de trabalho orientado à prevenção.

Este artigo visa reforçar o entendimento sobre como uma avaliação ambiental precisa, a escolha de limites de exposição ocupacionais mais adequados, e a determinação correta do Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR), são etapas vitais na escolha de equipamentos de proteção respiratória.

Discutiremos a metodologia para uma análise criteriosa dos resultados das avaliações dos riscos respiratórios e a relevância deste processo na garantia de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável, onde a saúde dos trabalhadores é priorizada através de medidas de proteção respiratória fundamentadas em conhecimentos técnico-científicos.



Foto: Reprodução

Desenvolvimento Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR)

O cálculo do FPMR é um procedimento técnico que determina o nível de proteção respiratória necessária para cada exposição específica, baseado na relação entre a concentração do agente químico no ambiente e o Limite de Exposição Ocupacional (LEO) estabelecido. Este fator não é somente uma métrica, mas um direcionador crítico para a escolha de respiradores que efetivamente atendam às demandas do ambiente de trabalho, assegurando a proteção respiratória adequada dos trabalhadores.

De acordo com a publicação da Fundacentro, “Programa de Proteção Respiratória - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores”, a fórmula para o FPMR é calculada dividindo-se a concentração do contaminante no ambiente pelo LEO do mesmo, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{FPMR} = \frac{\text{Concentração do Contaminante}}{\text{Limite de Exposição Ocupacional}}$$

Avaliação Ambiental de Agentes Químicos

A avaliação quantitativa de agentes químicos é um procedimento relevante no campo da higiene ocupacional e da saúde e segurança do trabalho. Essa avaliação permite quantificar a presença e a concentração de substâncias químicas no ambiente de trabalho, possibilitando assim a adoção de medidas adequadas para controlar exposições potencialmente perigosas e garantir a saúde dos trabalhadores.

Foto: Arquivo dos autores



O processo começa com a identificação dos agentes químicos presentes no ambiente de trabalho, e do estudo das tarefas para verificar se existe exposição ocupacional em função da maneira como as atividades são executadas. Os contaminantes químicos são encontrados em estados físicos de vapores, gases, poeiras, névoas, fumos ou fibras.

Uma vez identificados, deve-se selecionar a técnica de amostragem ou medição de acordo com as características específicas dos agentes estudados. As técnicas de avaliação quantitativas variam desde métodos que requerem coleta no ambiente e análise laboratorial posterior até técnicas de leitura direta, que fornecem resultados imediatos sobre as concentrações dos contaminantes presentes.

A seleção do método de amostragem adequado depende das características físico-químicas do agente, do tipo de exposição, da duração da amostragem, e dos limites de exposição ocupacional que se pretende utilizar como referência.

Seleção de Respiradores

Frequentemente, os responsáveis pela seleção de respiradores precisam basear suas decisões nos dados disponíveis, seja da própria empresa ou fornecidos por outros profissionais. Isso destaca a importância de um profundo conhecimento sobre as tecnologias de medição, bem como a competência para interpretar e aplicar corretamente esses dados no processo de seleção. Compreender as nuances das diferentes tecnologias e como os dados sobre contaminantes, limites de exposição e eficácia dos filtros se inter-relacionam é indispensável. Essa habilidade assegura que os respiradores escolhidos proporcionem a proteção adequada aos trabalhadores, alinhando-se efetivamente aos riscos específicos identificados no ambiente de trabalho.

Limite de Exposição Ocupacional (LEO)

Limite de Exposição Ocupacional (LEO) é a diretriz estabelecida para delimitar a concentração máxima para uma substância química que um trabalhador pode estar exposto durante a jornada de trabalho, sendo que este pode estar exposto a mais de uma substância. Os valores de limites de exposição referem-se às concentrações de substâncias químicas dispersas no ar e representam

Coleta para análise da exposição ocupacional

condições as quais, acredita-se, que a maioria dos trabalhadores possam estar expostos, repetidamente, dia após dia, durante toda vida laboral sem sofrer efeitos adversos à saúde.

