



SESI

**TÉCNICAS
DE AVALIAÇÃO
DE AGENTES
AMBIENTAIS:**

MANUAL SESI

**BRASÍLIA
2007**



**TÉCNICAS
DE AVALIAÇÃO
DE AGENTES
AMBIENTAIS**

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA – SESI

Conselho Nacional

Presidente: Jair Meneguelli

SESI - Departamento Nacional

Diretor: Armando de Queiroz Monteiro Neto

Diretor-Superintendente: Antonio Carlos Brito Maciel

Diretor de Operações: Carlos Henrique Ramos Fonseca



*Confederação Nacional da Indústria
Serviço Social da Indústria
Departamento Nacional*

**TÉCNICAS
DE AVALIAÇÃO
DE AGENTES
AMBIENTAIS:

MANUAL SESI**

**BRASÍLIA
2007**

© 2007. SESI - Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SESI/DN

Unidade de Saúde e Segurança do Trabalho – Unisaúde

NOTA: Este Manual é resultado do Curso de Avaliação de Agentes Ambientais, promovido pelo Departamento Nacional do SESI, em 2004/05, para seus 27 Departamentos Regionais. Este curso foi ministrado pelos professores Mario Luiz Fantazzini e Maria Cleide Sanchez Oshiro que produziram o material pedagógico que ora se transforma neste Manual.

FICHA CATALOGRÁFICA

S491t

Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional.

Técnicas de avaliação de agentes ambientais : manual SESI.
Brasília : SESI/DN, 2007.

294 p. : il. ; 26 cm.

ISBN 978-85-7710-086-6

1. Segurança no Trabalho 2. Higiene Industrial I. Título.

CDU 331.45

SESI

*Serviço Social da Indústria
Departamento Nacional*

Sede

*Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3317-9754
Fax: (61) 3317-9190
<http://www.sesi.org.br>*

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 1 | Termômetro de Bulbo Úmido Natural..... | 37 |
| Figura 2 | Termômetro de Globo..... | 38 |
| Figura 3 | Ilustração dos Parâmetros Luminosos | 76 |
| Figura 4 | Luxímetro | 84 |
| Figura 5 | Espectro de Radiações Não Ionizantes | 92 |
| Figura 6 | Algumas Aplicações de Radiofrequência e Microondas..... | 93 |
| Figura 7 | Espectro Solar ao Nível do Mar..... | 96 |
| Figura 8 | Tonalidades de Lentes para Proteção à Radiação Infravermelha - Tabela Ilustrativa..... | 97 |
| Figura 9 | Espectro Típico de Lâmpada Germicida..... | 100 |
| Figura 10 | Espectro Típico de Lâmpada de Luz Negra | 100 |
| Figura 11 | Espectros de Emissão de Arcos Elétricos..... | 101 |
| Figura 12 | Exposições Permissíveis à Radiação Ultravioleta..... | 104 |
| Figura 13 | Tabela Orientativa para Tonalidades em Processos de Soldagem | 105 |
| Figura 14 | Ilustração de Onda de Pressão | 119 |
| Figura 15 | Parâmetros de Ondas | 120 |
| Figura 16 | Ilustração de Valores Típicos em dB | 121 |
| Figura 17 | Curvas Isoaudíveis | 125 |
| Figura 18 | Atenuações Relativas dos Circuitos de Compensação A, B e C | 126 |
| Figura 19 | Ilustração do Valor RMS e sua Obtenção Analítica..... | 127 |
| Figura 20 | Algoritmo e Função para Dedução de Valores em dB..... | 129 |
| Figura 21 | Faixas de Ressonância no Corpo Humano – Resposta em Frequência..... | 160 |
| Figura 22 | ISO 5.349-I: 2001(E) – Relação Dose-Resposta | 167 |
| Figura 23 | Eixos de Medição..... | 169 |
| Figura 24 | Limites de Exposição..... | 171 |
| Figura 25 | Curvas de Deposição Pulmonar de Partículas | 204 |
| Figura 26 | Amostragem com Tubo Detetor Colorimétrico..... | 208 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 27 | Impactador, Borbulhador ou <i>Impinger</i> | 209 |
| Figura 28 | Exemplo de Amostrador Passivo | 213 |
| Figura 29 | Conjunto de Amostrador para Particulados de Três Corpos | 215 |
| Figura 30 | Faixas de Separação de Partículas do Ciclone de 10 mm..... | 216 |
| Figura 31 | Bureta e Calibrador Automático | 220 |
| Figura 32 | Fluxograma de Visão de Conjunto dos Principais Conceitos | 273 |
| Figura 33 | Diferentes Formas Amostrais que Podem ser Utilizadas | 280 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Quadro 1 | Correlação entre as Trocas Térmicas e as Variáveis do Ambiente | 36 |
| Quadro 2 | Princípios dos Principais Sensores e Parâmetros que Afetam sua Leitura .. | 39 |
| Quadro 3 | Classificação do Tipo de Atividade em Regime de Trabalho Intermitente, com Descanso no Próprio Local | 41 |
| Quadro 4 | Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade (NR-15) | 43 |
| Quadro 5 | IBUTG Médio Ponderado Máximo Permissível, Segundo o Metabolismo Médio Ponderado (NR-15) | 44 |
| Quadro 6 | Tabela Detalhada do Limite de Tolerância do Calor | 45 |
| Quadro 7 | Classificação da Atividade em Relação ao Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho | 47 |
| Quadro 8 | Exemplo de Generalização para Encontrar a Hora Crítica: Trabalho de Forno e Forja | 50 |
| Quadro 9 | Limites de Tolerância a Agentes Químicos..... | 184 |
| Quadro 10 | Fator de Desvio para Substâncias que têm Limites de Tolerância – Valor Teto | 186 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabela 1 | Iluminância para Cada Grupo de Tarefas Visuais | 78 |
| Tabela 2 | Fatores Determinantes da Iluminância Adequada..... | 79 |
| Tabela 3 | Alguns Valores Mínimos de Iluminância em Lux por Tipo de Atividade .. | 80 |
| Tabela 4 | RP 540 – Valores Mínimos de Iluminância para Ambientes Externos | 81 |
| Tabela 5 | Extrato de Pré-Norma..... | 82 |
| Tabela 6 | Transmissividade UV de Alguns Tecidos | 106 |
| Tabela 7 | Combinação de Valores em Decibéis..... | 123 |
| Tabela 8 | Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente | 130 |
| Tabela 9 | Exposição a Vibrações em Atividades Econômicas | 158 |
| Tabela 10 | Tipos de Poeiras..... | 202 |
| Tabela 11 | Tamanho de Partículas..... | 203 |
| Tabela 12 | Separação Prevista pelo Ciclone de 10 mm | 216 |
| Tabela 13 | Base de Tempo de Limites de Exposição Usuais | 278 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| APRESENTAÇÃO | |
| INTRODUÇÃO | 15 |
| CAPÍTULO I - SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL..... | 19 |
| 1 Estabelecendo Conceito e Definições | 19 |
| 1.1 Conceituação Geral | 19 |
| 1.2 Detalhando Aspectos Básicos..... | 21 |
| 2 Áreas de Interação da Higiene Ocupacional..... | 23 |
| 3 Conceitos da Higiene em Algumas Referências | 24 |
| 4 Conceito do Limite de Tolerância / Limite de Exposição..... | 25 |
| 5 Entidades e Associações da Área | 26 |
| Referências | 27 |
| CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR | 29 |
| 1 Introdução | 29 |
| 2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais | 29 |
| 2.1 Mecanismos de Trocas Térmicas..... | 29 |
| 2.2 Equilíbrio Térmico | 30 |
| 2.3 Reações do Organismo ao Calor | 31 |
| 2.4 Principais Efeitos do Calor | 32 |
| 2.5 Aclimação..... | 34 |
| 2.6 Correlacionando as Trocas Térmicas do Trabalhador com as Variáveis Físicas do Ambiente e da Tarefa | 35 |
| 2.7 Parâmetros do Ambiente e da Tarefa que Devem Ser Obtidos..... | 36 |
| 3 Avaliação Ambiental e Exercícios Práticos | 40 |
| 3.1 Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo (IBUTG) | 40 |
| 3.2 Exercícios Práticos (Resolvidos) | 46 |
| 3.3 Generalização da Fórmula de Cálculo..... | 49 |
| 4 Roteiro para Abordagem de Campo - Calor..... | 51 |
| 5 Aspectos de Controle..... | 55 |
| 5.1 Raciocínio Geral | 55 |
| 5.2 Ação sobre o Ambiente..... | 55 |
| 5.3 Tornando a Tarefa Menos Crítica | 56 |
| 5.4 Considerações além do IBUTG | 57 |
| 6 Calor em Perguntas e Respostas..... | 58 |
| Referências | 71 |
| CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO..... | 73 |
| 1 Introdução | 73 |
| 2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais | 73 |
| 2.1 Conseqüências de uma Iluminação Inadequada..... | 73 |
| 2.2 Riscos Associados | 74 |
| 2.3 Tarefa Visual e Campo de Trabalho | 74 |
| 2.4 Unidades, Grandezas e Relações Fotométricas | 75 |
| 2.5 Antecedentes..... | 76 |
| 2.6 Seleção de Iluminâncias | 79 |
| 2.7 Avaliação em Áreas Externas..... | 81 |

| | |
|--|----|
| 3 Avaliação Ambiental e Exercícios Práticos | 83 |
| 3.1 Metodologia..... | 83 |
| 3.2 Instrumental Necessário | 83 |
| 3.3 Exercícios Práticos..... | 84 |
| 4 Roteiro para Abordagem de Campo - Iluminação | 85 |
| 5. Aspectos de Controle..... | 88 |
| 5.1 Projetos de Iluminação para Ambientes de Trabalho..... | 88 |
| 5.2 Fatores para uma Iluminação Adequada | 88 |
| 6 Iluminância em Perguntas e Respostas | 89 |
| Referências | 89 |

CAPÍTULO IV - RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES..... 91

| | |
|---|-----|
| 1 Introdução | 91 |
| 2 Conceituação, Antecedentes Técnico-Legais, Aspectos de Avaliação e Controle das Radiações Não Ionizantes..... | 91 |
| 2.1 As Radiações Não Ionizantes | 91 |
| 2.2 Radiofrequência e Microondas..... | 92 |
| 2.3 Radiação Infravermelha | 95 |
| 2.4 Luz | 98 |
| 2.5 Radiação Ultravioleta | 98 |
| 2.6 Laser | 107 |
| 3 Roteiro para Abordagem de Campo - Radiações Não Ionizantes | 111 |
| 4 Radiações Não Ionizantes em Perguntas e Respostas | 114 |
| Referências | 116 |

CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO E ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES 119

| | |
|--|-----|
| 1 Introdução | 119 |
| 2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais | 119 |
| 2.1 Grandezas, Unidades e Embasamento Teórico Inicial..... | 119 |
| 2.2 Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído | 129 |
| 3 Avaliação Ambiental e Exercícios Práticos | 132 |
| 3.1 Dosimetria de Ruído..... | 132 |
| 3.2 Nível Médio (Lavg) | 133 |
| 3.3 Exercícios – Dose de Ruído | 133 |
| 4 Roteiro para Abordagem de Campo..... | 134 |
| 5 Aspectos de Controle..... | 137 |
| 5.1 Controles em Fonte e Trajetória | 137 |
| 5.2 Atenuação de Protetores Auriculares | 138 |
| 6 Ruído em Perguntas e Respostas | 147 |
| Referências | 155 |

CAPÍTULO VI - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES 157

| | |
|--|-----|
| 1 Introdução | 157 |
| 2 Aspectos Conceituais e Antecedentes Técnico-Legais | 159 |
| 2.1 Sistemas Mecânicos | 159 |
| 2.2 Resposta do Corpo Humano à Vibração | 160 |
| 2.3 Quantificação da Vibração | 161 |
| 2.4 Antecedentes Legais e Técnicos..... | 162 |
| 2.5 Efeitos no Organismo – Vibrações Localizadas | 163 |

| | |
|--|-----|
| 2.6 Efeitos no Organismo – Vibrações de Corpo Inteiro..... | 163 |
| 3 Avaliação Ambiental..... | 164 |
| 3.1 Vibrações Localizadas - Norma ISO 5.349/1986..... | 164 |
| 3.2 Vibrações de Corpo Inteiro - Norma ISO 2.631/1985..... | 168 |
| 4 Roteiro para Abordagem de Campo - Vibrações | 175 |
| 5 Aspectos de Controle..... | 177 |
| 5.1 Vibrações de Corpo Inteiro..... | 177 |
| 5.2 Vibrações Localizadas..... | 177 |
| 6 Vibrações em Perguntas e Respostas | 178 |
| Referências | 181 |

CAPÍTULO VII – AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A AGENTES QUÍMICOS 183

| | |
|---|-----|
| 1 Introdução | 183 |
| 1.1 Agente Químico | 183 |
| 1.2 Riscos Químicos | 183 |
| 2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais | 183 |
| 2.1 Conceitos Básicos (Revisão)..... | 183 |
| 2.2 Limites de Tolerância Definidos pela ACGIH | 187 |
| 2.3 Misturas | 191 |
| 2.4 Classificação dos Agentes Químicos..... | 192 |
| 2.5 Gases e Vapores..... | 192 |
| 2.6 Aerodispersóides | 201 |
| 3 Avaliação Ambiental e Exercícios Práticos | 206 |
| 3.1 Avaliação dos Gases e Vapores..... | 206 |
| 3.2 Avaliação de Aerodispersóides | 213 |
| 3.3 Avaliação de Fumos e Poeiras Metálicas..... | 226 |
| 3.4 Uso de Brancos de Campo e de Meio | 231 |
| Apêndice 1 - Resumos de Métodos - Gases e Vapores | 233 |
| Apêndice 2 - Resumo de Métodos de Aerodispersóides/Fibras..... | 236 |
| Apêndice 3 - Endereços de Prestadores de Serviços Laboratórios de Higiene Ocupacional ... | 239 |
| 4 Roteiro para Abordagem de Campo..... | 241 |
| 4.1 Avaliação de Aerodispersóides | 241 |
| 4.2 Gases e Vapores..... | 243 |
| 5 Exemplo de Folha de Campo..... | 245 |
| 6 Agentes Químicos em Perguntas e Respostas..... | 247 |
| Referências | 260 |
| Outras Normas Consultadas de Higiene Pessoal..... | 261 |

CAPÍTULO VIII – ELEMENTOS DE ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM 263

| | |
|---|-----|
| 1 Aspectos Conceituais..... | 263 |
| 2 Estratégia de Amostragem em Perguntas e Respostas | 280 |
| Referências | 283 |

ANEXOS 285

| | |
|---|-----|
| Anexo A - Glossário de Higiene Ocupacional..... | 285 |
| Anexo B - Lista dos Principais Sites da Web na Área de Higiene Ocupacional..... | 292 |



W

R

E

A

SENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A razão principal para que a segurança e saúde do trabalho constitua uma clara prioridade para o Serviço Social da Indústria (SESI) é o forte impacto que essa área possui sobre a produção das empresas e sobre a qualidade de vida dos trabalhadores.

Para efetivamente reduzir os inaceitáveis índices de acidentes e doenças do trabalho no País, é preciso agir com competência técnica e de maneira regular em cada ambiente laboral onde existam perigos, sejam eles provocados por agentes físicos, químicos, biológicos, mecânicos ou situações ergonômicas.

É com orgulho que o Departamento Nacional do SESI apresenta esta publicação, Técnicas de Avaliação de Agentes Ambientais – Manual SESI, escrito pelos professores Mario Luiz Fantazzini e Maria Cleide Sanchez Oshiro, em iniciativa estruturada pela Gerência de Saúde e Segurança do Trabalho.

Trata-se de um texto preciso e detalhado construído no campo especializado da higiene ocupacional. Seus grandes capítulos – a exposição ao calor, as condições de iluminação, o tratamento das radiações não ionizantes, a avaliação do ruído e das vibrações, a exposição a agentes químicos – têm uma abordagem centrada fundamentalmente no dia-a-dia do setor industrial.

Ao ensinar a melhor forma de identificar eventuais problemas, o SESI facilita, em muito, a tarefa das empresas na busca de soluções adequadas para que tornem seus ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis.

Brasília, 2007.

Antonio Carlos Brito Maciel

Diretor-Superintendente do SESI/DN



OR
R
T
N
I

DUÇÃO

INTRODUÇÃO

Esta publicação nasceu de um curso de formação continuada a distância, por meio de videoaulas, contratadas pelo SESI – Departamento Nacional. Foram selecionados agentes relevantes que demandam avaliações ambientais, descritos no sumário.

As aulas, em período aproximadamente mensal, tiveram inicialmente uma duração de duas horas, passando, antes da metade do curso e por solicitação dos alunos, para três horas. Dentro da sistemática das videoaulas, era dado o direito, para duas a três das salas receptoras, em forma de rodízio, de realizar perguntas para dirimir dúvidas, em momentos predefinidos. Para todos os alunos participantes, foi concedido o direito de sanar dúvidas por mensagem eletrônica, tanto durante como após as aulas.

O material didático de cada aula foi enviado previamente para estudo preparatório, e é a base desta publicação. Todas as perguntas feitas foram colecionadas, coligidas e sistematizadas, e também fazem parte deste livro, sempre anexadas ao final de cada capítulo, com as devidas respostas dadas pelos instrutores.

Ao final das videoaulas teóricas, houve uma série de nove aulas de laboratório de avaliação de agentes ambientais, em várias cidades do País, concentrando regionalmente os alunos e permitindo a conclusão do curso com uma parte prática. As estatísticas deste curso merecem ser destacadas:

1. Número total de alunos nas videoaulas – 377
2. Número de salas de recepção no País – 33
3. Número de alunos elegíveis para as aulas de laboratório – 226
4. Total de perguntas formuladas durante as aulas e por mensagens eletrônicas – 91
5. Carga horária total por aluno – 40 horas a distância e 8 horas presenciais
6. Número de horas docentes totais – 176 horas

Desta experiência, como vista pelos instrutores, deve-se destacar não só o alto nível participativo dos alunos, como a constatação de que este formato didático é uma alternativa plenamente realizável, válida e justificável em circunstâncias como as do SESI, pela grande capilaridade que possui em nível nacional.

Existindo a tecnologia e um projeto pedagógico adequado, torna-se viável formar técnicos em um grande número de localidades, espalhados continentalmente, havendo em cada local quantidades reduzidas, que não justificariam ações de treinamento individualizadas.

Adicionalmente, foram elaboradas gravações das videoaulas em formato VHS, dando oportunidade de revisão teórica a qualquer tempo, assim como se tornando um material de estudo, que este livro complementa.

Nós nos sentimos orgulhosos de ter participado desta iniciativa, e apoiaremos outras semelhantes, pois pudemos perceber que sua eficiência formativa não difere da forma tradicional, atingindo seus objetivos. O complemento prático e presencial confere a característica necessária de eficácia aos cursos de avaliações ambientais, que de outra forma não seria alcançado.

São Paulo, julho de 2004

Mario Luiz Fantazzini

Coordenador Técnico e Instrutor

Maria Cleide Sanchez Oshiro

Instrutora



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL

1 ESTABELECENDO CONCEITO E DEFINIÇÕES

1.1 Conceituação Geral

Sobre a higiene ocupacional:

- Visa à prevenção da doença ocupacional por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos agentes ambientais (essa é a definição básica atual, havendo variantes; outras definições serão discutidas mais adiante);
- “Prevenção da doença” deve ser entendida com um sentido mais amplo, pois a ação deve estar dirigida à prevenção e ao controle das **exposições** inadequadas a agentes ambientais (um estágio anterior às alterações de saúde e à doença instalada);
- Em senso amplo, a atuação da higiene ocupacional prevê uma **intervenção deliberada no ambiente** de trabalho como forma de prevenção da doença. Sua ação no ambiente é complementada pela atuação da medicina ocupacional, cujo foco está predominantemente no indivíduo;
- Os agentes ambientais que a higiene ocupacional tradicionalmente considera são os chamados agentes físicos, químicos e biológicos. Essa consideração pode ser ampliada, levando em conta outros fatores de estresse ocupacional, como aqueles considerados na ergonomia, por exemplo (que também podem causar desconforto e doenças). É evidente que as duas disciplinas se interligam e sua interação deve ser sinérgica, antes que antagônica;
- Os agentes físicos são, em última análise, alguma forma de energia liberada pelas condições dos processos e equipamentos a

que será exposto o trabalhador. Sua denominação habitual: ruído, vibrações, calor/frio (interações térmicas), radiações ionizantes e não ionizantes, pressões anormais;

- Os agentes químicos, mais por sua dimensão físico-química que por sua característica individual, são classificados em gases, vapores e aerodispersóides (estes últimos são subdivididos ainda em poeiras, fumos, névoas, neblinas, fibras); podemos entender os agentes químicos como todas as substâncias puras, compostos ou produtos (misturas) que podem entrar em contato com o organismo por uma multiplicidade de vias, expondo o trabalhador. Cada caso tem sua toxicologia específica, sendo também possível agrupá-los em famílias químicas, quando de importância toxicológica (hidrocarbonetos aromáticos, por exemplo);
- As “vias de ingresso” ou de contato com o organismo consideradas tradicionalmente são as vias respiratória (inalação), cutânea (por meio da pele intacta) e digestiva (ingestão). A respiratória é a de maior importância industrial, seguida da via dérmica;
- Os agentes biológicos são representados por todas as classes de microorganismos patogênicos (algumas vezes adicionados de organismos mais complexos, como insetos e animais peçonhentos): vírus, bactérias, fungos. Note que merecem uma ação bem diversa da dos outros agentes e que muitas formas de controle serão específicas;
- Para bem realizar a antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos agentes ambientais são necessárias múltiplas ciências, tecnologias e especialidades. Para a avaliação e o controle, é importante a engenharia; na avaliação, também se exige o domínio dos recursos instrumentais de laboratório (química analítica); no entendimento da interação dos agentes com o organismo, a bioquímica, a toxicologia e a medicina. A compreensão da exposição do trabalhador (esse termo é fundamental) a um certo agente passa pelas características físicas e/ou químicas dos agentes e pelo uso dessas ciências básicas;

- O **reconhecimento** é um alerta; a adequada **avaliação** deve levar a uma decisão de tolerabilidade; os riscos intoleráveis devem sofrer uma ação de **controle**;
- Para se conhecer sobre a intolerabilidade, valores de referência devem existir. É o conceito dos **limites de exposição** (legalmente, limites de tolerância);
- O **objetivo último** da atuação em higiene ocupacional, uma vez que nem sempre se pode eliminar os riscos dos ambientes de trabalho, é o de se reduzir a **exposição média de longo prazo** (parâmetro recomendado de comparação) de todos os trabalhadores, a todos os agentes ambientais, a valores tão baixos quanto razoavelmente exequível dentro de critérios definidos de tolerabilidade. Veja que começaram a surgir outros conceitos, que devem ser definidos a seu tempo;
- Nem todos os agentes são medidos apenas por sua ação de longo prazo, sendo também importantes as exposições agudas (curto prazo). Pode-se perceber que devem variar aqui os objetivos e formas de avaliação da exposição.

1.2 Detalhando Aspectos Básicos

Antecipar é...

- trabalhar, com equipes de projeto, modificações ou ampliações (ou pelo menos analisar em momentos adequados o resultado desse trabalho), visando à detecção precoce de fatores de risco ligados a agentes ambientais e adotando opções de projeto que favoreçam sua eliminação ou controle;
- estabelecer uma “polícia de fronteira” na empresa, rastreando e analisando todo novo produto químico a ser utilizado (isso inclui as amostras de vendedores);
- ditar normas preventivas para compradores, projetistas, contratadores de serviços, a fim de evitar exposições inadvertidas

a agentes ambientais causadas pela má seleção de produtos, materiais e equipamentos. Por exemplo, um dispositivo para espantar roedores de galerias de cabos elétricos parece ótimo, mas é necessário saber que é um emissor de ultra-som.

Reconhecer é...

- conhecer de novo! Isso significa que se deve ter conhecimento prévio dos agentes do ambiente de trabalho, ou seja, saber reconhecer os riscos presentes nos processos, materiais, operações associadas, manutenção, subprodutos, rejeitos, produto final, insumos;
- estudar o processo, atividades e operações associadas e processos auxiliares, não apenas com os dados existentes na empresa (e inquirindo os técnicos, projetistas, operadores), mas também conhecendo a literatura ocupacional específica a respeito deles, pois mesmo os técnicos dos processos podem desconhecer os riscos ambientais que estes produzem. Podem omitir, freqüentemente, detalhes que não julgam importantes para o higienista, mas justamente ligados a um risco. O solícito técnico da máquina empacotadora de leite longa vida pode lhe dar uma explicação precisa e detalhada do seu funcionamento, omitindo que a caixinha é selada por radiofreqüência;
- transitar e observar incessantemente o local de trabalho (não se faz higiene sem ir a campo), observando o que lhe é mostrado e o que não é. Andar “atrás” das coisas, em subsolos, casas de máquinas, porões de serviço, pode ser bastante instrutivo e revelador de riscos ambientais (cuidado com os riscos de acidentes nesses locais).

Avaliar é...

- em forma simples, é poder emitir um juízo de tolerabilidade sobre uma exposição a um agente ambiental. Atualmente, a avaliação está inserida dentro de um processo que se convencionou chamar de Estratégia de Amostragem, o que é, evidentemente, muito mais que avaliar no sentido instrumental;

- comparar a informação de exposição ambiental (que pode ter vários graus de confiabilidade) com um critério adequado, para obter o juízo de tolerabilidade. O critério é genericamente denominado de “limite de exposição ambiental”, ou limite de exposição (legalmente falando, “limite de tolerância”; este conceito será detalhado adiante).

Controlar é...

- adotar medidas de engenharia sobre as fontes e trajetória do agente, atuando sobre os equipamentos e realizando ações específicas de controle, como projetos de ventilação industrial;
- intervir sobre operações, reorientando-as para procedimentos que possam eliminar ou reduzir a exposição;
- definir ações de controle no indivíduo, o que inclui, é claro – mas não está limitado –, a proteção individual.
- Serão fornecidos mais à frente os elementos gerais de ações de controle em higiene ocupacional. Em cada matéria, serão dadas ações específicas de controle.

NOTA : alguns termos deste texto possuem nova conceituação no Sistema SESI. Por favor, verifique na documentação do Modelo SESI em SST quais termos deveriam ser modificados na elaboração de documentos oficiais para as empresas.

2 ÁREAS DE INTERAÇÃO DA HIGIENE OCUPACIONAL

Medicina ocupacional – interação evidente e mais forte, não há como desempenhar qualquer das disciplinas sem dialogar com o profissional da outra.

Área de gestão ambiental – interação importante, pois os mesmos agentes já citados podem extrapolar o âmbito ocupacional (ambientes onde há trabalhadores expostos), tornando-se um problema de meio ambiente e comunidade (Exemplos: ruído, contaminantes presentes em resíduos, emissões).

Ergonomia – como também é eminentemente multidisciplinar, a ergonomia apresenta várias interações, pois os mesmos agentes ambientais que significam risco na higiene serão fatores de desconforto na ergonomia (ruído, calor, iluminação). Não se deseja aqui limitar a ergonomia à questão do conforto, pois há outras inadequações ergonômicas que geram doenças, mas evidenciar com os exemplos dados a interdisciplinaridade que existe.

3 CONCEITOS DA HIGIENE EM ALGUMAS REFERÊNCIAS

- Higiene Ocupacional, Higiene Industrial, Higiene do Trabalho - os termos são considerados sinônimos, enquanto exprimem a ação da disciplina. Atualmente se usa Higiene Ocupacional.
- Definição da *American Industrial Hygiene Association (AIHA)*, citada na Enciclopédia de Segurança e Saúde Ocupacional, da Organização Internacional do Trabalho (OIT): “Ciência e arte devotada ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos fatores e estressores ambientais, presentes no local de trabalho ou oriundos deste, os quais podem causar doença, degradação da saúde ou bem-estar, ou desconforto significativo e ineficiência entre os trabalhadores ou cidadãos de uma comunidade”. O autor do verbete na Enciclopédia, C. M. Berry, diz ainda que atualmente a definição não descreve adequadamente a disciplina, e que é importante adicionar o termo “antecipação”, como vimos antes. Expõe ainda que, a preocupação deve se estender à família do trabalhador, citando os casos do berílio e do asbesto.
- A definição do *American Board of Industrial Hygiene* é semelhante, falando da “Ciência e prática devotada à antecipação, ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos fatores e estressores ambientais presentes no local de trabalho ou oriundo deste que podem causar doença, degradação da saúde ou bem-estar, ou desconforto significativo entre trabalhadores e podem ainda impactar a comunidade em geral” (atenção: ambas são traduções livres; convém sempre ler os originais, até porque há muito de instrutivo nessas leituras para o higienista).

4 CONCEITO DO LIMITE DE TOLERÂNCIA / LIMITE DE EXPOSIÇÃO

Exercício de construção do conceito – Façamos por aproximações sucessivas, e, ao mesmo tempo, discutindo e construindo o conceito, com aspectos associados:

- *Um valor abaixo do qual não haverá doenças? (seria muito grosseiro e pretensioso)*
- *Um valor abaixo do qual há razoável segurança contra o desencadeamento das doenças causadas por um agente ambiental? (melhorou, mas ainda falta muito)*
- *Um valor abaixo do qual há razoável segurança para a maioria dos expostos contra o desencadeamento de doenças causadas por um agente ambiental? (essa adição é fundamental)*

Vamos intercalar aqui a definição da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) – veja também o item sobre Associações e Entidades em Higiene Ocupacional: **“Os limites de exposição referem-se a concentrações de substâncias químicas dispersas no ar (assim como a intensidade de agentes físicos de natureza acústica, eletromagnética, ergonômica, mecânica e térmica) e representam condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde”**.

A definição acima é completa, mas não diz tudo (porque há muitas considerações associadas, que não cabem numa definição). Dessa forma, é preciso alertar para:

- A “maioria” implica uma “minoria”, ou seja, pessoas que não estarão necessariamente protegidas ao nível do Limite de Exposição (LE) ou até abaixo deste. Podem ser pessoas hipersuscetíveis pela própria natureza da variabilidade individual ou por fatores de hipersuscetibilidade específica, como é o caso dos albinos em relação à radiação ultravioleta.

- É preciso conhecer quais os efeitos que o LE pretende evitar. Muitas vezes, não serão evitados todos os efeitos. No caso do ruído, trata-se apenas da perda auditiva induzida, embora se saiba que há outros efeitos à saúde. Muitas vezes, é difícil modelizar tais efeitos para fins de um limite, pois há grande variabilidade individual; outras vezes, simplesmente não há relação dose-resposta, como no caso de carcinogênicos (o LE para asbestos pode protegê-lo da fibrose pulmonar, mas não dos cânceres, cuja relação é estocástica, uma chance dependente do nível de exposição – já fica aqui a mensagem para evitar toda exposição a essa fibra).
- É preciso conhecer qual a base de tempo do LE sobre a qual se estabelece a média ponderada de exposição (essa já é uma questão de avaliação); pode ser de seis minutos, como ocorre com radiofrequência, uma hora para exposição ao calor, e, mais freqüentemente, oito horas, ou a jornada, para a maioria dos casos.
- É preciso lembrar que o limite de exposição representa a melhor abordagem disponível, dentro de certos critérios, a respeito do conhecimento acerca do agente ambiental em termos correntes, ou seja, é um conceito sujeito a contínua evolução, sendo apenas o que se conhece na atualidade de sua emissão. Frequentemente os LE são rebaixados, raramente são aumentados (ou seja, houve alguma superestimação do risco).

5 ENTIDADES E ASSOCIAÇÕES DA ÁREA

Destacam-se as associações higienistas estrangeiras, como a ACGIH e a AIHA, uma internacional – a *International Occupational Hygiene Association* (IOHA), que é uma associação de associações, e, nacionalmente, a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO).

As entidades a destacar são o *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) norte-americano, governamental, e seu homólogo nacional (conceitualmente falando), que é a Fundação Jorge Duprat

Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro). São especialmente importantes as entidades do Canadá, da França e da Espanha (neste último caso, pela maior facilidade quanto ao idioma).

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978.** Aprova as normas regulamentadoras do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a segurança e medicina do trabalho. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

FANTAZZINI, M. L. Situando a higiene ocupacional. **Revista ABHO de Higiene Ocupacional.** São Paulo, v. 2, n. 6, set. 2003.

International Labour Office. **Encyclopedia of occupational health and safety.** Geneva, 1985.

LIMITES de exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição. Trad. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo, 2002.

CAPÍTULO II

The background features a dark, almost black, surface. Two bright red laser beams originate from the top corners and converge towards a central point on the surface. This convergence creates a circular, glowing red spot. At the very center of this spot is a small, bright yellow and orange diamond-shaped light source, which appears to be the origin of the beams. The overall atmosphere is mysterious and dramatic.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

1 INTRODUÇÃO

A exposição ao calor ocorre em muitos tipos de indústria. Prevaecem aquelas que implicam alta carga radiante sobre o trabalhador, e essa é a parcela freqüentemente dominante na sobrecarga térmica que vem a se instalar; todavia, muitas atividades com carga radiante moderada, porém acompanhadas de altas taxas metabólicas (trabalhos extenuantes ao ar livre), também podem oferecer sobrecargas inadequadas. Deve-se lembrar ainda que pode haver situações críticas em ambientes em que predomina o calor úmido, praticamente sem fontes radiantes importantes, como nas lavanderias e tinturarias. Em suma, deve-se tomar cuidado em não tipificar categoricamente as situações ocupacionais quanto ao calor; o melhor é analisar criteriosamente cada uma delas. O higienista experiente poderá, com o tempo, adquirir uma razoável sensibilidade quanto a esses riscos potenciais nas situações de trabalho.

2 CONCEITUAÇÃO E ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS

2.1 Mecanismos de Trocas Térmicas

A sobrecarga térmica no organismo humano é resultante de duas parcelas de carga térmica: uma carga externa (ambiental) e outra interna (metabólica). A carga externa é resultante das trocas térmicas com o ambiente e a carga metabólica é resultante da atividade física que exerce.

Tipos de trocas térmicas

CONDUÇÃO: Troca térmica entre dois corpos em contato, de temperaturas diferentes, ou que ocorre dentro de um corpo cujas extremidades encontram-se a temperaturas diferentes. Para o trabalhador, essas trocas são muito pequenas, geralmente por contato do corpo com ferramentas e superfícies.

CONVECÇÃO: Troca térmica realizada geralmente entre um corpo e um fluido, ocorrendo movimentação do último por diferença de densidade provocada pelo aumento da temperatura. Portanto, junto com a troca de calor existe uma movimentação do fluido, chamada de corrente natural convectiva. Se o fluido se movimenta por impulso externo, diz-se que se tem uma convecção forçada. Para o trabalhador, essa troca ocorre com o ar à sua volta.

RADIAÇÃO: Todos os corpos aquecidos emitem radiação infravermelha, que é o chamado “calor radiante”. Assim como emitem, também recebem, havendo o que se chama de troca líquida radiante. O infravermelho, sendo uma radiação eletromagnética não ionizante, não necessita de um meio físico para se propagar. O ar é praticamente transparente à radiação infravermelha. As trocas por radiação entre o trabalhador e seu entorno, quando há fontes radiantes severas, serão as preponderantes no balanço térmico e podem corresponder a 60% ou mais das trocas totais.

EVAPORAÇÃO: Evaporação é a mudança de fase de um líquido para vapor, ao receber calor. É a troca de calor produzida pela evaporação do suor, por meio da pele. O suor recebe calor da pele, evaporando e aliviando o trabalhador. Grandes trocas de calor podem estar envolvidas (a entalpia de vaporização da água é de 590 cal/grama). O mecanismo da evaporação pode ser o único meio de perda de calor para o ambiente, na indústria. Porém, a quantidade de água que já está no ar é um limitante para a evaporação do suor; ou seja, quando a umidade relativa do ambiente é de 100%, não é possível evaporar o suor, e a situação pode ficar crítica.

2.2 Equilíbrio Térmico

O organismo ganha ou perde calor para o meio ambiente segundo a equação do equilíbrio térmico:

$$M \pm C \pm R - E = Q$$

em que:

- M - Calor produzido pelo metabolismo, sendo um calor sempre ganho (+)
- C - Calor ganho ou perdido por condução/convecção
- R - Calor ganho ou perdido por radiação (+/-)
- E - Calor sempre perdido por evaporação (-)
- Q - Calor acumulado no organismo (sobrecarga)

Q>0 acúmulo de calor (sobrecarga térmica)

Q<0 perda de calor (hipotermia)

2.3 Reações do Organismo ao Calor

À medida que ocorre a sobrecarga térmica, o organismo dispara certos mecanismos para manter a temperatura interna constante, sendo os principais a vasodilatação periférica e a sudorese.

VASODILATAÇÃO PERIFÉRICA: A vasodilatação periférica permite o aumento de circulação de sangue na superfície do corpo, aumentando a troca de calor para o meio ambiente. O fluxo sanguíneo transporta calor do núcleo do corpo para a periferia. Como a rede de vasos aumenta, pode haver queda de pressão (hidráulica aplicada).

SUDORESE: A sudorese permite a perda de calor por meio da evaporação do suor. O número de glândulas ativadas pelo mecanismo termorregulador é proporcional ao desequilíbrio térmico existente. A quantidade de suor produzido pode, em alguns instantes, atingir o valor de até dois litros por hora. A evaporação de um litro por hora permite uma perda de 590 kcal nesse período.

2.4 Principais Efeitos do Calor

O calor pode produzir efeitos que vão desde a desidratação progressiva e às câibras até ocorrências bem mais sérias, como a exaustão por calor e o choque térmico. Os grandes candidatos a incidentes mais sérios são as pessoas não aclimatadas, ou seja, os “novatos” no ambiente termicamente severo. Mais adiante, isso será discutido com maiores detalhes.

Golpe de Calor (Hipertermia ou Choque Térmico)

Quando o sistema termorregulador é afetado pela sobrecarga térmica, a temperatura interna aumenta continuamente, produzindo alteração da função cerebral, com perturbação do mecanismo de dissipação do calor, cessando a sudorese. O golpe de calor produz sintomas como: confusão mental, colapsos, convulsões, delírios, alucinações e coma, sem aviso prévio, parecendo-se o quadro com uma convulsão epiléptica.

Os sinais externos do golpe de calor são: pele quente, seca e arroxeadada. A temperatura interna sobe a 40,5°C ou mais, podendo atingir 42°C a 45°C no caso de convulsões ou coma. O golpe de calor é freqüentemente fatal e, no caso de sobrevivência, podem ocorrer seqüelas devido aos danos causados ao cérebro, rins e outros órgãos.

O golpe de calor pode ocorrer durante a realização de tarefas físicas pesadas em condições de calor extremo, quando não há a aclimatação e quando existem certas enfermidades, como o *diabetes mellitus*, enfermidades cardiovasculares e cutâneas ou obesidade.

O médico deve ser chamado imediatamente e o socorrismo prevê que o corpo do trabalhador deve ser resfriado imediatamente.

Exaustão pelo Calor

A síncope pelo calor resulta da tensão excessiva do sistema circulatório, com perda de pressão e sintomas como enjôo, palidez, pele coberta pelo suor e dores de cabeça.

Quando a temperatura corpórea tende a subir, o organismo sofre uma vasodilatação periférica, na tentativa de aumentar a quantidade de sangue nas áreas de troca. Com isso, há uma diminuição de fluxo sanguíneo nos órgãos vitais, podendo ocorrer uma deficiência de oxigênio nessas áreas, comprometendo particularmente o cérebro e o coração.

Essa situação pode ser agravada quando há a necessidade de um fluxo maior de sangue nos músculos devido ao trabalho físico intenso.

A recuperação é rápida e ocorre naturalmente se o trabalhador deitar-se durante a crise ou sentar-se com a cabeça baixa. A recuperação total é complementada por repouso em ambiente frio.

Prostração Térmica por Desidratação

A desidratação ocorre quando a quantidade de água ingerida é insuficiente para compensar a perda pela urina ou sudação e pelo ar exalado.

Com a perda de 5% a 8% do peso corpóreo ocorre a diminuição da eficiência do trabalho, sinais de desconforto, sede, irritabilidade e sonolência, além de pulso acelerado e temperatura elevada.

Uma perda de 10% do peso corpóreo é incompatível com qualquer atividade, e com uma perda de 15% pode ocorrer o choque térmico ou golpe pelo calor.

O tratamento consiste em colocar o trabalhador em local frio e fazer a reposição hídrica e salina.

Prostração Térmica pelo Decréscimo do Teor Salino

Se o sal ingerido for insuficiente para compensar as perdas por sudorese, podemos sofrer uma prostração térmica. As pessoas mais suscetíveis são as não aclimatizadas.

A prostração térmica é caracterizada pelos sintomas: fadiga, tonturas, falta de apetite, náuseas, vômitos e câibras musculares.

Cãibras de Calor

Apresentam-se na forma de dores agudas nos músculos, em particular os abdominais, coxas e aqueles sobre os quais a demanda física foi intensa. Elas ocorrem por falta de cloreto de sódio, perdido pela sudorese intensa sem a devida reposição e/ou aclimatação.

O tratamento consiste no descanso em local fresco, com a reposição salina por meio de soro fisiológico (solução a 1%).

A reposição hídrica e salina deve ser feita com orientação e acompanhamento médico.

Enfermidades das Glândulas Sudoríparas

A exposição ao calor por um período prolongado e, particularmente, em clima muito úmido pode produzir alterações das glândulas sudoríparas, que deixam de produzir o suor, agravando o sistema de trocas térmicas e levando os trabalhadores à intolerância ao calor. Esses trabalhadores devem receber tratamento dermatológico e em alguns casos devem ser transferidos para tarefas em que não haja a necessidade de sudorese para a manutenção do equilíbrio térmico.

Edema pelo Calor

Consiste no inchaço das extremidades, em particular os pés e os tornozelos. Ocorre comumente em pessoas não aclimatizadas, sendo muito importante a manutenção do equilíbrio hídrico-salino.

2.5 Aclimatação

A aclimatação é a adaptação do organismo a um ambiente quente. Quando um trabalhador se expõe ao calor intenso pela primeira vez, tem sua temperatura interna significativamente elevada, com um aumento do ritmo cardíaco e baixa sudorese. Além de suar pouco, pode perder muito cloreto de sódio nesse suor. O indivíduo aclimatizado sua mais, consegue manter a temperatura do núcleo do corpo em valores mais baixos e perde menos sal no suor, mantendo também os batimentos cardíacos. A aclimatação ocorre por intermédio de três fenômenos:

- Aumento da sudorese
- Diminuição da concentração de sódio no suor (4,0 g/l para 1,0 g/l), sendo que a quantidade de sódio perdido por dia passa de 15 a 25 gramas para 3 a 5 gramas
- Diminuição da frequência cardíaca, por meio do aumento do volume sistólico, devido ao aumento da eficiência do coração no bombeamento em valores mais aceitáveis. A aclimatação é iniciada após quatro a seis dias e tende a ser satisfatória após uma a duas semanas. É o médico que deve avaliar se a aclimatação está satisfatória

O afastamento do trabalho por vários dias pode fazer com que o trabalhador perca parte da aclimatação; após três semanas a perda será praticamente total.

2.6 Correlacionando as Trocas Térmicas do Trabalhador com as Variáveis Físicas do Ambiente e da Tarefa

Para saber a respeito da sobrecarga térmica que pode estar ocorrendo numa exposição ocupacional, temos que conhecer as trocas térmicas envolvidas. Entretanto, essa medida direta é difícil ou pouco prática na maioria dos casos.

A solução será correlacionar tais trocas com as variáveis mensuráveis no ambiente e com o conhecimento da tarefa realizada.

Observe no quadro a seguir como cada troca se correlaciona com as variáveis do ambiente e com a tarefa.

QUADRO 1 – CORRELAÇÃO ENTRE AS TROCAS TÉRMICAS E AS VARIÁVEIS DO AMBIENTE

| PARÂMETRO TROCA | TEMPERATURA DO AR | VELOCIDADE DO AR | CARGA RADIANTE DO AMBIENTE | UMIDADE RELATIVA DO AR |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|
| CONVECÇÃO | XXX | XXX | ----- | ----- |
| RADIAÇÃO | ----- | ----- | XXX | ----- |
| EVAPORAÇÃO | XXX | XXX | ----- | XXX |
| METABOLISMO (*) | ----- | ----- | ----- | ----- |

XXX - interfere na troca ----- - não interfere na troca

(*) o metabolismo se relaciona diretamente com a atividade física da tarefa.