O propósito do uso do LEO no contexto da proteção respiratória, é dimensionar uma proteção efetiva, promovendo o mais alto padrão de saúde ocupacional, indo além das mínimas exigências legais. Assim, a implementação de limites visa a uma abordagem preventiva.

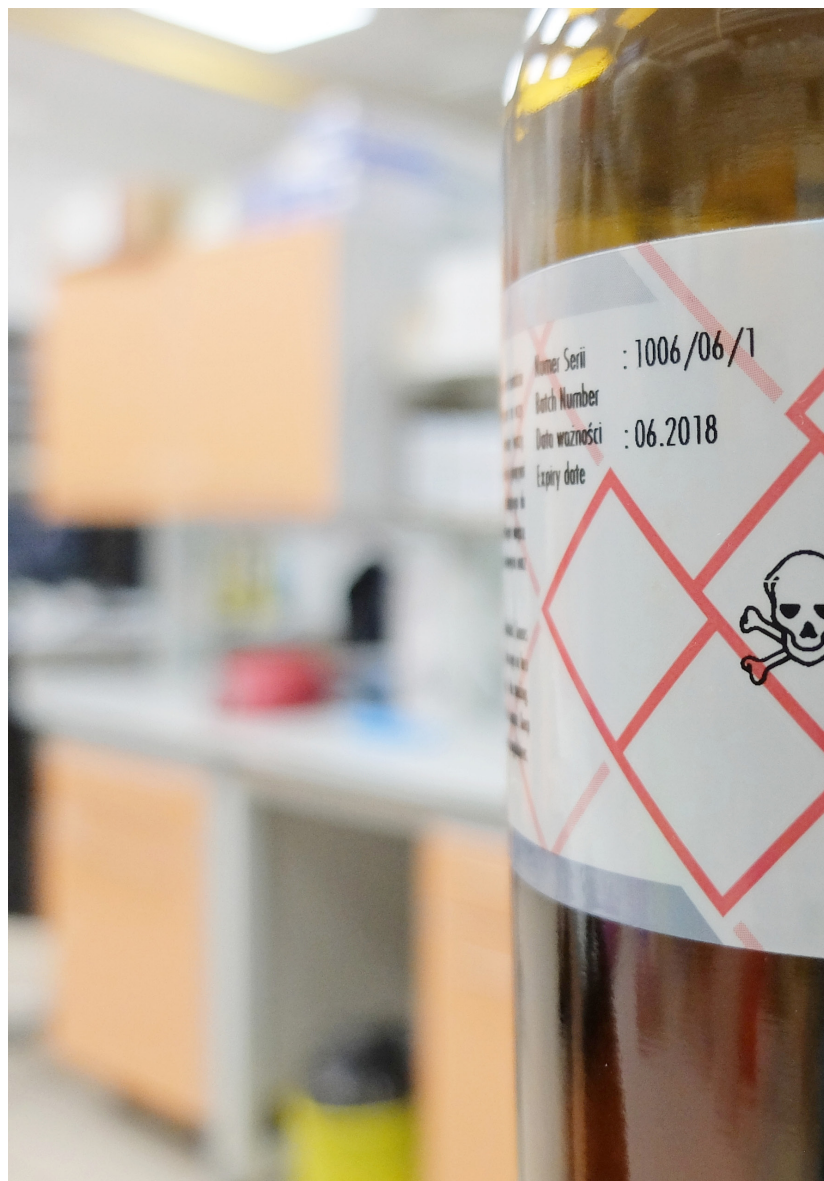
No Brasil, a Norma Regulamentadora NR-9 recomenda, para fins de medidas de prevenção, o uso de limites de tolerância constantes na Norma Regulamentadora 15 (NR-15) – Atividades e Operações Insalubres e seus anexos como referência. Na ausência destes limites, a NR-9 recomenda o uso de limites da American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH.

Observação Importante: Caso os contaminantes não apresentem Limites de Exposição conhecidos, o PPR da Fundacentro apresenta a metodologia do *Control Banding* (Bandas de Controle) para obtenção do FPMR da exposição.

A ACGIH é uma organização sem fins lucrativos que se dedica a fornecer informações e orientações sobre a saúde ocupacional e higiene industrial que desenvolve e atualiza regularmente uma lista de limites de exposição recomendados e este processo e seus dados estão baseados em evidências científicas sólidas, sendo revisado anualmente para garantir que as informações estejam atualizadas. É considerada uma das mais avançadas instituições na área, e uma referência global em saúde ocupacional e higiene industrial.

Com o intuito de facilitar o acesso a essas informações vitais em território brasileiro, a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO) realiza a tradução anual desse material para o português. Esta iniciativa permite que os profissionais da área no Brasil apliquem o LEO da ACGIH, quando da ausência de outros limites ou limites previstos na legislação brasileira e até mesmo serem mais restritivos em seus programas de proteção respiratória, auxiliando na gestão de riscos e na proteção da saúde dos trabalhadores.

Os Limites de Exposição Ocupacional para Substâncias Químicas no Ambiente de Trabalho, utilizados pela ACGIH conhecidos como TLVs (Threshold Limit Values - Valores Limites), incluem três categorias principais: Média Ponderada no Tempo (TLV-TWA), Limite de Exposição de Curta Duração (TLV-STEL) e Limite Teto (TLV-Ceiling).



TLV-TWA (Time-Weighted Average - Média Ponderada no Tempo): Refere-se à média permitida de exposição a um contaminante durante uma jornada de trabalho padrão de 8 horas por dia, 40 horas por semana. O TWA ajuda a garantir que a exposição prolongada a um determinado agente não ultrapasse níveis considerados seguros para a saúde do trabalhador.

TLV-STEL (Short-Term Exposure Limit - Limite de Exposição de Curta Duração): Define o nível máximo ao qual os trabalhadores podem ser expostos por um período curto, de 15 minutos, sem sofrer efeitos nocivos à saúde. O STEL garante que picos de alta exposição,



mesmo por períodos breves, sejam controlados e não ultrapassem limites seguros. Também trata-se de um limite do tipo média ponderada no tempo, porém, considerando tempo total de 15 minutos.

TLV-C (Teto): Estabelece o limite que não deve ser excedido em momento algum durante a jornada de trabalho. Ao contrário do TWA e do STEL, que permitem variações na exposição, o limite Teto (Ceiling) é um valor fixo que não pode ser ultrapassado em nenhuma circunstância. Isso é particularmente importante para substâncias altamente tóxicas ou perigosas, onde mesmo uma breve exposição acima desse limite pode ser prejudicial.

Entender e aplicar adequadamente os TLVs é fundamental para a prevenção de riscos ocupacionais.

Interpretação e Ajuste das Concentrações de Agentes Químicos

É fundamental que as avaliações de exposição a contaminantes e a aplicação dos Limites de Exposição Ocupacional (LEO) estejam sincronizadas quanto ao período de exposição real e da jornada do trabalhador.

Se a exposição ocorre por um agente com limite tipo TWA (Média Ponderada no Tempo 8 horas), as concentrações devem refletir a média ponderada para esse período, permitindo a interação com o limite TWA. Para substâncias com limite tipo STEL (Limite para Exposição de Curta Duração) as medições precisam ser coletadas por 15 minutos ou ajustadas para este período através do cálculo da média ponderada no tempo (15 minutos), possibilitando o uso do limite STEL. Em casos em que o limite é do tipo *Ceiling* (Teto), o monitoramento deve voltar-se para os picos de exposição, onde os valores lidos instantaneamente poderão ser comparados com o limite teto.

É crucial evitar o uso de valores de medição baseados em períodos de amostragem diferentes dos tempos de exposição efetivos. Essa discrepância pode levar a um cálculo impreciso do FPMR, comprometendo a seleção de EPRs adequados. A coerência na aplicação destes critérios é vital para uma proteção respiratória eficaz e para o cumprimento das normativas de segurança ocupacional.

É comum encontrarmos resultados de medições realizadas em período parcial da jornada de trabalho, sendo necessário realizar os ajustes dos valores, calculando a Concentração Média Ponderada no Tempo (CTWA) de uma exposição a um agente químico com LEO do tipo TWA.