2.7 Parâmetros do Ambiente e da Tarefa que Devem Ser Obtidos

Como vimos, devemos obter:

- Temperatura do ar
- Velocidade do ar
- Carga radiante do ambiente
- Umidade relativa do ar
- Metabolismo, por meio da atividade física da tarefa

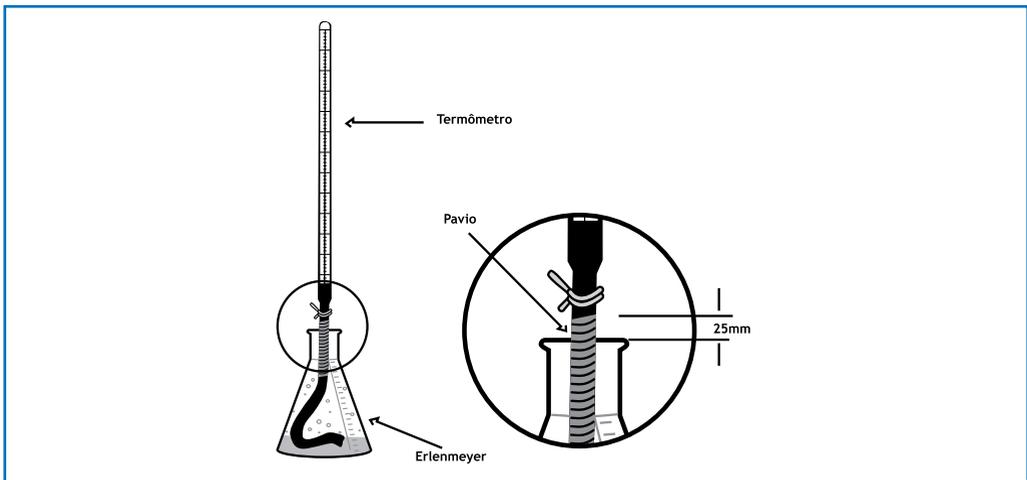
Finalmente, para chegarmos a um índice de sobrecarga térmica, necessitamos de sensores que sejam capazes de “sentir” os parâmetros acima, pois vimos que eles se relacionam com as trocas térmicas que influem na sobrecarga térmica do trabalhador.

Os sensores que veremos no índice que nos interessa, IBUTG, são:

Termômetro de Bulbo Seco – é um termômetro comum, cujo bulbo fica em contato com o ar. Teremos, dele, portanto, a temperatura do ar. Note que podem ser utilizados outros sensores similares aos termômetros de bulbo, como os termopares.

Termômetro de Bulbo Úmido Natural – é um termômetro cujo bulbo é recoberto por um pavio hidrófilo, o qual tem sua extremidade imersa em água destilada. Outros arranjos de sensores, pavios e reservatórios são possíveis, desde que se preserve uma boa aeração do bulbo e pelo menos 25 mm de pavio livre de qualquer obstáculo, a partir do início da parte sensível do termômetro.

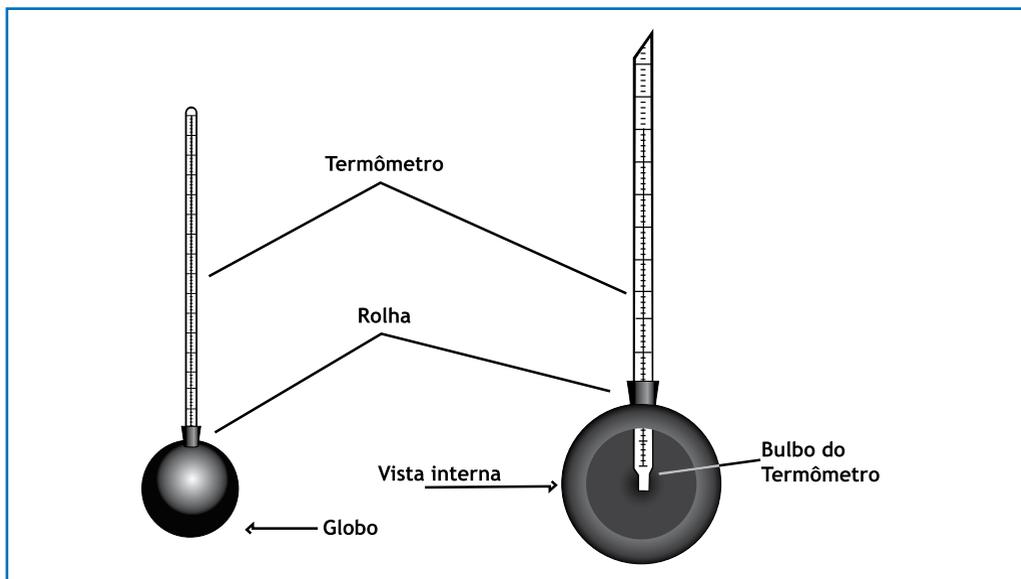
FIGURA 1 – TERMÔMETRO DE BULBO ÚMIDO NATURAL



Fonte: Fundacentro. NHT - 01C/E: norma para avaliação ocupacional ao calor. São Paulo, 1985

Termômetro de Globo – é um aparato que possui um termômetro (ou sensor equivalente) posicionado no centro de uma esfera oca de cobre de diâmetro de seis polegadas. A esfera é preenchida naturalmente com ar e a abertura é fechada pela rolha do termômetro. A esfera é pintada externamente de preto fosco, um acabamento altamente absorvedor da radiação infravermelha.

FIGURA 2 – TERMÔMETRO DE GLOBO



Fonte: Fundacentro. NHT - 01C/E: norma para avaliação ocupacional ao calor. São Paulo, 1985

No quadro a seguir, discutiremos a funcionalidade desses sensores para os nossos objetivos.

QUADRO 2 – PRINCÍPIOS DOS PRINCIPAIS SENSORES E PARÂMETROS QUE AFETAM SUA LEITURA

| SENSOR | PRINCÍPIO | PARÂMETRO DO AMBIENTE QUE AFETA SUA LEITURA | PECULIARIDADES E OBSERVAÇÕES |
|-----------------------------------|---|--|--|
| TERMÔMETRO DE BULBO SECO | Estabiliza com a temperatura do ar que circunda o bulbo. | ⌚ temperatura do ar | |
| TERMÔMETRO DE BULBO ÚMIDO NATURAL | A evaporação da água destilada presente no pavio refrigera o bulbo. | <ul style="list-style-type: none"> ⌚ temperatura do ar ⌚ velocidade do ar ⌚ umidade relativa do ar | <ul style="list-style-type: none"> ⌚ a temperatura do T_{bn} será sempre menor ou igual à temperatura do termômetro bulbo seco. ⌚ será igual quando a umidade relativa do ar for de 100%, pois o ar saturado não admite mais evaporação de água. Sem evaporação, não há redução da temperatura. |
| TERMÔMETRO DE GLOBO | A absorção da radiação infravermelha aquece o globo, que aquece o ar interno, que aquece o bulbo. Possui um tempo de estabilização de 20 a 30 minutos por essa razão. | <ul style="list-style-type: none"> ⌚ calor radiante no ambiente (fontes radiantes) ⌚ temperatura do ar ⌚ velocidade do ar | <ul style="list-style-type: none"> ⌚ a temperatura de globo será sempre maior que a temperatura de bulbo seco, pois sempre há uma carga radiante no ambiente; quando muito pequena, a diferença pode ser mascarada pela precisão dos sensores, podendo ser numericamente igual. ⌚ a esfera perde calor por convecção; portanto, seu diâmetro deve ser padronizado. |

Portanto, concluímos: um índice que leve em conta esses sensores pode ser afetado por todos os parâmetros do ambiente que interferem nas trocas térmicas do trabalhador.

3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E EXERCÍCIOS PRÁTICOS

3.1 Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo (IBUTG)

A sobrecarga térmica pode ser avaliada, entre outros, pelo índice chamado IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo), que também é o índice legal, conforme previsto na NR-15.

Esse índice deve ser medido pelos sensores que discutimos.

Tbs - Termômetro de bulbo seco

Tbn - Termômetro de bulbo úmido natural

Tg - Termômetro de globo

O IBUTG para ambientes internos sem carga solar é calculado a partir da medição de duas temperaturas: Tbn e Tg

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ Tbn} + 0,3 \text{ Tg}$$

Para ambientes externos com carga solar, o IBUTG é calculado a partir de três medições: Tbs, Tbn e Tg

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ Tbn} + 0,2 \text{ Tg} + 0,1 \text{ Tbs}$$

O IBUTG leva ainda em consideração o tipo de atividade desenvolvida (LEVE, MODERADA e PESADA), que pode ser avaliada por classe ou por tarefa (quantificando a tarefa em kcal/h), como veremos.

A legislação prevê um regime de trabalho (Trabalho/Descanso) em função do valor do IBUTG e do tipo de atividade para duas situações: regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local e regime de trabalho intermitente com descanso em outro local.

Os tempos de descanso são períodos trabalhados para todos os fins legais.

A determinação dos tipos de atividade por classes ou a quantificação de calor metabólico são dadas pelo Quadro 4.

QUADRO 3 – CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE ATIVIDADE EM REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE, COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL

| REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO | TIPO DE ATIVIDADE | | |
|---|-------------------|---------------|---------------|
| | LEVE | MODERADA | PESADA |
| Trabalho contínuo | Até 30,0 | Até 26,7 | Até 25,0 |
| 45 min trabalho 15 min descanso | 30,1 a 30,6 | 26,8 a 28,0 | 25,1 a 25,9 |
| 30 min trabalho 30 min descanso | 30,7 a 31,4 | 28,1 a 29,4 | 26,0 a 27,9 |
| 15 min trabalho 45 min descanso | 31,5 a 32,2 | 29,5 a 31,1 | 28,0 a 30,0 |
| Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle | Acima de 32,2 | Acima de 31,1 | Acima de 30,0 |

Fonte: BRASIL. MTE. NR-15: Atividades e operações insalubres

Neste caso, faz-se uma avaliação do ponto de trabalho, que é o mesmo local físico do ponto de descanso. Com os valores de T_{bn} e T_g , calculamos o IBUTG e, considerando o tipo de atividade, verificamos como nos situamos no Quadro 3. Pode ser possível trabalho contínuo, ou um regime de trabalho - descanso, ou não ser permitido trabalho sem medidas de controle.

É importante esclarecer que, utilizando-se a Tabela I do Anexo III da NR-15, temos:

- A aplicabilidade para “descanso no próprio local” deve ser entendida como esse descanso ocorre no MESMO PONTO FÍSICO EM QUE OCORRE O TRABALHO, e não no “mesmo recinto”. Significa que o trabalhador estará submetido ao “mesmo IBUTG” de quando trabalha. Quando há fontes radiantes, diferenças pequenas de posição (0,5 m a 1,0 m) podem mudar dramaticamente a temperatura de globo e o IBUTG.
- Se houver alteração do IBUTG, por alteração da posição física do trabalhador, a Tabela I não se aplica.
- São poucos os casos em que realmente seria aplicável a Tabela I.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso em Outro Local

Nesse caso, calculamos o IBUTG do ambiente de trabalho e o IBUTG do ambiente de descanso e, com esses valores, calculamos o IBUTG médio da atividade analisada, ponderado no tempo. Os tempos de trabalho e de descanso devem sempre somar 60 minutos, isto é, todas as considerações do índice se referem a análises sobre períodos de uma hora corrida, devendo ser essa hora a mais crítica da jornada. Calcula-se também o metabolismo médio e usa-se a Tabela II, que nos fornece o máximo valor do IBUTG médio ponderado admissível correspondente ao metabolismo médio ponderado da situação.

QUADRO 4 – TAXAS DE METABOLISMO POR TIPO DE ATIVIDADE (NR-15)

| TIPO DE ATIVIDADE | kcal/h |
|--|--------|
| SENTADO EM REPOUSO | 100 |
| TRABALHO LEVE | |
| Sentado, movimentos moderados com braços e tronco; exemplo: datilografia. | 125 |
| Sentado, movimentos moderados com braços e pernas; exemplo: dirigir. | 150 |
| De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, principalmente com os braços. | 150 |
| TRABALHO MODERADO | |
| Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas. | 180 |
| De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação. | 175 |
| De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação. | 220 |
| Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar. | 300 |
| TRABALHO PESADO | |
| Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar peso; exemplo: remoção com pá. | 440 |
| Trabalho fatigante. | 550 |

Fonte: Anexo 3, tabela 3 IN: BRASIL. MTE. NR-15: Atividades e operações insalubres

QUADRO 5 – IBUTG MÉDIO PONDERADO MÁXIMO PERMISSÍVEL, SEGUNDO O METABOLISMO MÉDIO PONDERADO (NR-15)*

| \bar{M} (kcal/h) | Max $\overline{\text{IBUTG}}$ (°C) |
|--------------------|------------------------------------|
| 175 | 30,5 |
| 200 | 30,0 |
| 250 | 28,5 |
| 300 | 27,5 |
| 350 | 26,5 |
| 400 | 25,5 |
| 500 | 25,0 |

em que:

$$\bar{M} = \frac{M_t \cdot T_t + M_d \cdot T_d}{60}$$

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{\text{IBUTG}_t \cdot T_t + \text{IBUTG}_d \cdot T_d}{60}$$

Fonte: Anexo 3, tabela 3 IN: BRASIL. MTE. NR-15: Atividades e operações insalubres

Sendo que:

\bar{M} = Taxa de metabolismo média ponderada para uma hora

$\overline{\text{IBUTG}}$ = IBUTG médio ponderado para uma hora.

T = Trabalho D = Descanso M = Metabolismo

Esta tabela foi complementada pela NHT de Calor da Fundacentro, de 1985, e também na sua atualização recente, com mais pontos, sendo baseada na mesma equação (curva) de correlação oriunda dos TLVs da ACGIH, que são a base do Anexo 3.

QUADRO 6 – TABELA DETALHADA DO LIMITE DE TOLERÂNCIA DO CALOR

| M (kcal/h) | Max IBUTG (°C) | M (kcal/h) | Max. IBUTG (°C) |
|------------|----------------|------------|-----------------|
| 125 | 32,0 | 268 | 28,4 |
| 128 | 31,9 | 272 | 28,3 |
| 132 | 31,8 | 277 | 28,2 |
| 136 | 31,7 | 282 | 28,1 |
| 139 | 31,6 | 286 | 28,0 |
| 143 | 31,5 | 290 | 27,9 |
| 146 | 31,4 | 295 | 27,8 |
| 150 | 31,3 | 299 | 27,7 |
| 154 | 31,2 | 303 | 27,6 |
| 157 | 31,1 | 307 | 27,5 |
| 162 | 31,0 | 311 | 27,4 |
| 165 | 30,9 | 316 | 27,3 |
| 169 | 30,8 | 321 | 27,2 |
| 173 | 30,7 | 327 | 27,1 |
| 176 | 30,6 | 333 | 27,0 |
| 181 | 30,5 | 338 | 26,9 |
| 184 | 30,4 | 344 | 26,8 |
| 188 | 30,3 | 350 | 26,7 |
| 192 | 30,2 | 356 | 26,6 |
| 196 | 30,1 | 361 | 26,5 |
| 200 | 30,0 | 367 | 26,4 |
| 204 | 29,9 | 373 | 26,3 |
| 209 | 29,8 | 379 | 26,2 |
| 213 | 29,7 | 385 | 26,1 |
| 218 | 29,6 | 391 | 26,0 |
| 222 | 29,5 | 397 | 25,9 |
| 227 | 29,4 | 400 | 25,8 |
| 231 | 29,3 | 406 | 25,7 |
| 236 | 29,2 | 416 | 25,6 |
| 240 | 29,1 | 425 | 25,5 |
| 244 | 29,0 | 434 | 25,4 |
| 247 | 28,9 | 443 | 25,3 |
| 250 | 28,8 | 454 | 25,2 |
| 259 | 28,6 | 470 | 25,1 |
| 263 | 28,5 | - | - |

Fonte: Fundacentro. Norma de higiene ocupacional NHO 6: avaliação da exposição ocupacional ao calor. 2002

3.2 Exercícios Práticos (Resolvidos)

Exercício Resolvido 1

Trabalho e Descanso no Próprio Local

Um operador de forno carrega a carga em 3 minutos, a seguir aguarda por 4 minutos o aquecimento da carga, sem sair do lugar, e gasta outros 3 minutos para a descarga. Este ciclo de trabalho é continuamente repetido durante a jornada de trabalho. No levantamento ambiental, obtivemos os seguintes valores:

$$T_g = 35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{bn} = 25^{\circ}\text{C}$$

O tipo de atividade é considerado como moderado.

Resposta:

Cada ciclo de trabalho é de 10 minutos; portanto, em uma hora teremos 6 ciclos, e o operador trabalha $6 \times 6 = 36$ minutos e descansa $4 \times 6 = 24$ minutos.

Como o ambiente é interno, sem incidência solar, o IBUTG será:

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bn} + 0,3T_g$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \times 25 + 0,3 \times 35$$

$$\text{IBUTG} = 28,0^{\circ}\text{C}$$

Consultando-se o quadro I da NR-15, anexo 3, verificamos que o regime de trabalho nesse caso deve ser de 45 minutos de trabalho e 15 minutos de descanso, a cada hora, para que não haja sobrecarga térmica. Como o operador trabalha somente 36 minutos e descansa 24 minutos, a sobrecarga térmica é considerada aceitável.

QUADRO 7 – CLASSIFICAÇÃO DA ATIVIDADE EM RELAÇÃO AO REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO

| REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO | TIPO DE ATIVIDADE | | |
|---|-------------------|---------------|---------------|
| | LEVE (°C) | MODERADA (°C) | PESADA (°C) |
| Trabalho contínuo | Até 30,0 | Até 26,7 | Até 25,0 |
| 45 min trabalho 15 min descanso | 30,1 a 30,6 | 26,8 a 28,0 | 25,1 a 25,9 |
| 30 min trabalho 30 min descanso | 30,7 a 31,4 | 28,1 a 29,4 | 26,0 a 27,9 |
| 15 min trabalho 45 min descanso | 31,5 a 32,2 | 29,5 a 31,1 | 28,0 a 30,0 |
| Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle | Acima de 32,2 | Acima de 31,1 | Acima de 30,0 |

Fonte: NR-15, Anexo 3

Exercício Resolvido 2
Regime de Trabalho com Descanso em Outro Local

Um operador de forno demora 3 minutos para carregar o forno, a seguir aguarda o aquecimento por 4 minutos, fazendo anotações em um local distante do forno, para depois descarregá-lo durante 3 minutos. Verificar qual o regime de trabalho/descanso.

Nesse caso, temos duas situações térmicas diferentes, uma na boca do forno e outra na segunda tarefa. Temos, portanto, de fazer as medições nos dois lugares.

Local 1
(TRABALHO)

$T_g = 54^{\circ}\text{C}$

$T_{bn} = 22^{\circ}\text{C}$

Atividade metabólica $M = 300 \text{ kcal/h}$

Máximo IBUTG Médio Ponderado Permissível - NR-15

| M (kcal/h) | Máximo IBUTG |
|------------|--------------|
| 175 | 30,5 |
| 200 | 30,0 |
| 250 | 28,5 |
| 300 | 27,5 |
| 350 | 26,5 |
| 400 | 26,0 |
| 450 | 25,5 |
| 500 | 25,0 |

Resposta:

Calculando-se o IBUTG de trabalho = $0,7 \times 22 + 0,3 \times 54$

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad (\text{IBUTG})_t = 31,6^\circ\text{C}$$

Local 2 $T_g = 28^\circ\text{C}$

(DESCANSO) $T_{bn} = 20^\circ\text{C}$

$$M = 125 \text{ kcal/h}$$

Calculando-se o IBUTG de descanso = $0,7 \times 20 + 0,3 \times 28$

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad (\text{IBUTG})_d = 22,4^\circ\text{C}$$

Temos de calcular o IBUTG médio e o Metabolismo médio, que será a média ponderada entre o local de trabalho e o de descanso.

O tempo de trabalho no ciclo é de 6 minutos e o de descanso de 4 minutos. Como os ciclos se repetem, em uma hora teremos, portanto, 6 ciclos de 10 minutos cada um. Teremos em uma hora 36 minutos de trabalho e 24 minutos de descanso.

O IBUTG médio será:

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{31,6 \times 36 + 22,4 \times 24}{60}$$

$$\overline{\text{IBUTG}} = 27,9^\circ\text{C}$$

$$\overline{M} = \frac{300 \times 36 + 125 \times 24}{60}$$

$$\overline{M} = 230 \text{ Kcal/h}$$

Consultando o quadro do máximo IBUTG médio ponderado permissível para o metabolismo médio de 230 kcal/h da legislação (não encontramos esse valor, adotamos o valor de 250 kcal/h a favor da segurança), encontramos o valor de 28,5°C. Como o IBUTG médio calculado foi de 27,9°C, concluímos que esse ciclo de trabalho é compatível com as condições térmicas existentes.

A tabela mais completa do Quadro 6, oriunda da mesma curva que originou a do anexo e publicada pela Fundacentro (NHT sobre calor, ano de 1985), em que encontraremos, para um metabolismo médio de 231 Kcal/h, um máximo IBUTG de 29,3°C, dando também conformidade para a situação (sobrecarga térmica aceitável).

3.3 Generalização da Fórmula de Cálculo

A fórmula básica apresentada na legislação pode ser generalizada para uma seqüência de situações térmicas ao longo de um ciclo, e não apenas duas situações (trabalho e descanso).

Cada ciclo pode ter “n” situações térmicas e “m” taxas metabólicas (atividades) distintas, e o cálculo do IBUTG médio ponderado, assim como do metabolismo médio ponderado, se dará da mesma maneira.

Estudamos sempre o pior intervalo de 60 minutos corridos que pode ocorrer na jornada.

Desaparece o conceito de trabalho/descanso: cada fase do ciclo ou do período de 60 minutos estudado vai agravar ou atenuar a fase anterior, resultando ao final o par de parâmetros médio ponderado, a ser verificado contra o Quadro II ou a tabela mais completa da Fundacentro.

A seguir, apresentamos um exemplo de generalização, assim como o estudo feito, buscando-se a pior hora de trabalho.

QUADRO 8 – EXEMPLO DE GENERALIZAÇÃO PARA ENCONTRAR A HORA CRÍTICA: TRABALHO DE FORNO E FORJA

| Ponto | Tbn (C) | Tg (C) | M (kcal/h) | Etapa | Tempo (min) |
|-------|---------|--------|------------|------------------|-------------|
| 1 | 24,4 | 48,6 | 365 | Carga do forno | 10 |
| 1 | 24,4 | 48,6 | 275 | Ajustes | 30 |
| 2 | 18,4 | 38,0 | 125 | Forja lado norte | 40 |
| 3 | 19,8 | 37,4 | 125 | Sul | 40 |
| 4 | 20,0 | 36,6 | 150 | Rebarbação | 40 |

Fonte: FANTAZZINI, 1985

1ª TENTATIVA, CICLO C/20 MIN DA FASE 2

| Ponto | Tbn (C) | Tg (C) | M (kcal/h) | Etapa | Tempo (min) |
|-------|---------|--------|------------|------------------|-------------|
| 1 | 24,4 | 48,6 | 365 | Carga do forno | 10 |
| 1 | 24,4 | 48,6 | 275 | Ajustes | 30 |
| 2 | 18,4 | 38,0 | 125 | Forja lado norte | 20 |

$M_p = 240 \text{ kcal/h}$ e $IBUTG_p = 29,2^\circ \text{ C}$ ($IBUTG_{\text{máx}} = 28,8^\circ \text{ C}$)

2ª TENTATIVA, CICLO C/20 MIN DA FASE 4

$M_p = 248 \text{ Kcal/h}$ e $IBUTG_p = 29,5^\circ \text{ C}$ ($IBUTG_{\text{máx}} = 28,8^\circ \text{ C}$)

| Ponto | Tbn (C) | Tg (C) | M (kcal/h) | Etapa | Tempo (min) |
|-------|---------|--------|------------|----------------|-------------|
| 4 | 20,0 | 36,6 | 150 | Rebarbação | 20 |
| 1 | 24,4 | 48,6 | 365 | Carga do forno | 10 |
| 1 | 24,4 | 48,6 | 275 | Ajustes | 30 |

Limite de tolerância ultrapassado. Situação insalubre CF. NR15

4 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO - CALOR

| TÓPICO | ITEM | DETALHAMENTO | OBSERVAÇÕES |
|------------------------------------|------------|--|--|
| 1. Cuidados gerais (Em escritório) | Calibração | <ul style="list-style-type: none"> • Registro de calibração externa • Sensor de verificação de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Manter registro para relatórios e auditorias • Não é um calibrador, atua apenas na eletrônica |

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|--|--|--|
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Baterias • Acessórios (cabos de extensão, carregadores de baterias, papel alumínio, calibradores) • Ferramentas • Folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Fazer uma listagem de equipamentos a serem levados (por tipo de agente e tipo de avaliação) |
| 2. Revisão instrumental (Em campo) | <ul style="list-style-type: none"> • Verificação de campo (sensor) • Condições de sensores • Carga de baterias • Comportamento geral | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar se a eletrônica está íntegra |
| 3. Avaliação (Montagem, posicionamento e cuidados) | <ul style="list-style-type: none"> • Posição do conjunto desensores • Alinhamento horizontal e vertical • Condições de sensores • Cabo de extensão • Sombreamento infravermelho • Proteção do leitor | <ul style="list-style-type: none"> • Máxima proximidade possível do ponto onde está o trabalhador, compatível com a segurança do mesmo e do equipamento; pode substituir fisicamente o operador • Dos bulbos ou da parte ativa dos sensores, na montagem tradicional • Verificar estado geral e resposta • O cabo é fundamental nesta avaliação • Nenhum sensor pode ficar na sombra de fontes radiantes significativas • Se o leitor não possuir cabo de extensão, deve ser protegido com papel alumínio. Devido a essa reflexão sobre os sensores, a medição será aproximada, a favor da segurança (superestima a fonte) |

Continua

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|-------------------------------|--|--|
| 4. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de funções • Reconhecimento de fontes • Reconhecimento de tarefas e ciclos de trabalho • Identificação de possíveis pontos de descanso térmico | <ul style="list-style-type: none"> • Cada função diferenciada é um estudo de calor • Em geral, as fontes radiantes relevantes são a base da severidade ambiental • Para cada função, identifique os ciclos, com locais físicos e tarefas • Facilitará o estudo de adequação das exposições e recomendações para a empresa. Avalie esses pontos |
| 5. Outros cuidados de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Interferências: eletromagnética • Exatidão do ponto de medição • Permanência do operador • Verificação de dia típico • Verificação de condições anormais | <ul style="list-style-type: none"> • Reduzindo ou eliminando o estímulo ao sensor pode-se verificar a interferência • Junto a fontes radiantes, frações de metros significam alterações de IBUTG • O conjunto sensor pode substituir o operador, para maior representatividade • Atentar para a habitualidade das condições de exposição • Anotar quando for o caso |
| 6. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Equipamento com número de série • Registro de calibração • Registro da função amostrada • Definição do ciclo de trabalho, com registro de tarefas e de tempos por tarefa • Registro das atividades (metabolismo) e tempo em cada uma • Registro de condições anormais • Nome do amostrado • Função do amostrado • Registro do epi, estado de conservação • Registro de confiabilidade das medições | |

AVALIAÇÃO DE CICLO DE EXPOSIÇÃO DE UMA FUNÇÃO (FRENTE)

FOLHA DE CAMPO - CALOR

| ORDEM | ITEM | DADO / DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
|-------|--|--|-------------|
| 1. | Nome do técnico | | |
| 2. | Dia, hora, turno | | |
| 3. | Equipamento com número de série | | |
| 4. | Registro de calibração | | |
| 5. | Registro da função amostrada | | |
| 6. | Definição do ciclo de trabalho, com registro de tarefas e de tempos por tarefa | Ver parte de dados desta folha (verso) | |
| 7. | Registro das atividades (metabolismo) e tempo em cada uma | | |
| 8. | Registro de condições anormais, condições sazonais, estação do ano etc. | | |
| 9. | Nome do amostrado | | |
| 10. | Função do amostrado | | |
| 11. | Registro do EPI, estado de conservação | | |
| 12. | Registro de confiabilidade das medições | | |

AVALIAÇÃO DE CICLO DE EXPOSIÇÃO DE UMA FUNÇÃO (VERSO)

| ORDEM | FASE | DESCRIÇÃO | TEMPO (min) | T _{bn} °C | T _{bs} °C | T _g °C | IBUTG °C | M Kcal/h | OBS. |
|-------|-------|-----------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------|----------|----------------------------------|
| 1. | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | | |
| 6. | | | | | | | | | |
| 7. | | | | | | | | | |
| 8. | | | | | | | | | |
| 9. | | | | | | | | | |
| 10. | | | | | | | | | |
| 11. | IBUTG | | | | | | | | VALOR MÉDIO PONDERADO NO CICLO = |
| 12. | M | | | | | | | | VALOR MÉDIO PONDERADO NO CICLO = |

5 ASPECTOS DE CONTROLE

5.1 Raciocínio Geral

A Sobrecarga Térmica:

- ocorre porque o organismo acumula mais calor do que tem chance de dissipar
- há um ganho líquido excessivo de calor (sobrecarga térmica inaceitável)

O ganho de calor pelo organismo em qualquer situação é composto de duas parcelas, como vimos:

- Calor ambiental (estimado pelo IBUTG)
- Calor metabólico (gerado pela atividade física), portanto, COMO ADEQUAR A EXPOSIÇÃO?

São dois os caminhos:

- Tornando o ambiente mais ameno
- Tornando a tarefa menos crítica

Os principais aspectos dessas ações serão revisados a seguir.

5.2 Ação Sobre o Ambiente

Atuando nas Fontes de Calor:

- BLINDANDO AS FONTES RADIANTES — as fontes radiantes podem ser blindadas (encerradas), cuidando-se para que os revestimentos sejam de baixa re-radiância. A superfície final que faz fronteira com o ambiente deveria ser de um material de baixa emissividade infravermelha. Os metais polidos fazem esse papel, sendo o mais prático o alumínio polido. Dessa forma, as fontes emitem menos calor, e, portanto, perdem menos calor para o ambiente; melhor ainda, gasta-se menos energia nos processos. É uma economia para a empresa e um benefício para o trabalhador.

- REDUZINDO A ÁREA EXPOSTA DA FONTE – quanto menor a área exposta da fonte radiante, menor a emissão para o ambiente.
- REDUZINDO TEMPERATURAS DE TRABALHO – quanto menor a temperatura da fonte, menor a emissão. Esta é uma tarefa de difícil realização prática, mas deve ser lembrada para os poucos casos em que é possível.
- ELIMINANDO TODA PERDA OU GERAÇÃO DESNECESSÁRIA DE CALOR PARA O AMBIENTE – em muitos ambientes industriais há perdas de calor desnecessárias, que irão aumentar a carga térmica existente. Vazamentos de vapor, processos “não atendidos” por pessoas que poderiam ser deslocados para o exterior e outras situações semelhantes.

Atuando no Meio de Propagação:

- Com barreiras refletivas entre a fonte e o trabalhador, sendo a melhor opção o alumínio polido. A refletância é bastante alta (maior que 95%) e os resultados são muito bons.
- Maximizando a distância fonte-trabalhador, pois quanto maior a distância até a fonte, menor a irradiação infravermelha. Poucos metros podem fazer muita diferença.
- Afastando todas as rotinas possíveis das fontes mais intensas – muitas tarefas são feitas próximas de fontes desnecessariamente.
- Aumentando a velocidade do ar sobre o trabalhador (idealmente, enquanto a temperatura de bulbo seco do ambiente for menor que 35° C).
- Reduzindo, por trocas de ar, a umidade relativa do ambiente, nos locais com alta umidade, permitindo a evaporação do suor.

5.3 Tornando a Tarefa Menos Crítica

- *Reduzindo a Carga Metabólica Envolvida*
 - Evitando trabalho braçal direto
 - Mecanizando a tarefa
 - Realizando tarefas em duplas
 - Evitando o subir e descer de escadas
 - Reduzindo o peso unitário das cargas

- *Ajustando os tempos de exposição nas fases críticas*
- *Introduzindo pausas de descanso térmico*
- *Seguindo os estudos de tempo do IBUTG*

5.4 Considerações além do IBUTG

- *A ACGIH vem enfatizando nos últimos anos o monitoramento da sobrecarga orgânica ou fisiológica, que é a consequência da sobrecarga térmica.*
- *A NR-15 prevê apenas o IBUTG, mas o higienista deve atuar em conjunto com a área médica na implementação das recomendações gerais da ACGIH.*
- *É recomendável prever a implantação de uma rotina administrativa de controle dos incidentes de calor nas empresas com sobrecarga térmica severa.*

Exemplos de considerações da ACGIH e de outras diretrizes quanto ao calor:

Condições que Exigem Avaliação do Higienista, Supervisão Médica e Práticas Especiais de Gestão

- Intensa atividade física e carga radiante
- Trabalho extenuante onde o ritmo é ditado pelo processo
- Trajes que impedem a evaporação do suor
- Histórico pessoal de doenças do calor

Reposição de Líquidos

- Encorajar consumo mesmo sem sede >> pequenas quantidades a cada 15/20 minutos
- Bebe-se mais (maior quantidade) se as bebidas tiverem sabor do que água pura
- Evitar café e bebidas gaseificadas

Busca de Auxílio Médico

- Aos primeiros sintomas, descansar e tomar líquidos
- Persistindo por mais de 15 minutos, buscar ajuda médica
- Ninguém deve ser impedido de buscar ajuda médica se desejar

Condições Limitantes e Alerta de Emergência

Se o limite de exposição estiver ultrapassado ou estiverem em uso trajes impermeáveis, interromper a exposição se:

- $F_c > 160$ para menores de 35 anos (F_c - frequência cardíaca)
- $F_c > 140$ para maiores de 35 anos
- Excreção de sódio urinário menor que 50 mmoles em 24 horas
- Quando o grupo tem queixas de sudorese e fadiga severas, náuseas, vertigem ou tontura

Alerta de Emergência Médica

- A pessoa aparenta estar desorientada e confusa
- Irritabilidade, mal-estar
- Se a sudorese parar e a pele se tornar seca e quente → Acionar o Serviço Médico, adotar primeiros socorros e providenciar hospitalização

6 CALOR EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

CAL – 1

Devemos considerar insalubre a situação quando o IBUTG ultrapassar o limite de tolerância, devido à exposição a céu aberto, não havendo nenhuma outra fonte de calor?

Resposta: Sim. Se for excedido o limite de tolerância, caracteriza-se a insalubridade. Não há nenhuma exclusão na legislação trabalhista quanto a fontes de calor naturais ou artificiais.

CAL – 2

Para fins de PPRA existe nível de ação para calor?

Se sim, qual?

(Cleber O. Sarmiento – Juiz de Fora/MG)

Resposta: Prezado Cleber, o único agente físico que possui nível de ação definido é o ruído. Na comunidade européia, há agentes físicos, além do ruído, com nível de ação demarcado, mas não conheço nada com relação ao calor, nem me parece fácil que se consiga, pelas características do índice e da exposição.

CAL – 3

Para medir a temperatura de bulbo úmido natural com instrumento digital, existe algum cuidado adicional em relação à circulação/ velocidade do ar (fazendo uma analogia ao termômetro de mercúrio? distância entre base do bulbo e boca do recipiente = 25 mm)?

Resposta: Os instrumentos digitais em geral atendem ao requisito de se ter o bulbo do Tbn com boa circulação de ar, embora não se possa dizer que a distância de 25 mm seja sempre respeitada.

CAL – 4

Na tabela da NR-15, anexo 3, no quadro do tipo de atividade *versus* kcal/h, caso eu obtenha uma taxa de metabolismo média de 370 kcal/h, devo considerar uma atividade moderada ou pesada?

(Engenheiro Roberto – DR/PR)

Resposta: Se for usado o quadro 1, deveria ser considerada pesada, pois o maior valor moderado é de 300 kcal/h. Usando o quadro 2, o valor exato seria usado, obtendo-se uma melhor avaliação da situação de exposição. A propósito, de onde foi obtido o valor de 370 kcal/h? Se foi de uma tabela mais completa, use a metodologia do quadro 2.

CAL – 5

Quais os critérios adotados para a definição dos pesos de 10%, 20%, 30% e 70% utilizados nas fórmulas de avaliação ocupacional ao calor com e sem carga solar?

Resposta: O índice foi definido assim e os critérios devem ser pesquisados na bibliografia de sua criação, no ano de 1957. Para obter essa referência, pesquise na biblioteca do Centro Técnico Nacional da Fundacentro.

Existem critérios diferentes para ambientes insalubres em relação ao calor para o Ministério do Trabalho e INSS?

(DR/PB)

Resposta: Sim, há diferenças. Em certo período, o INSS só aceita exposição ao calor como atividade especial para fins de aposentadoria quando for fonte artificial. É a regra da Previdência.

CAL – 6

As medições efetuadas com o termômetro digital TD-200 da Instrutherm são válidas?

Resposta: Eu não conheço em detalhes o equipamento, mas se possuir globo negro de seis polegadas e as demais características atenderem ao exposto quanto aos sensores, não há por que não considerar tecnicamente válidas as medições.

Em sua explanação, o Senhor citou que o IBUTG é um índice. Perguntamos: Índice de quê? E qual é a temperatura ambiente?

(DR/AL)

Resposta: IBUTG é o índice de bulbo úmido - termômetro de globo. A chamada “temperatura ambiente” é dada pelo termômetro de bulbo seco, ou seja, um termômetro de mercúrio comum, que é um dos componentes do IBUTG, quando há carga solar direta. Veja a NR-5, anexo 3.

CAL – 7

Como posso desconsiderar o Quadro I (como o senhor recomendou) se o exemplo que o senhor forneceu caracteriza trabalho contínuo e a maioria dos trabalhos e fábricas se enquadram nessa modalidade?

(Vera do DR/CE)

Resposta: Prezada Vera, a resposta já foi dada ao vivo. Não se trata de desconsiderar, mas evitar o uso, pois é desfavorável ao trabalhador e à empresa. O uso do Quadro II permite otimização dos tempos de trabalho e descanso, e o trabalhador descansa em ambiente mais ameno.

Nesse sentido, devo discordar de que na maioria das fábricas existe a modalidade do Quadro I, pois este trata o descanso no mesmo local físico (mesmo ponto físico onde se permanece imóvel). Ainda que o trabalhador não deixe o recinto, o fato de se mover pelo ambiente, pelo menos um metro, já desabilita o Quadro I e permite o uso do Quadro II, pois o IBUTG variará. Este é o ponto que se deve enfatizar.

CAL – 8

Em outro momento, tive oportunidade de ver a taxa de metabolismo sendo definida a partir de gráfico e batimento cardíaco. O que dizer desse método?

(DR/PE)

Resposta: Pode haver outros métodos, como, por exemplo, o consumo de oxigênio, e o seu uso em princípio não é proibido ou inválido, mas não são práticos no uso industrial.

CAL – 9

Na avaliação de um ambiente (casa de máquinas) de uma empresa, após serem adotadas várias medidas de melhoria, como sistema de exaustão, obteve-se um índice de 43°C. Qual sugestão você daria para solucionar esse problema, tendo em vista que já foram adotadas todas as possibilidades (conhecidas) de redução e, mesmo assim, continua com um índice muito elevado?

(Engenheiro Pedro Carvalho – DR/RO)

Resposta: Este caso será usado como modelo de discussão para a parte do controle de calor. Por favor, procure providenciar o máximo de informações sobre esse local para que se possa discutir em aula. Uma foto pode ajudar. Obrigado.

CAL – 10

O que é conforto e calor, de acordo com a NR-17?

(Mirian – DR/SP)

Resposta: Prezada Mirian, a NR-17 trata do conforto térmico com outro índice, chamado temperatura efetiva. Não existe correlação universal desse índice com o IBUTG, sendo que cada um deve ser usado no seu contexto e com o seu critério e aceitabilidade. No caso da temperatura efetiva, o valor aceito para conforto é que se situe na faixa de 20 graus Celsius a 23 graus Celsius.

CAL – 11

Calor e alta velocidade do ar, termômetro de Globo diâmetro IBUTG 30, é uma situação séria?

(Antonio Lima – DR/SP)

Resposta: Prezado Antonio, o único dado que foi citado é o IBUTG, que resulta de todos os parâmetros do ambiente, incluindo temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar e calor radiante. Já está tudo considerado no índice.

Mas, para saber se é sério, devemos também saber qual a atividade física do trabalhador, ou seja, o metabolismo. Com esse dado, usando o Quadro I ou o Quadro II, pode-se saber se a sobrecarga térmica causada pela exposição é aceitável.

CAL – 12

Eu posso montar o termômetro e esperar a estabilização do aparelho conforme pedido no manual e ir até a fonte com os termômetros e fazer a medição?

O aparelho é Instrutherm TG 200.

Resposta: Não. Você deve esperar a estabilização no ponto de medição.

CAL – 13

Gostaríamos de sugestões para o devido controle da exposição ao agente calor, nas diversas situações como caldeiras, padarias, cerâmicas, digestores e etc.

(SESI – DR/AC)

Resposta: Prezados amigos do DR/AC, analisem as sugestões da aula de controle de calor, vendo onde e em que circunstâncias se aplicariam as atividades que vocês citaram. Não existe “receita de bolo” para o controle, é necessário analisar as fontes e os ambientes e verificar quais as medidas de controle que se aplicam. É tarefa do técnico analisar as situações de trabalho e aplicar os conhecimentos. Façam suas sugestões e elas serão comentadas.

CAL – 14

Gostaria que me respondesse às seguintes dúvidas: em relação ao agente calor, eu posso montar o termômetro, esperar a estabilização do aparelho conforme pedido no manual e ir até a fonte com os termômetros e fazer a medição?

O aparelho é Instrutherm TG 200.

Resposta: Pergunta já respondida, é necessário que o instrumento estabilize no ponto de medição.

CAL – 15

Gostaria de saber também se o TG 200 pode ser colocado próximo da fonte de calor. Existe o risco de danificar o visor do aparelho? Ele suporta até quantos graus? Eu poderia medir dentro de um forno de cerâmica em que o trabalhador fica em média oito minutos?

Resposta: Como foi alertado em aula, o instrumento (parte de eletrônica e de leitura) deve ficar afastado de fontes intensas de calor radiante. Para isso devem ser adquiridos cabos de extensão, que são disponíveis pelos fabricantes como acessórios. Somente os sensores devem ficar no ponto de medição. Em ambientes moderados e sem carga radiante excessiva, o equipamento poderia suportar, mas ainda assim estaríamos aquecendo a parte eletrônica, podendo haver erros. Se for necessário proteger o leitor, envolva-o em papel alumínio, abrindo o embrulho para fazer as leituras.

CAL – 16

Perdoe-me caso a pergunta não se aplique à disciplina. Eu compreenderei. Entretanto, essa dúvida persegue-me constantemente quando vou realizar as medições de calor em uma empresa que não possui fontes artificiais e os resultados encontrados excedem o LT estabelecido pela NR-15. Nesse caso, a empresa deve pagar a insalubridade, o que implica o pagamento adicional de 6%, 9% ou 12% (INSS, por meio da informação que a empresa é obrigada a fornecer – GFIP/GPS), adicionais esses que serviriam para custear a possível aposentadoria precoce. Entretanto, quando o empregado exposto à condição descrita for pleitear a aposentadoria especial, o INSS não considerará esse direito, pois ele não estava exposto a fontes artificiais. Essa descrição longa foi necessária para que o senhor compreendesse a real situação e, se possível, indicasse bibliografia que esclareça a questão.

(Obrigada, Vera)

Resposta: Analise você mesma, usando o Quadro II. Determine a taxa metabólica dessa atividade. Como não há outra tarefa (pelo exposto), então já será o metabolismo médio ponderado. Para esse valor, veja o máximo IBUTG médio permitido (Quadro II) e compare com o seu valor medido. Para melhorar essa situação de sobrecarga térmica, se excessiva, seria necessário adotar uma ou mais das medidas de controle dadas na aula. O que você sugeriria? Faça suas considerações e elas serão comentadas.