Vamos usar exemplos para facilitar o entendimento:

A fórmula para calcular a Concentração Média Ponderada no Tempo (C_{TWA}) é:

$$C_{TWA} = (C_1 \times t_1) + (C_2 \times t_2) + \dots + (C_n \times t_n) \div t_{total}$$

Sendo: C_x = Concentração da amostra x.

t_x = tempo da coleta da amostra x.

t_{total} = tempo total da jornada de trabalho.

SITUAÇÃO 1)

Suponha que ao realizar uma amostragem por 2 horas, a concentração de um gás seja de 100 ppm (partes por milhão), porém, no restante da jornada (6 horas), a exposição ao contaminante é zero. Considerando jornada de trabalho de 8 horas.

$$C_{\text{twa}} = \frac{(100 \text{ ppm} \times 2 \text{ horas}) + (0 \text{ ppm} \times 6 \text{ horas})}{8 \text{ horas}}$$

$$C_{\text{twa}} = \frac{200 \text{ ppm}}{8}$$

$$C_{\text{twa}} = 25 \text{ ppm}$$

Mesmo que a concentração do gás tenha sido de 100 ppm durante as 2 horas de medição, ao assumir que no restante da jornada a exposição ao agente não ocorreu, quando calculamos a concentração média ponderada para a jornada de trabalho de 8 horas, o CTWA resulta em 25 ppm. Este valor é representativo da exposição média ao longo de toda a jornada, oferecendo uma medida mais realista do risco da exposição e permitindo a correta utilização para o cálculo do FPMR.

SITUAÇÃO 2)

Vamos considerar um cenário em que a concentração de um particulado coletado durante 2 horas é de 4mg/m³ (miligramas por metro cúbico) e, ao contrário do exemplo anterior, acredita-se que essa mesma concentração é mantida constantemente pelas 6 horas restantes de uma jornada de trabalho de 8 horas. Para calcular a CTWA nesse caso, onde a exposição é uniforme ao longo de toda a jornada, a fórmula permanece:

$$C_{\text{twa}} = \frac{(4 \text{ mg/m}^3 \times 2 \text{ horas}) + (4 \text{ mg/m}^3 \times 6 \text{ horas})}{8 \text{ horas}}$$

$$C_{\text{twa}} = \frac{32 \text{ mg/m}^3}{8}$$

$$C_{\text{twa}} = 4 \text{ mg/m}^3$$

Desta vez, o TWA calculado para a jornada de trabalho de 8 horas é de 4mg/m³, o que indica que a média ponderada da concentração do contaminante ao longo de toda a jornada é igual à concentração medida durante as 2 horas iniciais. Esse exemplo ilustra como o TWA reflete a exposição média ao contaminante quando a concentração se mantém constante ao longo de todo o período de trabalho.

TIPOS DE RESPIRADORES	TIPOS DE COBERTURAS DAS VIAS RESPIRATÓRIAS			
	COM VEDAÇÃO FACIAL		SEM VEDAÇÃO FACIAL	
	PEÇA SEMIFACIAL	PEÇA FACIAL INTEIRA	CAPUZ E CAPACETE	OUTROS
A- PURIFICADOR DE AR				
Não Motorizado	10*	100	—	—
Motorizado	50	1000	1000	25
B - DE ADUÇÃO DE AR				
B1 - Linha de ar comprimido				
De demanda sem pressão positiva	10	100	—	—
De demanda com pressão positiva	50	1000	—	—
De fluxo contínuo	50	1000	1000	25
B2 - Máscara autônoma (Circuito aberto ou fechado)				
De demanda sem pressão positiva	10	100	—	—
De demanda com pressão positiva	—	10000	—	—
Importante! Os fatores de proteção atribuído (FPA) citados na tabela acima só serão válidos quando o respirador for utilizado conforme as recomendações do Programa de Proteção Respiratória (PPR). Alguns desses valores estão condicionados a certas configurações do equipamento. Deve-se consultar todas as observações referente ao quadro citadas no capítulo 5 do PPR da FUNDACENTRO (2016)				

Fator de Proteção Atribuído (FPA) > Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR)

Após determinar o Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR), a seleção do Equipamento de Proteção Respiratória (EPR) baseia-se na comparação desse valor com o Fator de Proteção Atribuído (FPA) dos respiradores disponíveis, conforme indicado na tabela publicada pelo Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro 4ª Edição – 2016 (Quadro 1 – Fatores de Proteção Atribuídos – pág. 35).

FPA é o nível mínimo de proteção respiratória que se atribui a um respirador, está definido na publicação da Fundacentro, “Programa de Proteção Respiratória - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores” e só é válido quando o respirador é utilizado conforme as recomendações contidas em um Programa de Proteção Respiratória devidamente implementado.

Para assegurar uma proteção efetiva ao usuário, o FPA do EPR escolhido deve exceder o FPMR identificado para a exposição em questão. Isto é, se a análise revelar um FPMR de 8, então o respirador selecionado deve possuir um FPA que ultrapasse esse valor. Esta regra (FPA > FPMR) é vital para garantir que o respirador possa diminuir a concentração do contaminante de forma eficaz a um nível considerado seguro, levando em conta variações potenciais navegação e no desgaste ao longo do tempo.

Na escolha do respirador, além da capacidade de proteção, considerações sobre o conforto do usuário, a praticidade do equipamento e a sua compatibilidade com outros EPIs são também importantes. No entanto, a escolha deve ser primariamente orientada pela necessidade técnica de superar o FPMR calculado. Ao adotar esse procedimento metodológico, profissionais da área de segurança do trabalho não apenas cumprem com as regulamentações, mas também contribuem significativamente para um ambiente laboral seguro.

Conclusões

Este artigo abordou o método quantitativo de avaliação dos agentes químicos na seleção de respiradores, enfatizando a importância de se basear nos resultados das avaliações ambientais para estabelecer o Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR). A Portaria 672 de 8 de novembro de 2021 destaca que os controles devem ser adequados aos riscos identificados, sugerindo a implementação do Programa de Proteção Respiratória (PPR) como meio

para alcançar tal adequação. A escolha de um respirador apropriado requer que o Fator de Proteção Atribuído (FPA) do equipamento supere o FPMR, assegurando uma proteção efetiva contra os riscos avaliados.

O fundamento para a seleção de respiradores está na relação entre a concentração de contaminantes no ambiente de trabalho e os Limites de Exposição Ocupacional (LEO), que são cruciais na avaliação dos riscos e na determinação do FPMR necessário. Entender e aplicar os LEO adequadamente é essencial para desenvolver estratégias de proteção respiratória eficazes e conformes às normativas de segurança e saúde ocupacional.

Implementar o PPR em sua totalidade, considerando tanto a análise quantitativa quanto qualitativa dos riscos, e baseando-se nos LEO para a seleção de EPRs. Isso não apenas cumpre com as exigências regulamentares, mas também protege os trabalhadores de exposições potencialmente nocivas, promovendo o bem-estar no local de trabalho.

Atenção:

No próximo artigo, daremos continuidade ao assunto de como calcular o FPMR para ambientes onde existe a presença de misturas de contaminantes. Aguardem.

SUGESTÕES BIBLIOGRÁFICAS:

Programa de Proteção Respiratória - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores (PPR - 4ª edição - 2016)
Portaria nº672 de 08 de novembro de 2021 - MTP
Norma Regulamentadora NR-01 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais do Ministério do Trabalho
Norma Regulamentadora NR-9 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos
Norma Regulamentadora 15 (NR-15) – Atividades e Operações Insalubres e seus anexos
AIHA - American Industrial Hygiene Association dos Estados Unidos da América
ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ISO 45001:2018 - Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho - Requisitos com orientações para uso

Artigo elaborado pela Comissão de Estudo CTEN – ANIMASEG – Comissão Técnica de Estudos Normativos – Proteção Respiratória – Coordenador Antonio João Corder – Secretário – Guilherme Dias.