CAL – 17

Existem muitos fatores que influem no cálculo do IBUTG. O ciclo de trabalho e a taxa de metabolismo são dois exemplos: o ciclo geralmente é estimado, podendo oscilar para mais ou para menos. O tipo de atividade é “escolhido” pelo avaliador, mas a atividade que eu considero como Moderada, pode ser Pesada para outro avaliador. O local de posicionamento do equipamento, como foi dito, deve ficar próximo, sem atrapalhar ou correr o risco de ser danificado, gerando, portanto, erro. Assim, não é muito preciosismo considerar inadequado o uso do aparelho automático?

(Éldio/SC)

Resposta: Os fatos que você comenta tratam do que se chama julgamento profissional. Com a experiência, o técnico pode fazer boas estimativas, deixando a margem de erro sempre a favor do trabalhador.

Mas, no caso do equipamento, trata-se de um sensor fora de norma e que erra contra o trabalhador. Assegurar-se de uma medição correta, quando se sabe que o erro será contra o trabalhador, não é preciosismo, é ética.

CAL – 18

Com calor radiante e altas velocidades do ar, pode haver uma diferença de até 8°C na leitura do Tg, que é agravado por subestimar o IBUTG? Favor explicar a consequência.

(Antonio de Lima – DR/SP)

Resposta: O erro do globo de duas polegadas é para menos, subestima-se o Tg em até 8 graus, e, portanto, o IBUTG em até 2,4 graus. Se o índice é menor que o real, então é contra o trabalhador e pode registrar uma situação como aceitável quando em realidade não é.

CAL – 19

Existe tabela de conversão de termômetro de globo de duas polegadas para seis polegadas?

(DR/MS)

Resposta: Não existe, pois para fazer a correção é preciso conhecer a velocidade do ar e o valor do globo de seis polegadas também (veja no material didático). Sem chance.

CAL – 20

Sendo o amianto bom absorvedor de calor, por que se utilizar dele para a proteção individual?

(Fátima Passos)

Resposta: Prezada Fátima, o amianto é usado como bom isolante térmico, ou seja, oferece proteção ao contato com objetos quentes. Mas ele é um bom absorvedor de infravermelho, produzindo aquecimento e aumentando a sobrecarga térmica. Se você não necessita de proteção ao contato, então evite o amianto nos EPIs.

CAL – 21

Não havendo o termômetro, é possível usar o termômetro úmido e seco para avaliação da temperatura efetiva?

(Rinaldo de Sousa Vilela – MS)

Resposta: Não, pois a temperatura efetiva requer o termômetro de bulbo úmido, que existe nos psicrômetros, no qual a velocidade do ar sobre o bulbo deve ter um valor mínimo.

Um termômetro do IBUTG, de bulbo úmido natural, tem a velocidade do ar não induzida, ou seja, natural, como o nome diz, e não serve para essa medição.

CAL – 22

Os medidores eletrônicos são fabricados dentro da Norma ISO 7243 de 1989 e na sua página vemos o seguinte:

“Qualquer dispositivo pode ser usado para medição de temperatura de globo, desde que seja feita a calibração antes da medição e que a precisão seja de, no máximo, 0,5°C.”

No manual do equipamento da Quest temos:

“Sensor bar Used in the QT area heat-stress monitors, a sensor bar is a set of three sensors:

*Natural wet bulb thermometer*Indicates the effects of humidity on an individual. Relative humidity and wind speed are taken into account by measuring the amount of evaporative cooling taking place at a thermometer covered with a moistened wick.

*Globe thermometer*Indicates the radiant heat exposure to an individual due to either direct light or hot objects in the environment. This is accomplished by placing a temperature sensor inside a blackened copper sphere and measuring the temperature rise.

Dry bulb thermometer measures the ambient air temperature. This measurement is used in the outdoor WBGT calculation when a high solar radiant heat load might be present.

The QT area heat stress monitors have three sensor bars (one default; two optional). You can use these for simultaneous monitoring of up to three sensor arrays. The data from these arrays can be analyzed separately or combined into a weighted average WBGT reading according to ISO 7243.”

Portanto:

Na legislação vigente (NR-15) não se especifica como equipamento a ser usado só o IBUTG.

A NHO é um critério técnico que não coincide com o legal.

- 1) É correto?
- 2) Qual a consequência?
- 3) Existe outro país onde os equipamentos eletrônicos são usados com o Tg com seis polegadas?

(Paulo Sergio Alguin – SESI/SP)

Resposta: Não me recordo em detalhes da norma ISO, mas ela deve se ater apenas ao diâmetro do globo, deixando em aberto o tipo de sensor interno.

AACGIH dizia em versões anteriores dos TLVs® que “qualquer sensor que responda similarmente a um termômetro de mercúrio é considerado aceitável”. Hoje, esta parte deve estar contemplada na documentação dos TLVs®.

Quanto ao tipo de sensor (termômetro, termopar), realmente é tecnicamente indiferente.

Quanto à questão do diâmetro não se pode admitir que a resposta é similar. O artigo técnico citado no material da B&K Technical Review, de 1985, mostra claramente isso.

Dessa forma, ser o equipamento eletrônico não invalida a medição, desde que o sensor se comporte como um termômetro de mercúrio típico (com as mesmas tolerâncias). A precisão recomendada normalmente é conseguida sem problemas. O termômetro de globo tem que ser de seis polegadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MTE. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova as normas regulamentadoras – NR – do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a segurança e medicina do trabalho. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

Fundacentro. **Norma de higiene ocupacional NHO 6: avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo, 2002.

_____. **NHT – 01C/E: norma para avaliação ocupacional ao calor**. São Paulo, 1985.

International Labour Office. **Encyclopedia of occupational health and safety**. Geneva, 1985.

LIMITES de Exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição. Trad. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo, 2002.

POSSEBON, José. **Apostila sobre calor**. São Paulo, 2003. (Curso EAD – PECE / Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).



CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

As avaliações de iluminação têm por objetivo quantificar a **iluminância** nos postos de trabalho, visando à sua posterior comparação com os valores mínimos estabelecidos pela legislação brasileira, bem como fornecer recomendações gerais, para se obter a adequação das condições de iluminação às atividades desenvolvidas nesses locais.

Existem duas formas básicas de iluminação:

- Natural – quando existe o aproveitamento direto (incidência) ou indireto (reflexão/dispersão) da luz solar.
- Artificial – quando é utilizado um sistema (em geral elétrico) de iluminação, podendo este ser de dois tipos:
 - Geral – para se obter o aclaramento de todo um recinto ou ambiente.
 - Suplementar ou Adicional – para se reforçar o aclaramento de determinada superfície ou tarefa.

2 CONCEITUAÇÃO E ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS

2.1 Conseqüências de uma Iluminação Inadequada

A iluminação, ou seja, a luz visível, não é, a exemplo de outros parâmetros levantados em higiene ocupacional, propriamente um “agente agressivo” do ponto de vista de desencadeamento certo de doenças ocupacionais. Esse é o caso geral, pois ordinariamente a iluminância deixa a desejar.

Quando a iluminância está inadequada, e, na maioria das vezes, a inadequação se refere à deficiência da iluminação, poderemos perceber algumas conseqüências, tais como:

- Maior fadiga visual e geral;
- Maior risco de acidentes;
- Menor produtividade/qualidade;
- Ambiente psicologicamente negativo.

Todavia, existem casos especiais de “excesso” que requerem limitação energética, como no uso de fontes especiais e *lasers*, e há limites de tolerância na ACGIH para a luz visível.

2.2 Riscos Associados

Além das conseqüências diretas mencionadas acima, podemos verificar alguns riscos associados aos aspectos de iluminação, como:

- Maior probabilidade de acidentes, quando ocorre uma variação brusca da iluminância (para mais ou para menos)
- Efeito estroboscópico, que é um fenômeno que pode resultar da combinação de:

máquinas com partes girantes ou com movimento alternado
+
fonte piscante (60 Hz) não percebida (ex.: lâmpada fluorescente)

Isso pode resultar numa falsa impressão de que a máquina está parada, ou se movendo lentamente, sendo causa importante de acidentes em máquinas.

2.3 Tarefa Visual e Campo de Trabalho

Nas atividades de avaliação da iluminação, para evitar avaliações inexpressivas (tão poucos pontos que não se conclui o estudo) ou

exageradas (muitos pontos sem importância adicional), será importante ter em mente os conceitos de tarefa visual e campo de trabalho.

Entende-se por **CAMPO DE TRABALHO** toda a região do espaço onde, para qualquer superfície aí situada, exigem-se condições de iluminação apropriadas à **TAREFA VISUAL** a ser realizada.

Sendo assim, os pontos que realmente interessam ser avaliados em um estudo de iluminação são aqueles em que são realizadas as tarefas visuais principais/habituais.

2.4 Unidades, Grandezas e Relações Fotométricas

A seguir, serão explanados alguns conceitos necessários para as avaliações de iluminação:

- **INTENSIDADE LUMINOSA** – É a emissão em uma particular direção de uma fonte que emite 1 Candela (Cd) – radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz - cuja intensidade energética naquela direção é 1/683 Watt/sr.

Nota: 1 sr (esferorradiano) - ângulo sólido que subentende uma área = r^2 em uma esfera de raio r . Todo o espaço corresponde a um ângulo de 4 sr

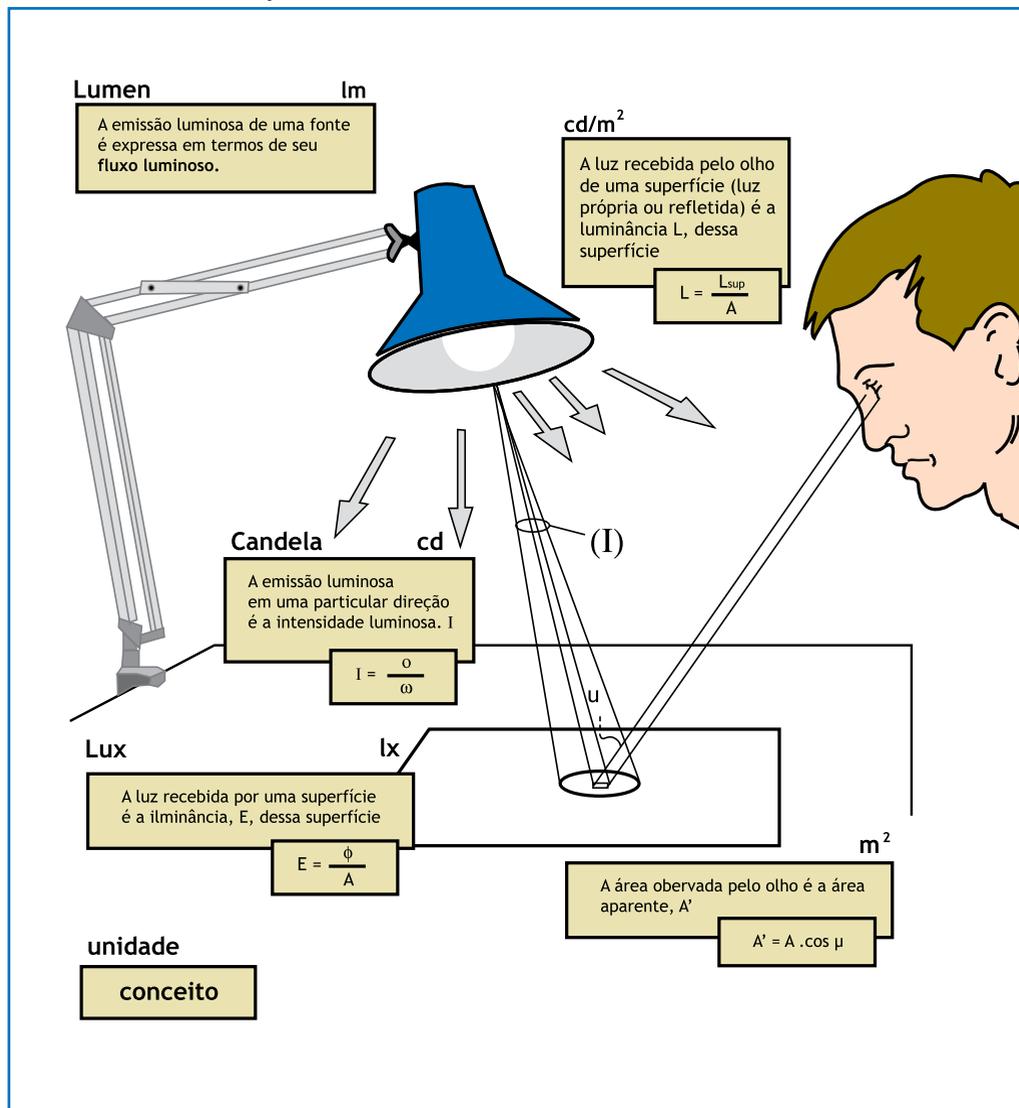
- **FLUXO LUMINOSO** – Fluxo emitido por uma fonte puntiforme isotrópica (mesmo valor em todas as direções), dentro de 1 sr, de 1 Cd. É expresso em lúmen (lm).
- **ILUMINÂNCIA** – Fluxo luminoso recebido por unidade de área. É expressa em lux.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$$

- **LUMINÂNCIA** – Intensidade recebida por unidade de área, na direção de observação. É expressa em cd/m^2 .

Veja a seguir a ilustração desses parâmetros, para melhor compreensão.

FIGURA 3 – ILUSTRAÇÃO DOS PARÂMETROS LUMINOSOS



Fonte: Mario FANTAZZINI, 1991

2.5 Antecedentes

A legislação brasileira (Portaria nº 3.214, NR-17) dispõe sobre condições ambientais de trabalho no item 17.5.3, do qual seguem trechos de importância quanto a aspectos de iluminação de locais de trabalho.

17.5.3 – Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade.

17.5.3.1 – A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa.

17.5.3.2 – A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

17.5.3.3 – Os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminância estabelecidos na NBR 5.413, norma brasileira registrada no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

17.5.3.4 – A medição dos níveis de iluminamento previstos no subitem 17.5.3.3 deve ser feita no campo de trabalho em que se realiza a tarefa visual, utilizando-se de luxímetro com fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência.

17.5.3.5 – Quando não puder ser definido o campo de trabalho previsto no subitem 17.5.3.4, este será um plano horizontal a 0,75 m do piso.

No artigo 2º, parágrafo único, da Portaria que alterou a NR-17 (Portaria nº 3.435, de 19/06/1990), foram **revogados** o subitem 15.1.2, o anexo 4 e o item 4 do Quadro de Graus de Insalubridade, todos da Norma Regulamentadora nº 15.

Seguem trechos da NBR 5.413/1992, a qual dispõe de valores definidos tanto para grupos de tarefas visuais quanto para tipo de atividade exercida.

TABELA 1 – ILUMINÂNCIA PARA CADA GRUPO DE TAREFAS VISUAIS*

| FAIXA | ILUMINÂNCIA (lux) | TIPO DE ATIVIDADE |
|-------|-------------------------|--|
| A | 20 30 50 | Áreas públicas com arredores escuros |
| | 50 75 100 | Orientação simples para permanência curta |
| | 100 150 200 | Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos |
| B | 200 300 500 | Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios |
| | 500 750 1000 | Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios |
| | 1000 1500 2000 | Tarefas com requisitos visuais especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas |
| C | 2000 3000 5000 | Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno |
| | 5000 7500 10000 | Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, montagem de microeletrônica |
| | 10000 15000 20000 | Tarefas visuais muito especiais, cirurgias |

Fonte: Excerto da NBR 5.413

(*) A ser utilizada apenas quando da não-aplicação direta ou por analogia dos locais específicos definidos na NBR 5.413 da ABNT.

2.6 Seleção de Iluminâncias

Para determinação da iluminância conveniente é recomendável considerar o seguinte procedimento:

Na tabela anterior, constam três valores de iluminância para cada grupo de tarefas visuais. O uso adequado de iluminância específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 2.

TABELA 2 – FATORES DETERMINANTES DA ILUMINÂNCIA ADEQUADA

| Característica da tarefa e do observador | Peso | | |
|--|--------------------|--------------|--------------------|
| | -1 | 0 | +1 |
| Idade | Inferior a 40 anos | 40 a 55 anos | Superior a 55 anos |
| Velocidade e precisão | Sem importância | Importante | Crítica |
| Refletância do fundo da tarefa | Superior a 70% | 30% a 70% | Inferior a 30% |

Fonte: Excerto da NBR 5.413

O procedimento é o seguinte:

- analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1).
- somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o seu sinal.
- quando o valor total é igual a -2 ou -3, usa-se a iluminância mais baixa do grupo; usa-se a iluminância superior quando a soma for +2 ou +3; nos outros casos utiliza-se o valor médio.

Como exemplo de precisão, podemos mencionar a leitura simples de um jornal *versus* a leitura de uma receita médica, sendo a primeira sem importância e a segunda crítica.

Na tabela a seguir (extraída do item 5.3 da NBR 5.413/1992, para fins ilustrativos), podemos ver valores recomendados segundo o tipo de atividade e tarefa.

TABELA 3 – ALGUNS VALORES MÍNIMOS DE ILUMINÂNCIA EM LUX POR TIPO DE ATIVIDADE

| Corredores e escadas | LUX | | |
|---|-----|------|------|
| - geral | 75 | 100 | 150 |
| Escritórios | | | |
| - registros, cartografia etc. | 750 | 1000 | 1500 |
| - desenho, engenharia mecânica e arquitetura | 750 | 1000 | 1500 |
| - desenho decorativo e esboço | 300 | 500 | 750 |
| Fundições | | | |
| - inspeção (material de precisão) | 750 | 1000 | 1500 |
| - inspeção (material grosseiro) | 300 | 500 | 750 |
| Indústrias Metalúrgicas | | | |
| - usinagem grosseira e trabalhos de ajustador | 150 | 200 | 300 |
| - usinagem média e trabalhos de ajustador; trabalhos grosseiros de plainas, tornos e polimentos | 300 | 500 | 750 |
| - poços de resíduos | 150 | 200 | 300 |
| - conserto de portas do forno e material refratário | 150 | 200 | 300 |
| - depósito de refugo | 150 | 200 | 300 |
| - fabricação de aço | 150 | 200 | 300 |
| - compartimento de trituração | 150 | 200 | 300 |
| Siderúrgicas | | | |
| - depósito de matérias-primas | 100 | 150 | 200 |
| - áreas de carregamento | 150 | 200 | 300 |
| - poços de resíduos | 150 | 200 | 300 |
| - aberturas para inspeções | 150 | 200 | 300 |
| - fundições de lingotes | 150 | 200 | 300 |
| - depósitos de lingotes | 150 | 200 | 300 |

Fonte: ABNT NBR 5.413, item 5.3, 1992

OBS: A referida NBR fornece valores mínimos convenientes para a execução de várias tarefas. Os itens específicos são bastante resumidos, porém, por analogia de atividades, pode-se estabelecer os valores mínimos. Se houver situações que não constem da tabela do item 5.3, usa-se a Tabela 1 como orientação geral.

2.7 Avaliação em Áreas Externas

Para o caso das áreas externas, não coberto pela NBR 5.413, pode-se utilizar critérios nacionais específicos (p.ex., normas para pátios ferroviários), porém limitados à abrangência, ou critérios internacionais, como por exemplo a norma API RP 540, do *American Petroleum Institute*. Abaixo, são apresentados alguns valores ilustrativos dessa norma.

TABELA 4 – RP 540 – VALORES MÍNIMOS DE ILUMINÂNCIA PARA AMBIENTES EXTERNOS

| AMBIENTES | LUX |
|-----------------------------------|-----|
| Corredores e escadas | 15 |
| Equipamentos em área externa..... | 55 |
| Bombas, válvulas, manifolds..... | 35 |
| Trocadores de calor..... | 35 |
| Plataformas de operação..... | 35 |
| Plataformas simples..... | 25 |
| Diais e painéis..... | 55 |

Fonte: *American Petroleum Institute API RP540*, normas

Obs.: valores arredondados a maior, para múltiplos de 5. Salvo os casos óbvios, a leitura é feita ao nível do piso.

Em termos de critérios nacionais, também é importante comentar sobre uma pré-norma da ABNT, para iluminância de exteriores, publicada no 12º Encontro de Segurança Industrial do IBP, cuja tabela de iluminância por classe de atividade é reproduzida a seguir:

TABELA 5 – EXTRATO DE PRÉ-NORMA

| CLASSE | Tipo de Atividade | Fatores Determinantes da Iluminância Necessária | | | | | | | Iluminância em Lux |
|--------|--|---|-----------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-----|--------------------|
| | | Facilidade de Acesso | Facilidade de Identificação | Facilidade de Execução | Importância da Atividade | Duração da Atividade | Frequência da Atividade | | |
| A | I Orientação simples para permanência curta | fácil | fácil | fácil | normal | curta | pouco frequente | 2 | |
| | | regular | regular | regular | importante | média | frequente | 3 | |
| | | difícil | difícil | difícil | crítica | longa | - | 5 | |
| | II Tarefas visuais com requisitos visuais simples | fácil | fácil | fácil | normal | curta | pouco frequente | 5 | |
| | | regular | regular | regular | importante | média | frequente | 10 | |
| | | difícil | difícil | - | crítica | longa | - | 20 | |
| | III Tarefas com requisitos visuais normais | fácil | fácil | fácil | normal | curta | pouco frequente | 20 | |
| | | regular | regular | regular | importante | média | frequente | 30 | |
| | | difícil | difícil | difícil | crítica | longa | - | 50 | |
| | | fácil | fácil | fácil | normal | curta | pouco frequente | 50 | |
| B | IV Tarefas com requisitos visuais especiais | regular | regular | regular | importante | média | frequente | 75 | |
| | | difícil | difícil | difícil | crítica | longa | - | 100 | |
| | | fácil | fácil | fácil | normal | curta | pouco frequente | 100 | |
| | V Tarefas em áreas abertas, porém com cobertura | regular | regular | regular | importante | média | frequente | 150 | |
| | | difícil | difícil | difícil | crítica | longa | - | 200 | |

Fonte: Anais do Encontro de Segurança Industrial do IBP

Classe A – Iluminação para áreas (loais) usados interuptamente

Classe B – Iluminação para área de trabalho

Nota: As classes, bem como os tipos de atividades não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério dos responsáveis alcançar ou não os valores das classes/tipos de atividades adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E EXERCÍCIOS PRÁTICOS

3.1 Metodologia

Para a determinação dos valores de iluminância, devem ser adotados os critérios definidos na NBR 5.413, que, em linhas gerais, são:

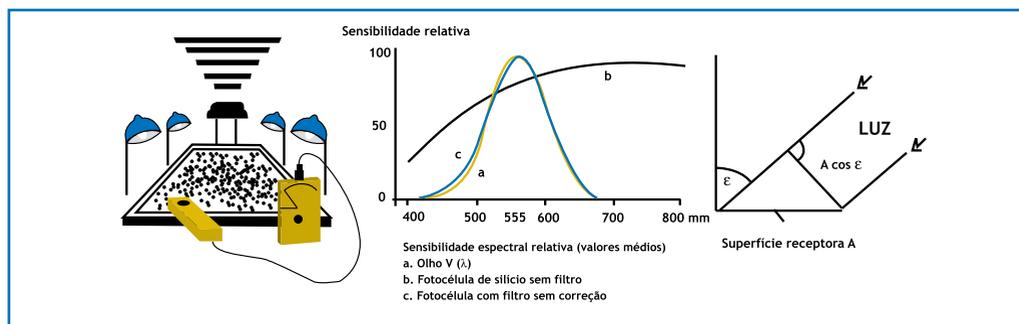
“A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se o nível como referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso.” Entende-se por **campo de trabalho** toda a região do espaço em que, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminação apropriadas à **tarefa visual** a ser realizada.

As medições devem ser feitas por amostragem, visando recolher dados de alguns pontos de tarefas visuais para avaliar a eficiência e adequação do sistema de iluminação, não sendo necessário o levantamento de todos os pontos existentes, mas sim, amostralmente, de todos os tipos de tarefas visuais e áreas de circulação ou passagem. É importante É importante que se evidenciem as tarefas inadequadas quanto à iluminância.

3.2 Instrumental Necessário

O equipamento utilizado para as avaliações de iluminância deve ser o iluminancímetro (chamado usualmente de “luxímetro”). Como existe no mercado uma grande diversidade de marcas e modelos, é previsível que a qualidade e a adequabilidade também variem. Abaixo, são relacionados os recursos/características mínimos que um equipamento deve possuir para permitir uma medição adequada e representativa.

FIGURA 4 – LUXÍMETRO



Fonte: Manual de instrução do equipamento Gossen/Panlux

CARACTERÍSTICAS DOS ILUMINANCÍMETROS

FOTOCÉLULA INDEPENDENTE (desejável)

A fotocélula deve ser independente do corpo do luxímetro, com cabo de extensão de, no mínimo, um metro, visando minimizar a interferência (sombras e reflexos) do usuário no campo visual a ser medido.

CURVA V (obrigatório)

A fotocélula deve ser também dotada de um filtro para a adaptação da leitura à resposta de cor do olho humano, segundo uma curva espectral padronizada (curva V da CIE/ISO).

LEI DOS COSSENO (obrigatório)

O instrumento deve possuir um dispositivo de correção do ângulo de incidência da luz, com a finalidade de não medir apenas a luz normal, mas também a incidência oblíqua, que é proporcional ao cosseno do ângulo de incidência.

3.3 Exercícios Práticos

1. Quais as iluminâncias recomendáveis para os seguintes casos:

- Torneamento de madeira em móveis rústicos.
- Mesa cirúrgica de uma clínica veterinária.
- Almoxarifado de estampos de prensas.
- Sala de montagem de medicamentos para pacientes em hospitais (remédios a granel em um pires com o número do quarto do paciente).
- Ambiente externo, beira do cais.

4 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO – ILUMINAÇÃO

| CUIDADOS GERAIS | | |
|------------------------------|--|--|
| 1. Calibração | <ul style="list-style-type: none">• Não há calibração de campo• Verificação simples | <ul style="list-style-type: none">• O instrumento deve ser aferido periodicamente• Usar uma fonte conhecida para uma verificação grosseira antes de ir a campo |
| 2. Avaliação de iluminância | <ul style="list-style-type: none">• Posição do sensor (geral e na tarefa)• Postura de medição• Tarefa visual• Permanência do operador | <ul style="list-style-type: none">• Paralelo ao plano da tarefa• A 0,75m do piso quando não há tarefa definida• Não produzir sombras sobre o sensor• Entender as tarefas visuais do posto• O operador deve ficar em seu posto |
| 3. Sensor do iluminancímetro | <ul style="list-style-type: none">• Adequação (resposta de cor)• Resposta de cosseno• Aclimação• Ofuscamento | <ul style="list-style-type: none">• Resposta de cor igual à do olho humano• Deve possuir resposta de cosseno• O sensor deve se aclimatar por 15 minutos• Evitar insolação direta (não usar se ocorrer - deixar no escuro por 48 a 72 horas) |

ROTEIRO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL (ILUMINÂNCIAS)

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|--|--|--|
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Baterias • Acessórios • Ferramentas • Folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • A caixa deve ser protegida quando em áreas com insolação direta |
| 2. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de tarefas visuais • Verificação de condições de iluminação típicas • Anotar condições anormais | <ul style="list-style-type: none"> • Por função • De acordo com usos e costumes dos usuários • Variação de insolação, luminárias apagadas, lâmpadas queimadas |
| 3. Revisão instrumental | <ul style="list-style-type: none"> • Bateria, escalas • Comportamento geral • Aclimação do sensor | <ul style="list-style-type: none"> • Nível de bateria • Comportamento eletromecânico • Expor por, pelo menos, 15 minutos em iluminância média |
| 4. Cuidados de avaliação / Situação de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Posição de sensor • Interferências: eletromagnética • Ofuscamento em exteriores | <ul style="list-style-type: none"> • Paralelo ao plano da tarefa • Ocluir sensor para teste • Proteger em exteriores |
| 5. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Ambiente com uso noturno ou não • Interior ou exterior • Equipamento com número de série • Registrar o estado normal aparente do equipamento • Registro de atividade e tarefa visual • Registro de medição com unidade • Registro de condições anormais • Nome do ocupante do posto e função • Condições dos equipamentos de iluminação, limpeza de luminárias, lâmpadas queimadas • Cores de teto e paredes, superfícies de trabalho • Registro de confiabilidade das medições | <ul style="list-style-type: none"> • Vide folha de campo |

FOLHA DE CAMPO – ILUMINÂNCIA

| ORDEM | ITEM | DADO / DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
|-------|---|--|---------------------------------|
| 1. | Nome do técnico avaliador | | |
| 2. | Dia, hora, turno | | |
| 3. | Ambiente com uso noturno ou não | | |
| 4. | Interior ou exterior | <ul style="list-style-type: none"> • Interior • Exterior | |
| 5. | Equipamento com número de série | | |
| 6. | Registrar o estado normal aparente do equipamento | | |
| 7. | Nome do ocupante do posto e função | <ul style="list-style-type: none"> • Nome • Função | |
| 8. | Registro de atividade e tarefa visual | <ul style="list-style-type: none"> • Atividade • Tarefa • Dado • Atividade • Tarefa • Dado | Registro de medição com unidade |
| 9. | Registro de condições anormais | | |
| 10. | Condições dos equipamentos de iluminação, limpeza de luminárias, lâmpadas queimadas | | |
| 11. | Cores de teto e paredes, superfícies de trabalho | <ul style="list-style-type: none"> • Teto • Paredes • Superfícies de trabalho • Piso | |
| 12. | Registro de confiabilidade das medições | <ul style="list-style-type: none"> • Dados considerados confiáveis? | |

5 ASPECTOS DE CONTROLE

5.1 Projetos de Iluminação para Ambientes de Trabalho

Os fabricantes possuem guias de cálculo para projetos de iluminação, que são de simples entendimento. Deve-se apenas ressaltar que não se busca apenas uma boa iluminância média, mas sim o respeito ao valor recomendado em todos os pontos de trabalho. Valores muito mais altos que a média devem ser obtidos com iluminação suplementar.

5.2 Fatores para uma Iluminação Adequada

Para se buscar uma iluminação adequada e eficaz, não devemos estar somente fixados no aspecto de maior número de lâmpadas ou maior potência. A adequação vai resultar da combinação dos seguintes fatores:

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Tipo de lâmpada | <ul style="list-style-type: none">• Reprodução de cores• Aplicações especiais• Carga térmica• Eficiência luminosa |
| <ul style="list-style-type: none">• Tipo de luminária | <ul style="list-style-type: none">• Difusão• Diretividade• Ofuscamento/reflexos |
| <ul style="list-style-type: none">• Quantidade de luminárias | <ul style="list-style-type: none">• Valor adequado de iluminância |
| <ul style="list-style-type: none">• Distribuição | <ul style="list-style-type: none">• Homogeneidade• Contrastes• Sombras |
| <ul style="list-style-type: none">• Manutenção | <ul style="list-style-type: none">• Reposição• Limpeza |
| <ul style="list-style-type: none">• Cores | <ul style="list-style-type: none">• Refletância• Ambiência |

6 ILUMINÂNCIA EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

ILUM – 1

Iluminância deve ser caracterizada como risco físico, e contemplada no PPRA, obrigatoriamente, ou apenas abordada quando da aplicação da NR-17?

(Guilherme Gustavo de Carvalho SESI/SENAI – Volta Redonda – DR/RJ)

Resposta: A luz é uma radiação não ionizante e, como tal, um agente físico. Dentro dessa premissa, faz parte do PPRA.

Como esse agente não é mais causador de insalubridade, pois o anexo 4 antigo foi revogado na revisão da NR-17, esta última norma também trata da iluminação dos locais de trabalho.

As duas normas tratam do assunto, com enfoques diferentes.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5413:** Iluminância de Interiores. São Paulo, 1992.

ENCONTRO de Segurança Industrial do IBP. Pré-Norma de Iluminâncias, 12. Anais.[s.l.], 1997.

FANTAZZINI, Mario Luiz. Iluminação dos locais de trabalho. **Revista gerência de riscos**, v. 6, n. 21, p. 44-46, jan./mar. 1991.

SALIBA FILHO, Anis; FANTAZZINI, Mario Luiz. **Material didático do Programa de Formação de Higienistas**. Itsemap do Brasil. 1993-2001.

A 3D rendering of a transparent, faceted prism or crystal structure. A beam of light enters from the left, passing through the prism and being refracted into a spectrum of colors (red, orange, yellow, green, cyan, blue, purple) that fans out across the scene. The background is dark, making the light rays stand out. The text 'CAPÍTULO IV' is overlaid in the center in a white, bold, sans-serif font.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

1 INTRODUÇÃO

Este texto, assim como os demais, está baseado na aula presencial. Deve ser considerado meramente introdutório e sintético. O assunto é muito vasto, portanto serão ressaltados apenas os pontos mais importantes e aqueles relacionados ao dia-a-dia do trabalho de higiene ocupacional nas indústrias em geral. Ao longo do texto, são fornecidas orientações para o detalhamento do assunto e a busca de informações complementares.

2 CONCEITUAÇÃO, ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS, ASPECTOS DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

2.1 As Radiações Não Ionizantes

O que distingue as radiações não ionizantes das suas “primas”, as ionizantes, é justamente sua incapacidade em produzir a ionização da matéria. Todavia, mesmo assim, possuem propriedades e energia suficiente para produzir danos à saúde e serem consideradas riscos ambientais significativos.

As radiações não ionizantes são ondas eletromagnéticas. As ondas são definidas por sua frequência ou seu comprimento de onda, e sua velocidade de propagação é a velocidade da luz no vácuo (c), aproximadamente 3×10^8 m/s. O comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência da onda e é obtido pela relação:

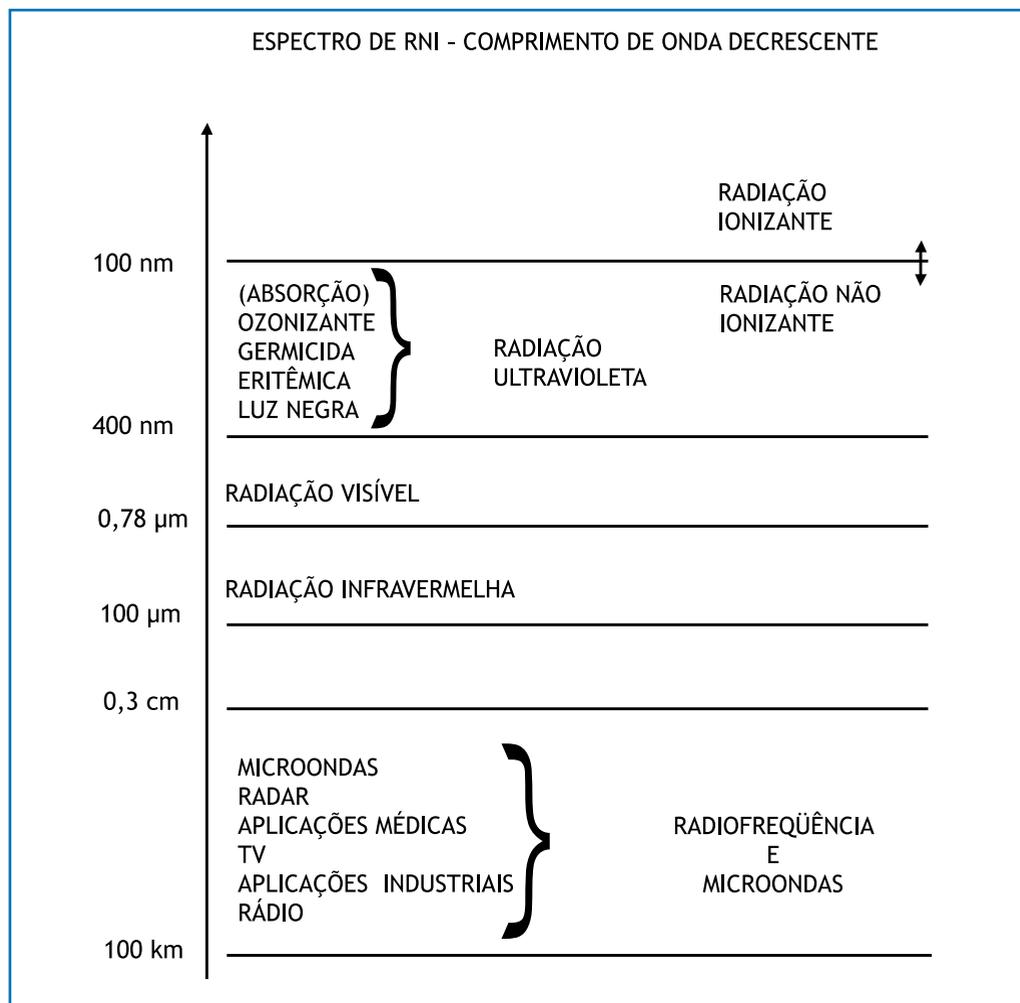
$$\lambda = c / f \quad [\text{m}]$$

c – velocidade da luz

f – frequência em Hz

As radiações não ionizantes estão divididas em famílias dentro do seu espectro, que é mostrado a seguir:

FIGURA 5 – ESPECTRO DE RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES



Fonte: FANTAZZINI, 2001

2.2 Radiofrequência e Microondas

A primeira “família” em termos de comprimentos de onda decrescentes é a que se denomina Radiofrequência e Microondas, tomando a faixa que vai de muitos quilômetros a alguns milímetros. As ondas nessa região são utilizadas em muitas formas de telecomunicação, de pesquisa e prospecção espacial, bem como para usos militares, mas também possuem usos industriais e médicos. Estes últimos são exemplificados na figura a seguir.

FIGURA 6 – ALGUMAS APLICAÇÕES DE RADIOFREQUÊNCIA E MICROONDAS

| Usos | Frequência | Potência | Observação |
|---|---------------------------|---------------|--|
| Medicina | 27 MHz 2450 MHz | 100 W | Diatermia a microondas |
| Prensas a perdas dielétricas (SOLDA) | 13 17 40 70 MHz | 0,1 a 150 KW | Aquecimento do PVC por ação do campo elétrico |
| Secagem | 13 / 27 / 40 / 70 MHz | 100 W a 10 KW | Madeira, tabaco, cola |
| Aquecimento por indução (solda, fusão, têmpera) | 50 Hz a 0,5 MHz | 1 a 700 KW | Ação do campo magnético |
| Fornos a microondas | 2450 5800 22125 MHz | 100 W a 20 KW | Cozimento, secagem, descongelamento, desidratação, esterilização |
| Vulcanização | 2450 MHz | 500 W a 2 KW | Borracha, espuma de poliuretano |

Fonte: FANTAZZINI, 2001

Efeitos à Saúde:

Os efeitos à saúde são predominantemente térmicos, ou seja, aquecimento por absorção da radiação pelos tecidos. A intensidade do aquecimento depende da potência da fonte, da distância da fonte ao indivíduo, do tempo de exposição e das características dielétricas e de dissipação térmica dos tecidos expostos. Depende também da frequência da radiação, como sumarizado abaixo para o corpo inteiro de uma pessoa.

| Frequência em MHz | Região de Aquecimento |
|---------------------|------------------------------------|
| Acima de 3.000 | Superficial (pele) |
| Entre 1.000 e 3.000 | Intermediária (camadas de gordura) |
| Abaixo de 1.000 | Interna (aquecimento profundo) |

Há riscos especiais a serem considerados, principalmente para o cristalino do olho na região de 2 GHz a 3 GHz. A faixa de máxima absorção de corpo inteiro para o homem se situa entre os 30 MHz a 300 MHz. Existem limites de exposição definidos pela ACGIH, os quais deverão ser consultados. Os limites definem valores permissíveis por frequência e cobrem todo o espectro por faixas. Esses limites pretendem limitar o aquecimento por absorção para as exposições ocupacionais, mas não eliminá-lo. Deve-se atentar para o fato de que pode haver efeito sinérgico com exposições ocupacionais ao calor (ambientes quentes e com cargas radiantes). A avaliação dessas radiações é bastante complexa e requer instrumentação específica. Deve-se reportar à ACGIH para uma orientação sobre a avaliação. Existe também um manual NIOSH para essas avaliações, que pode ser obtido no *site* da instituição.

Deve ser aqui lembrado, também, que pode ocorrer uma série de fenômenos e efeitos não térmicos cuja natureza e importância ainda carecem de consolidação quanto ao risco e à prevenção. Existem muitas pesquisas correntes sobre o tema, que vão desde a questão das linhas de alta tensão até os telefones celulares.

As mais recentes informações sobre a situação geral das radiações não ionizantes podem ser obtidas no *site* da Organização Mundial da Saúde (OMS), onde existe um Projeto Eletromagnético Internacional, que trata das principais preocupações atualmente existentes em termos ocupacionais e de comunidades. Esse projeto vai de 1996 a 2007, com vários objetivos. O *site* a ser visitado é www.who.int/emf.

Pode-se visitar, também, o *site* do Prof. John Moulder, do *Medical College de Wisconsin*, www.mcw.edu.

Nesse local, existe um conjunto extremamente útil de perguntas e respostas sobre todas as questões de RNI e sobre as pesquisas atuais nos temas controversos.

Elementos de Controle das Exposições:

Lembrar-se sempre de que as exposições mais severas podem existir:

- Quando a fonte é muito potente (centenas de watts e acima).
- Quando se está muito perto da fonte ou antena.
- Quando se permanece longo tempo exposto.
- Quando a região de frequências é de máxima absorção.

Portanto, as medidas básicas de controle devem incluir:

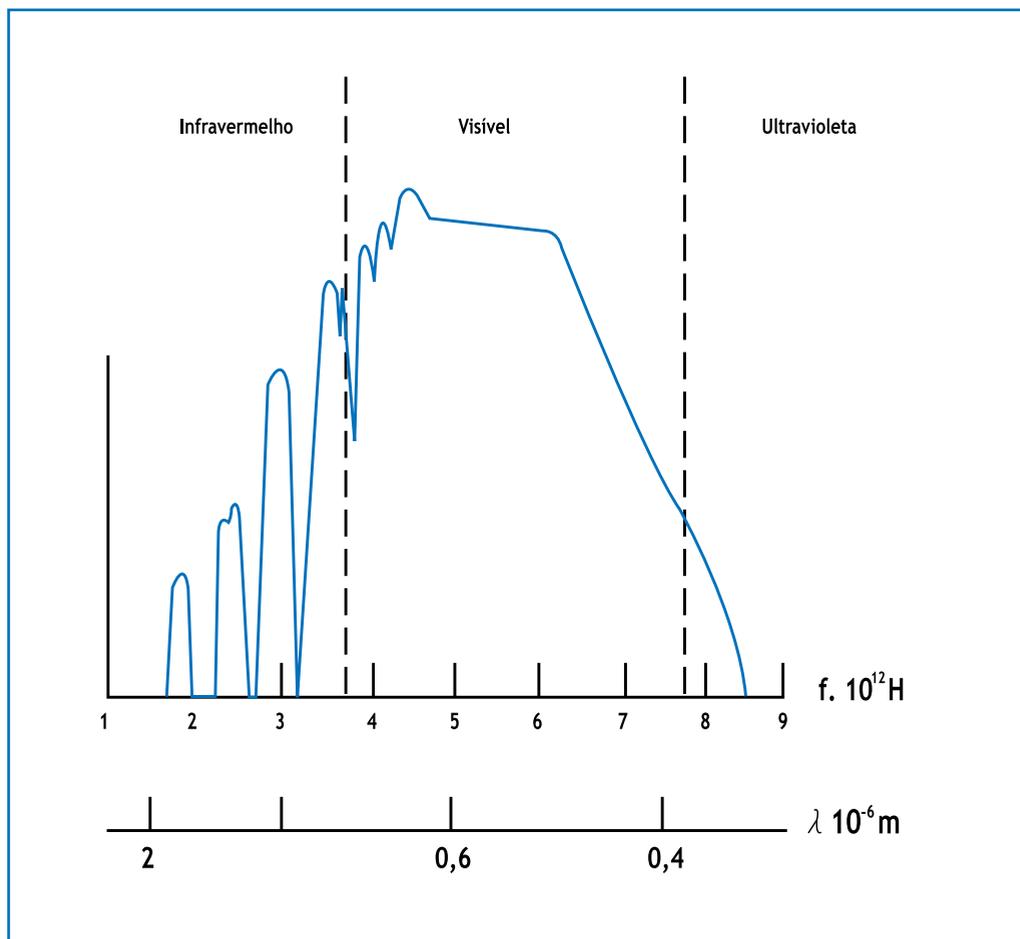
- Enclausuramento eletromagnético da fonte.
- Intertravamento de proteção no caso de fontes de alto risco.
- Uso de barreiras (chapas ou telas metálicas, devidamente aterradas).
- Distanciamento da fonte (equipamentos, transmissores, antenas).
- Automação dos processos, afastando o operador.
- Redução das atividades nas proximidades da fonte.
- Controle médico.

2.3 Radiação Infravermelha

A radiação infravermelha é o chamado calor radiante e se situa na faixa de comprimentos de onda que vai de alguns milímetros a 0,78 micrometro. A radiação é muito pouco penetrante (alguns milímetros) e sua absorção causa basicamente o aquecimento superficial (pele). Está considerada nos problemas de calor industrial, pois a carga radiante das fontes é medida pelo termômetro de globo no índice IBUTG. Todavia, a radiação também pode causar efeitos oculares, independentemente da questão do aquecimento do corpo inteiro nos estudos de calor.

As fontes infravermelhas são os corpos aquecidos e incandescentes, chamas, arcos, material em fusão. A quantidade irradiada será tão maior quanto mais alta a temperatura da fonte e sua área de emissão. Existem também lâmpadas especiais nessa região. Devemos ainda nos lembrar do sol, que é a fonte infravermelha que garante a vida na terra. A seguir, apresentamos o espectro solar básico ao nível do mar:

FIGURA 7 – ESPECTRO SOLAR AO NÍVEL DO MAR



Fonte: FANTAZZINI, 2001

Efeitos Oculares

O efeito de uma exposição não protegida à radiação infravermelha é uma das doenças ocupacionais mais antigas, relacionando uma ocupação a uma moléstia. Trata-se da “catarata do vidreiro”, reconhecida há milênios como parte do destino dessa ocupação, se houver exposição excessiva e sem a devida proteção. Deve-se ressaltar que esse é um efeito crônico, que pode levar muitos anos para se desenvolver. Evidentemente, toda exposição não protegida a fontes infravermelhas significativas, por tempo prolongado, poderá produzir o mesmo efeito que nos vidreiros.

Normalmente essas fontes não são muito brilhantes (parte visível) e, portanto, não produzem aversão visual por ofuscamento. Dessa forma, as pessoas se expõem inadvertidamente em muitas atividades industriais, como na regulagem de chamas, fornos, maçaricos, soldagem, secagem de tintas com lâmpadas infravermelhas.

Em todas as radiações não ionizantes, com exceção do LASER, afastar-se das fontes sempre será benéfico.

Quando se necessita de proteção ocular, pode-se lançar mão de tabelas como a que se apresenta a seguir:

FIGURA 8 – TONALIDADES DE LENTES PARA PROTEÇÃO À RADIAÇÃO INFRAVERMELHA – TABELA ILUSTRATIVA

| Processo | Espessura da peça | Tonalidade |
|------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Solda fraca ou branca a maçarico | | 2 |
| Solda forte ou brasagem a maçarico | | 3,4 |
| Corte leve | até 1" ou 25,4 mm | 4 |
| Corte médio | de 1" a 6" ou 25,4 mm a 152 mm | 4,5 |
| Corte pesado | acima de 6" ou 152 mm | 5,6 |
| Solda a gás leve | até 1/8" ou 3,2 mm | 4,5 |
| Solda a gás médio | de 1/8" a 1/2" ou 3,2 mm a 12,7 mm | 5,6 |
| Solda a gás pesado | acima de 1/2" ou 12,7 mm | 6, 7, 8 |

Fonte: FANTAZZINI, Mário Luiz. Higiene e Segurança na Soldagem. Coleção Tecnologia. SENAI. São Paulo, 1997.

Observações:

1. São permissíveis variações em torno dos números-guia, de forma a permitir acomodação individual à luminosidade da fonte ou fonte de emissão.
2. A espessura da peça é dada em polegadas (") ou em milímetros (mm).

Avaliação e Controle

A avaliação da radiação em termos da exposição de pele e olhos é feita por meio de sensores especiais e radiômetros leitores. Há limites de exposição previstos na ACGIH que devem ser consultados para essas avaliações.

O controle da exposição de pele e olhos deve ser tratado dentro dos mesmos princípios já expostos anteriormente, com as seguintes peculiaridades:

- Blindar as fontes incandescentes, munindo fornos e estufas de portas e fechamento adequado.
- Reduzir a área exposta das fontes.
- Promover o uso de barreiras, feitas de material metálico polido (o melhor em termos práticos e de eficiência será o alumínio polido).
- Afastar-se das fontes.
- Reduzir o tempo de exposição às áreas com radiação intensa.
- Prover-se de proteção ocular, seguindo a orientação da tabela apresentada.

2.4 Luz

Antes de prosseguir, lembramos que a luz visível também é uma radiação não ionizante, a qual tem a peculiaridade de impressionar a visão. Em outras palavras, nossos olhos são capazes de perceber a radiação não ionizante (ondas eletromagnéticas) na região de 400 nanômetros a 780 nanômetros. Existem limites de exposição para luz muito intensa (ACGIH), mas esse não é o caso ocupacional geral, em que a iluminação é apenas suficiente e muitas vezes deficiente. A iluminação é tratada em capítulo à parte.

2.5 Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta ocupa o espectro na região que vai de 400 nanômetros a aproximadamente 100 nanômetros. Está subdividida em bandas, como mostrado a seguir:

Subdivisão de bandas de Radiação Ultravioleta

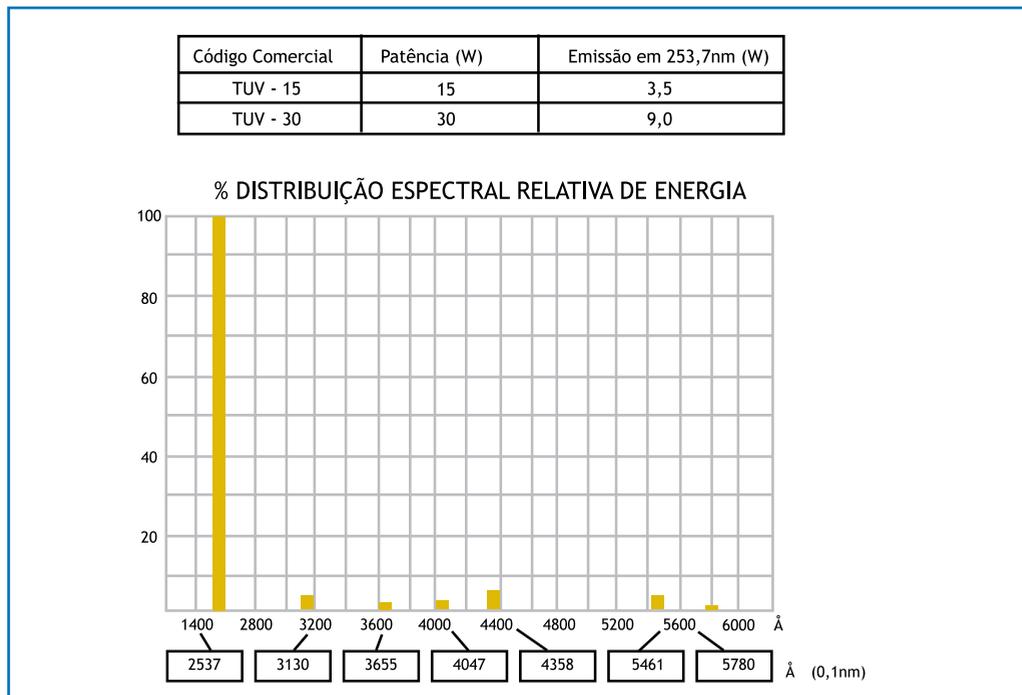
| Faixa | Bandas e designações | Região espectral em nanometro (10 ⁻⁹ m) |
|-------|--------------------------------------|--|
| UVA | Ultravioleta próximo ou da luz negra | 400 - 315 |
| UVB | Eritemática | 315 - 280 |
| UVC | Germicida | 280 - 220 |
| | Ozônio | 220 - 180 |
| | Absorção | 180 - 100 |

Ocorrência e Fontes de Radiação Ultravioleta

- Sol, fonte natural, ao nível do mar, em que recebemos radiação que vai até os 290 nm aproximadamente.
- Todos os tipos de arcos elétricos, com especial atenção a todos os tipos de solda. As modalidades de maior emissão UV são as protegidas com o gás Argônio (MIG, TIG, MAG).
- Lâmpadas especiais, em que destacamos:
 - Lâmpadas de luz negra.
 - Lâmpadas germicidas.
 - Lâmpadas de vapor de mercúrio, sendo as de maior risco aquelas de maior pressão e bulbo transparente.
 - Lâmpadas na indústria gráfica, heliografia, cura de resinas.
- Corpos incandescentes a temperaturas acima dos dois mil graus Celsius.

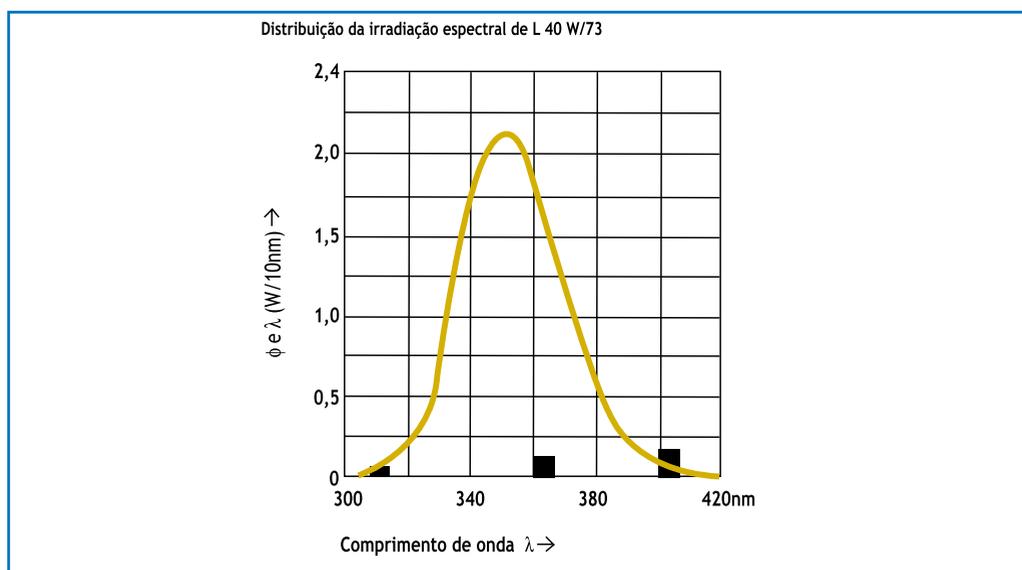
Apresentamos a seguir o espectro de emissão de algumas lâmpadas e de alguns tipos de arcos elétricos.

FIGURA 9 – ESPECTRO TÍPICO DE LÂMPADA GERMICIDA



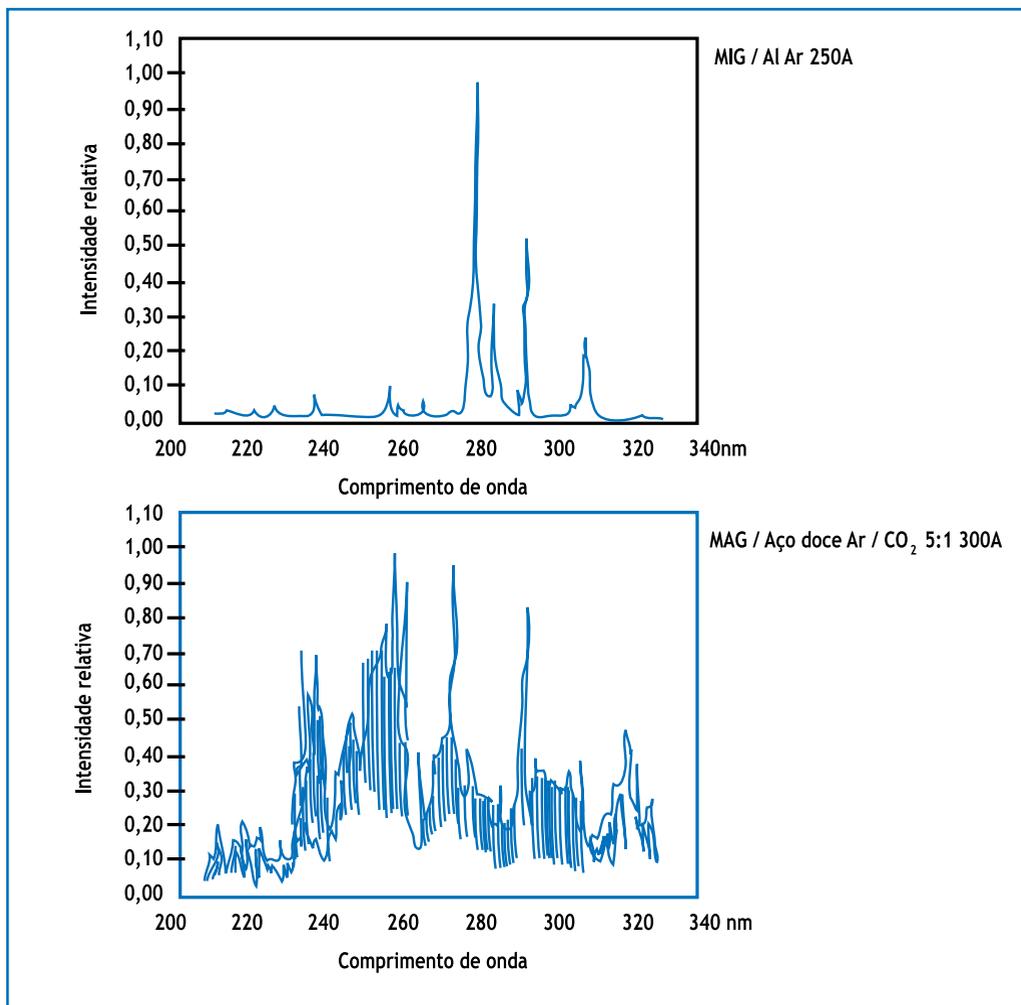
Fonte: Philips do Brasil (folheto)

FIGURA 10 – ESPECTRO TÍPICO DE LÂMPADA DE LUZ NEGRA



Fonte: Fac-símile de dado de fabricante (Especificação Técnica)

FIGURA 11 – ESPECTROS DE EMISSÃO DE ARCOS ELÉTRICOS



Fonte: TSUTOMU, Okuno. *Spectra of optical radiation from welding arcs*

Efeitos da Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta é muito pouco penetrante; dessa forma, seus efeitos serão sempre superficiais, envolvendo a pele e os olhos.

Os efeitos agudos são, em geral, retardados de 6 a 12 horas, e essa é uma característica típica da radiação. Não existe sensação no momento da exposição e por isso doses elevadas podem ser recebidas sem qualquer advertência sensorial.

Na pele, a radiação produz o eritema ou “queimadura solar”, sendo bem conhecida por experiência própria das pessoas. A pele exposta tende a se pigmentar, e o aumento da pigmentação protegerá a pessoa de novos eritemas. Evidentemente, aqui existe um papel importante representado pelo tipo de pele, ou seja, uma maior ou menor facilidade de pigmentação.

Nos olhos, produz-se uma querato-conjuntivite (inflamação fotoquímica da córnea e da conjuntiva ocular) muito dolorosa e granulosa (os atingidos têm a sensação de areia nos olhos). Esse efeito é incapacitante, cedendo em um ou dois dias e não produzindo, em regra, nenhuma seqüela.

Os limites de exposição da ACGIH definem valores permissíveis para a prevenção desses efeitos. A parte de avaliação será discutida mais adiante.

Um efeito importante e reconhecido da radiação ultravioleta é o câncer de pele, para o qual não está vinculado um limite de exposição. Esse efeito é mais reconhecido nas profissões “ao tempo”, como agricultura, pesca, salinas, *offshore*. Parece não existir ainda vínculo causal com as atividades industriais em interiores. Os TLVs da ACGIH não prevêm a proteção contra o câncer de pele.

Para a pesquisa de qualquer tipo de carcinogênico, recomenda-se consultar a IARC, que é a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer da OMS (www.who.org/iarc).

Um resumo das considerações da IARC é dado a seguir. Favor visitar o sítio para os detalhes sobre as classificações e seu significado.

Considerações sobre a Carcinogenicidade da Radiação UV (vide IARC):

- Há evidência suficiente de carcinogenicidade da radiação solar para o homem (câncer de pele e melanoma).
- Há evidência limitada para lâmpadas de bronzamento artificial.

- Não há evidência adequada para lâmpadas fluorescentes e outras fontes artificiais.
- Há evidência suficiente de carcinogenicidade para UVA, UVB e UVC em relação a animais.

Avaliação da Radiação Ultravioleta

A NR-15 trata das radiações não ionizantes, na qual se inclui a radiação ultravioleta, em seu anexo 7. A insalubridade associada, de grau médio, é caracterizada por meio de laudo de inspeção. O anexo não define limite de tolerância diretamente, ficando este à escolha do perito caracterizador.

É boa prática técnica em higiene ocupacional, também reforçada pela NR-9, que, na inexistência de limites de tolerância quantitativos na NR-15, sejam adotados os preconizados pela ACGIH.

Vamos discutir esse critério, cuja tradução reproduzimos parcialmente a seguir. Esta tradução é autorizada pela ACGIH exclusivamente para a ABHO, que edita anualmente os TLVs, ou Limites de Exposição. Antes, porém, é preciso entender as idéias subjacentes aos Limites de Exposição. Deve-se ter em mente que:

1. Eles protegem a maioria, mas não todos, podendo haver expostos que desenvolvam efeitos mesmo que os LE sejam respeitados.
2. Eles se referem a efeitos específicos, e não a todos os efeitos possíveis. Nesse caso, os efeitos que se pretende evitar são o eritema e a querato-conjuntivite. Portanto, o limite de exposição, ou TLV – como chamado pela ACGIH – se refere à proteção da maioria contra os efeitos na pele e olhos já citados. Para aplicar esse limite, é preciso ter uma instrumentação específica, composta por um detector de UV e um radiômetro de leitura. Esse detector é muito especial, pois nem todos os comprimentos de onda UV têm a mesma capacidade de produzir os efeitos nocivos. Essa habilidade varia com o comprimento de onda, ou seja, há uma eficiência espectral ao longo da faixa de

medição (180 nm a 400 nm), com pico de “rendimento nocivo” nos 270 nm. Assim, o detector deve seguir essa mesma sensibilidade, como se fosse um trecho de pele (ou dos olhos) exposto. Não é qualquer medidor UV que é capaz disso, e sua seleção e compra devem ser cuidadosos. Se o detector é adequado, então a leitura integrada pelo radiômetro já nos fornece um valor chamado irradiância efetiva, e o tempo permitido de exposição é dado pela tabela a seguir.

FIGURA 12 – EXPOSIÇÕES PERMISSÍVEIS À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

| Duração da Exposição por dia | Irradiância Efetiva Eeff($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) |
|------------------------------|---|
| 8 horas | 0,1 |
| 4 horas | 0,2 |
| 2 horas | 0,4 |
| 1 hora | 0,8 |
| 30 minutos | 1,7 |
| 15 minutos | 3,3 |
| 10 minutos | 5 |
| 5 minutos | 10 |
| 1 minuto | 50 |
| 30 segundos | 100 |
| 10 segundos | 300 |
| 1 segundo | 3.000 |
| 0,5 segundo | 6.000 |
| 0,1 segundo | 30.000 |

Fonte: ACGIH – Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos, 2002

É claro que a aplicação do TLV[®] não é uma coisa tão imediata e simples como parece ao ser apresentado aqui; por isso, uma leitura atenta e completa de todo o capítulo sobre UV é altamente recomendável. Deve-se lembrar, também, que há um limite de exposição específico para a faixa do UVA (315-400 nm), não ponderado, de 1,0 J/cm² para exposições menores que mil segundos (energia recebida), e de uma irradiância de 1,0 mW/cm² para exposições maiores ou iguais a mil segundos.

Proteção Ocupacional

A radiação UV tem baixa penetração, sendo relativamente fácil produzir barreiras relativamente eficientes. O vidro comum é razoável para exposições menos energéticas, protegendo as fotos antigas do desbotamento causado pela radiação, por exemplo (lembramos aqui que a radiação produz uma série de efeitos fotoquímicos, degradando pigmentos, acelerando a cura de resinas etc).

Para se conhecer a atenuação de materiais, os fabricantes devem ser consultados. A maioria dos corpos rígidos e opacos será uma boa barreira (chapas, madeira prensada, aglomerada). Plásticos como o policarbonato e o acrílico podem ser eficientes. Para os soldadores, a proteção dos olhos é atendida usando-se as tonalidades recomendadas para cada processo.

A seguir, apresentamos uma tabela ilustrativa de tonalidades de proteção para processos que utilizam arco elétrico.

FIGURA 13 – TABELA ORIENTATIVA PARA TONALIDADES EM PROCESSOS DE SOLDAGEM

| PROCESSO | INTENSIDADE DA CORRENTE OU DIÂMETRO DO ELETRODO | TONALIDADE |
|---|---|------------|
| Eletrodo revestido | Até 100 A | 8,9 |
| | Até 5/32" (4mm) 100 a 300 A | 10, 11 |
| | 3/16" (4,8mm) a 1/4" (6,4mm) | 12 |
| | Acima de 300 A Acima de 1/4" (6,4mm) | 14 |
| Processo Mig (proteção por gás inerte) | Até 200 A | 10, 11 |
| | Acima de 200 A | 12, 13, 14 |
| Processo Mag (proteção por gás ativo) | ----- | 12, 13, 14 |
| Processo Tig (eletrodo de tungstênio com proteção por gás inerte) | Até 15 A | 8 |
| | 15 a 75 A | 9 |
| | 75 a 100 A | 10 |
| | 100 a 200 A | 11 |
| | 200 a 250 A | 12 |
| Eletrodo de grafite | 250 a 300 A | 13, 14 |
| | ----- | 14 |

Fonte: FANTAZZINI, Mario Luiz. Higiene e segurança na soldagem

A proteção da pele depende da irradiância de que se quer proteger (solar ou de um arco de solda, por exemplo). Os tecidos têm um efeito de barreira muito variável, em função do estreitamento da trama e do preenchimento de vazios que a fibra pode proporcionar. O fato de “produzir sombra” é enganoso, pois o que se bloqueia é a parte visível, e não necessariamente a radiação UV.

Na tabela abaixo, vemos a eficiência relativa de certos tecidos. Tramas mais fechadas e densas darão melhor desempenho. Testes podem ser realizados para materiais específicos.

TABELA 6 – TRANSMISSIVIDADE UV DE ALGUNS TECIDOS

| Tipo de Tecido | Parcela Transmitida na Faixa de 320 a 280 nm |
|--------------------------|--|
| nylon | 20 a 40 % |
| algodão | 05 a 30 % |
| rayon e mesclas de rayon | 10 a 15 % |
| lã pesada, flanela | < 1 % |
| couro | < 0,01% |

Fonte: OMS – *Environmental Health Criteria n.160 - 1994*

Os cremes protetores solares de uso popular também podem e devem ser utilizados ocupacionalmente. Deve-se preferir um fator de proteção alto (o fator representa quantas vezes mais em tempo pode-se ficar exposto até se atingir o mesmo efeito de quando não se está protegido).

A ACGIH estima que, em latitudes baixas e ao meio-dia no verão, o TLV® pode ser ultrapassado em pouco mais de cinco minutos de exposição. Assim, um fator de proteção bastante alto deve ser usado, pensando-se que deveríamos ter proteção por 480 minutos ($480/5 = 96$), mas isso seria o pior caso, pois não ficamos o dia todo expostos ao sol do meio-dia. Em suma, os cremes devem ser utilizados disciplinadamente, com reaplicações durante o dia, e devem ter fatores de proteção bem altos.

Finalmente, deve-se lembrar que, embora não olhemos diretamente para o sol, a radiação UV refletida pode atingir os olhos. As reflexões mais importantes ocorrem na água, na neve e no sal (salinas), podendo ser necessária proteção ocular de baixa tonalidade.

Hipersensibilidade UV

Os efeitos citados não existem, como regra, para a região do UVA (luz negra). Todavia, para pessoas fotossensíveis, haverá efeitos mesmo nessa região e em todas as demais. Os efeitos serão mais severos, com menor retardo. São consideradas pessoas hipersensíveis ou fotossensíveis:

- Portadores de albinismo.
- Portadores de doenças como o herpes e o lúpus eritematoso.
- Usuários de medicamentos que conferem hipersensibilidade (há indicações nas bulas dos remédios – consultar também o médico).
- Todos os que forem expostos a fotossensibilizantes de contato, como o suco ou o sumo de frutas cítricas e do figo.

2.6 Laser

LASER é uma sigla, que quer dizer “Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação”.

LASER não é uma outra radiação, mas sim uma outra forma de emissão das radiações conhecidas. Por essa razão, não aparece no espectro não ionizante de forma individualizada, pois qualquer radiação do espectro pode, em princípio, ser emitida na forma LASER (luz, infravermelho, microonda, UV). A emissão LASER é chamada de emissão coerente. A radiação é monocromática (um único comprimento de onda é emitido) e pode ser focada ou colimada, de forma a concentrar toda a energia do feixe em uma área tão pequena quanto a tecnologia permitir. Essa é uma das características notáveis e úteis da radiação, ou seja, a capacidade de se produzir uma densidade de energia extremamente elevada (por exemplo, centenas de watts em alguns micrometros quadrados). A forma de emissão LASER é explicada pela física atômica e pela mecânica quântica, o que não será desenvolvido aqui. Vamos

recapitular as características da radiação e nosso interesse nela como fator de risco ocupacional:

- Uma grande energia pode ser concentrada em uma área muito pequena (risco de destruição de tecidos, queimadura)
- O feixe não perde intensidade com a distância (exceto se for absorvido pelo meio), como as outras radiações (emissão comum)
- Reflexões especulares (vidros, azulejos, chapas polidas, pisos vitrificados) são tão perigosas quanto o feixe principal

As ocorrências industriais ainda são poucas, mas já são sensíveis. Alguns usos correntes são:

- topografia, telemetria
- solda e corte
- mapeamento de superfícies
- microfuração
- barreiras para proteção e sensoriamento, cortinas de luz

Além disso, já existe há tempos o uso em diversos tipos de cirurgia e tratamentos dérmicos.

Efeitos Nocivos

Basicamente, o risco é o de queimadura e destruição de tecidos. No caso do olho, queimaduras de retina podem ocorrer em frações de segundo, mesmo com LASER de muito baixa potência (alguns miliwatts). Um apontador LASER do tipo que se vende para apresentações, e mesmo como brinquedo, pode produzir exposições acima dos limites permitidos para o olho, se este for exposto com o feixe incidindo direta e frontalmente. A reflexão difusa e indireta não é necessariamente um risco, e é o que normalmente “vemos” dos feixes, ou seja, sua reflexão espalhada nas partículas de poeira ou fumaça. Todavia, se o feixe entrar frontalmente (incidência normal), há risco para a retina mesmo em baixíssimas potências, e em fração de segundos poderá ser produzido um ponto cego na retina.

A avaliação da exposição ao LASER é uma tarefa complexa e específica. Há limites de exposição na ACGIH, cuja aplicação demanda bastante estudo e conhecimento.

Medidas Gerais de Controle

As seguintes medidas são importantes na prevenção de acidentes e exposição excessiva com LASER:

| MEDIDA | OBSERVAÇÃO |
|--|---|
| Isolamento da área, enclausuramento | A área deve ser restrita apenas ao pessoal autorizado. O equipamento deve ser enclausurado |
| Intertravamento de proteção | As áreas de acesso devem ser intertravadas, de forma a desarmar o LASER se houver intrusão, desalinhamento do feixe ou mau funcionamento |
| Iluminação geral alta | Uma alta iluminância vai produzir o fechamento da pupila ao seu mínimo, reduzindo a energia que entra no olho em um acidente. Medida efetivamente preventiva |
| Alvos absorventes e incombustíveis | A região de trabalho deve possuir fundo absorvente e incombustível, especialmente nos casos de altas potências |
| Evitar superfícies refletivas. Todos os acabamentos devem ser foscos | Como o feixe refletido especularmente tem a mesma energia que o principal, todas as superfícies do recinto devem ter acabamento fosco |
| EPIs são específicos segundo o tipo de LASER | Seguir as orientações do fabricante, pois os EPIs para olhos devem ser específicos para cada equipamento (radiação) |
| Ler atentamente o manual do equipamento | Os equipamentos LASER implicam alta tecnologia e os seus manuais costumam ser bem completos no que se refere à segurança. Seguir com atenção tais recomendações |

FISP para o LASER

Veja a seguir como seria uma FISP para o LASER. É um bom resumo dos pontos mais importantes expostos.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO/AGENTE

RADIAÇÃO LASER

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Radiação eletromagnética não ionizante, podendo ser emitida em todo o espectro. O laser não é “outra” radiação, mas sim uma outra forma de emissão, coerente, monocromática e de características especiais.
- Radiação colimada e concentrada, podendo ter grande densidade de energia. Não atenuada pela distância da fonte. Reflexões especulares são tão perigosas quanto o feixe principal.
- Laser: light amplification by stimulated emission of radiation. Ocorre em “meios oticamente ativos”, sólidos, líquidos e gasosos.
- Limites de tolerância: consultar a ACGIH (TLV®) para detalhes.

PRINCIPAIS RISCOS/EFEITOS À SAÚDE

- Os riscos são os mesmos da radiação-mãe (por exemplo, microonda, uv), adicionados aos riscos da enorme densidade de energia atingível, que pode causar destruição de tecidos de forma imediata. Mesmo os de baixa potência podem causar queimaduras na retina (entrada do feixe axialmente no olho). Cuidados devem ser tomados, inclusive com os apontadores didáticos a laser ($W = 1 \text{ mW}$ a 3 mW).
- Os lasers são classificados quanto aos riscos (classe I, II, ...).

MEDIDAS GERAIS PREVENTIVAS

- Evitar toda e qualquer exposição ao feixe.
- Proteger pele e olhos. Consultar tabelas para seleção de tonalidade e materiais de lentes de proteção específicos para cada tipo de laser.
- Seguir as medidas de proteção segundo a classe do laser; seguir as orientações do fabricante. Treinar todo o pessoal envolvido.
- As instalações devem ser isoladas, sinalizadas, com acesso restrito, e intertravadas (desarmando o laser em situações de risco, como a entrada de estranhos, desalinhamentos etc.).
- Os locais devem possuir paredes e teto em acabamento fosco e iluminação geral bem intensa, e o alvo do laser deve ser incombustível e absorvente.

PRIMEIROS SOCORROS

- Os mesmos utilizados em queimaduras e hemorragias.

COMBATE A INCÊNDIOS

- Desarmada a fonte, o incêndio deve ser atacado segundo sua classe.

VAZAMENTO OU DERRAME

- Evitar vazamento da radiação, confinando os processos e equipamentos e eliminando frestas. Só o aspecto preventivo é válido, pois exposições de frações de segundo causam danos permanentes.

MANIPULAÇÃO, ESTOCAGEM

- N. A.

OUTROS RISCOS

- Os lasers industriais possuem fontes de alta tensão (risco elétrico) e alguns são refrigerados a nitrogênio líquido (risco criogênico).

REFERÊNCIAS

- Enciclopédia da OIT . Genebra, 1985.
- TLVs® da ACGIH. Tradução autorizada da ABHO – São Paulo, 2002.

3 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO – RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

Nota Metodológica

Para as radiações não ionizantes, optou-se por elaborar um roteiro dirigido ao reconhecimento e a ações básicas de controle subsidiadas pelo trabalho de campo. Dada a carência instrumental e a especificidade das tarefas de avaliação, tais temas não foram desenvolvidos neste projeto. Adicionalmente, o uso de proteção individual é praticamente obrigatório em várias das RNIs de ocorrência industrial (infravermelho, ultravioleta), o que é feito independentemente de avaliações ambientais.

| ROTEIRO DE RECONHECIMENTO AMBIENTAL - RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES | | |
|--|---|--|
| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Estudar o processo na bibliografia para identificar a ocorrência de RNI | <ul style="list-style-type: none"> • Consultar a enciclopédia da oit • Consultar os sites sobre RNI, como o projeto da OMS www.Who.Org |
| 2. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Buscar informações sobre o processo com o pessoal técnico da empresa • Analisar como se processa a exposição • Avaliar as condições de proteção existentes | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar fisicamente as fontes de RNI • Qualificar as fontes • Identificar barreiras ambientais e dispositivos de proteção |
| 3. Radiofrequência e microondas | <ul style="list-style-type: none"> • Potência e frequência dos equipamentos • Blindagem eletromagnética • Aterramento de partes metálicas na vizinhança das fontes • Testar vazamentos importantes com uma lâmpada fluorescente pequena comum (acendimento) | <ul style="list-style-type: none"> • Buscar os “dados de placa” do equipamento • Verificar dados de manuais sobre a blindagem • Este teste não é uma medição, apenas indica a necessidade de uma avaliação acurada da exposição |

Continua

ROTEIRO DE RECONHECIMENTO AMBIENTAL - RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|-------------------------------|---|---|
| 4. Radiação infravermelha | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar fontes incandescentes (estudos de calor) • Identificar processos que utilizem lâmpadas especiais | <ul style="list-style-type: none"> • As fontes incandescentes onde há visualização direta e lâmpadas especiais poderão exigir proteção ocular • Obter espectro de emissão da lâmpada |
| 5. Radiação ultravioleta | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar os processos de arco elétrico em geral (solda e corte) • Identificar o uso de lâmpadas especiais | <ul style="list-style-type: none"> • Processos com proteção por argônio (mig, tig, mag) emitem maiores quantidades de uv • Obter espectro de emissão da lâmpada |
| 6. Laser | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar o uso do processo na empresa • Avaliar as condições de exposição • Identificar potência e comprimento de onda | <ul style="list-style-type: none"> • Obter os manuais dos equipamentos • Fazer com que se observem as recomendações de segurança dos manuais • Avaliar o risco de visualização do feixe e sua entrada direta nos olhos • Avaliar as condições de proteção e intertravamento |
| 7. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Registro do processo • Equipamento com número de série • Registro de atividade e tarefa visual vinculada à fonte • Nome do ocupante do posto e função | <ul style="list-style-type: none"> • Vide folha de campo |

| FOLHA DE CAMPO - RECONHECIMENTO DE RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES | | | |
|---|---|--|--|
| ORDEM | ITEM | DADO / DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
| 1 | Nome do técnico avaliador | | |
| 2 | Dia, hora, turno | | |
| 3 | Registro do processo | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar o processo e a radiação • Descrever o processo | |
| 4 | Equipamento, aparato ou processo que produz a RNI | <ul style="list-style-type: none"> • Obter dados do equipamento (dados de placa e outros dados que o caracterizem) • Obter manual (quando aplicável) • Verificar existência de barreiras, intertravamentos, sinalização | <ul style="list-style-type: none"> • Obter amperagem de processos de solda • Obter frequência e potência • Obter dados de emissão de lâmpadas |
| 5 | Registro de atividade e tarefa vinculada à fonte | <ul style="list-style-type: none"> • Atividade • Como se processa a exposição • Obter tempos líquidos de exposição diária • Descrever a proteção individual utilizada | <ul style="list-style-type: none"> • Analisar a ocorrência de expostos além do operador • Obter tonalidades de lentes |
| 6 | Nome do ocupante do posto e função | <ul style="list-style-type: none"> • Nome • Função | |

4 RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

RNI – 1

Qual o tipo de radiação emitido pela tela do microcomputador? Essa radiação é prejudicial?

(SESI – DR/PR)

Resposta: Prezados amigos do PR, um monitor de vídeo pode emitir infravermelho, luz, ultravioleta, radiofrequência e raios X. Todavia, muitos estudos de longa data têm verificado que as emissões são de quantidades consideradas desprezíveis e sem relevância ocupacional, se os equipamentos forem construídos dentro das normas internacionais. Os bons monitores, inclusive, possuem sistemas de desarme automático caso um mau funcionamento possa ocasionar um aumento de emissões de raios X, se a voltagem de aceleração dos elétrons do tubo aumentar acima de um certo valor. Algum cuidado deve ocorrer apenas quando uma pessoa fica “cercada” de monitores, além do seu, muito próximos (partes posteriores). Essa situação deveria ser evitada por precaução.

RNI – 2

Com relação às máscaras de ajuste automático conforme o tipo de serviço, como ficaria a questão da acuidade visual, que, segundo o professor, deveria ser específico para cada indivíduo? Esse tipo de máscara poderia ser recomendado?

(Vessa/MG)

Resposta: Se o usuário considerar ainda o brilho excessivo, pode usar óculos com lente de tonalidade adicional sob a máscara, de forma a se adaptar. Se a luminosidade for considerada muito fraca, impedindo o trabalho, então não há solução para o uso de máscara fotocromática.

Recomenda-se usar sempre óculos comuns com lente de vidro temperado incolor sob a máscara automática, devido ao seu tempo de resposta de bloqueio poder ser muito longo, deixando passar um pouco de radiação UV, a menos que o contrário disso seja assegurado e provado pelo fabricante.

RNI – 3

Sobre o nosso assunto de hoje, gostaria de saber se posso enquadrar como insalubre o trabalho realizado em céu aberto, jornada completa, na agricultura, por exemplo, uma vez que a avaliação é qualitativa.

Resposta: A exposição ao UV solar pode ser avaliada seguindo-se o critério da ACGIH, como recomenda a NR-9 quando não possuímos LTs na NR-15. Do ponto de vista da insalubridade, é um anexo qualitativo, mas o perito deve buscar um critério técnico bom, e isso remeteria à ACGIH. Deve-se lembrar ainda que, se houver proteção correta de pele e olhos, a exposição pode ser tornada adequada.

RNI – 4

Os profissionais da área de Odontologia (Odontólogos, THD e Auxiliares) que trabalham com o equipamento de raios X e, conseqüentemente, estão expostos à radiação têm direito à insalubridade ou periculosidade? E qual a legislação atual que enquadra tal situação?

Resposta: No primeiro caso, existe insalubridade, prevista na NR-15, valendo os critérios da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), como o anexo correspondente prevê.

Burni (Setor de aquecimento de placas de celulares). Emite calor e/ou radiação? E quais as medidas que devemos tomar para a proteção do trabalhador? Agradecemos sua colaboração.

(Equipe SESI – DR/AM)

Resposta: Pelo exposto, trata-se de solda eletrônica de placas de circuitos impressos, havendo calor (avaliar normalmente pelo IBUTG) e emissão de vapores irritantes dos agentes desoxidantes e fluxos de solda (agentes químicos). Os agentes devem ser identificados e eventualmente avaliados. A proteção deve ser dada por intermédio de ventilação local exaustora nas máquinas de banhos de soldagem.

Todavia, se você se refere ao setor de “burn in” de placas, é possível que haja emissão de radiofrequência dessas placas. Uma avaliação adequada deve ser realizada.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: < <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

FANTAZZINI, Mario L. Como avaliar o ultravioleta solar. *Revista Proteção*, n. 131, nov. 2002.

_____. Higiene e segurança na soldagem. In. *Soldagem*. São Paulo: SENAI/SP, 1997 (Coleção Tecnologia Senai).

_____. Módulos didáticos dos cursos básico de higiene ocupacional e avançado de agentes físicos 1993-2001. *Anais*. [S.l.]: Itsemap do Brasil, 2001.

International Labour Office. *Encyclopedia of occupational health and safety*. Geneva, 1985.

LIMITES de Exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição. Trad. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo, 2002.

OMS. **Environmental health criteria**. n. 160, 1994.

TSUTOMU, Okuno. Spectra of optical radiation from welding arcs. **Industrial health**, v. 23, 1985.

A glowing plasma ball with blue and red filaments radiating from a central red sphere. The filaments are thin and branch out, creating a complex, web-like pattern. The background is dark, making the glowing colors stand out.

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RÚIDO E ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES

1 INTRODUÇÃO

O ruído é um dos principais agentes físicos presentes nos ambientes de trabalho, em diversos tipos de instalações ou atividades profissionais. Por sua enorme ocorrência e visto que os efeitos à saúde dos indivíduos expostos são consideráveis, é um dos maiores focos de atenção dos higienistas e profissionais voltados para a segurança e saúde do trabalhador.

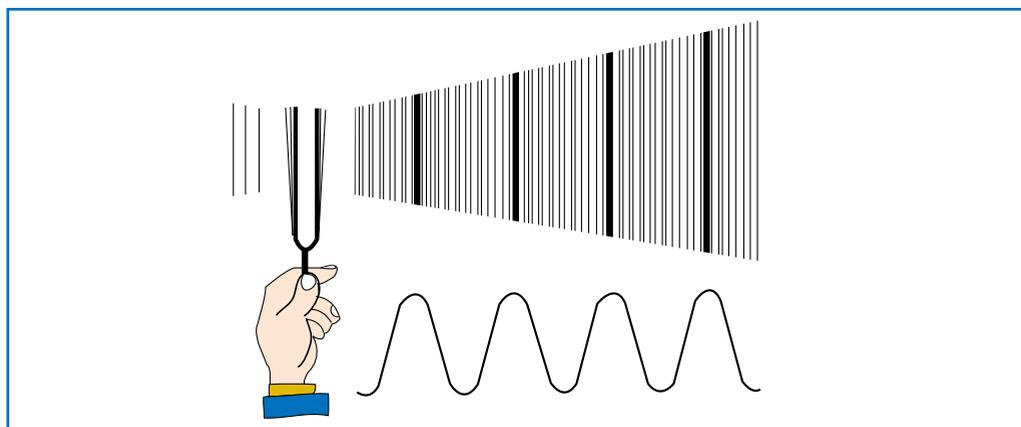
2 CONCEITUAÇÃO E ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS

2.1 Grandezas, Unidades e Embasamento Teórico Inicial

Som

Por definição, o som é uma variação da pressão atmosférica capaz de sensibilizar nossos ouvidos.

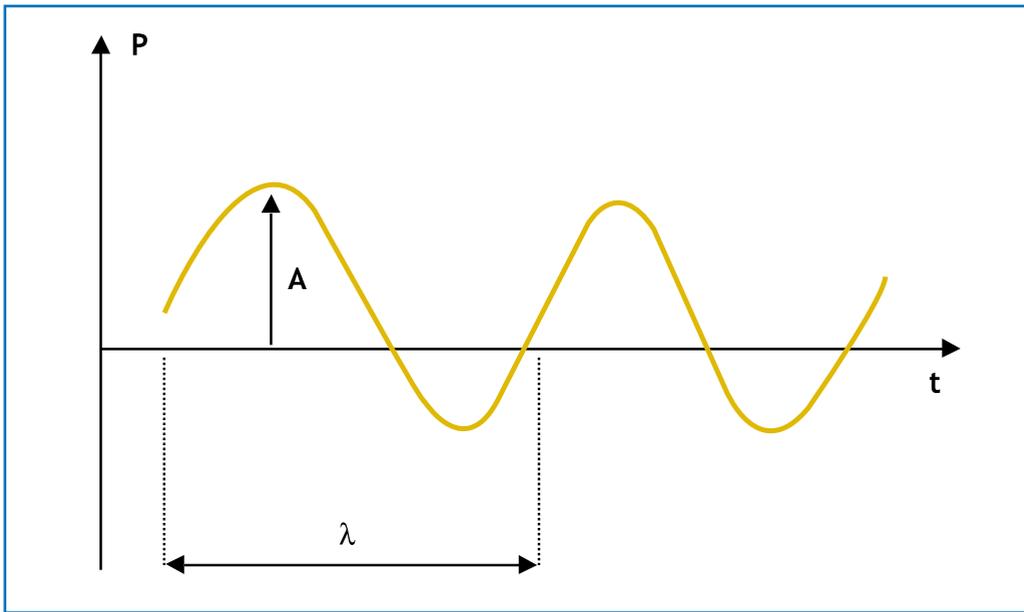
FIGURA 14 – ILUSTRAÇÃO DE ONDA DE PRESSÃO



Fonte: FANTAZZINI, 2001

Essa variação de pressão pode ser representada sob a forma de ondas senoidais, com as seguintes grandezas associadas:

FIGURA 15 – PARÂMETROS DE ONDAS



Fonte: FANTAZZINI, 2001

Nível de Pressão Sonora – Decibel

Como o ouvido humano pode detectar uma gama muito grande de pressão sonora, que vai de 20 μ Pa até 200 Pa (Pa = Pascal), seria totalmente inviável a construção de instrumentos para a medição da pressão sonora.

Para contornar esse problema, utiliza-se uma escala logarítmica de relação de grandezas, o decibel (dB).

O decibel não é uma unidade, e sim uma relação adimensional definida pela seguinte equação:

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

Sendo:

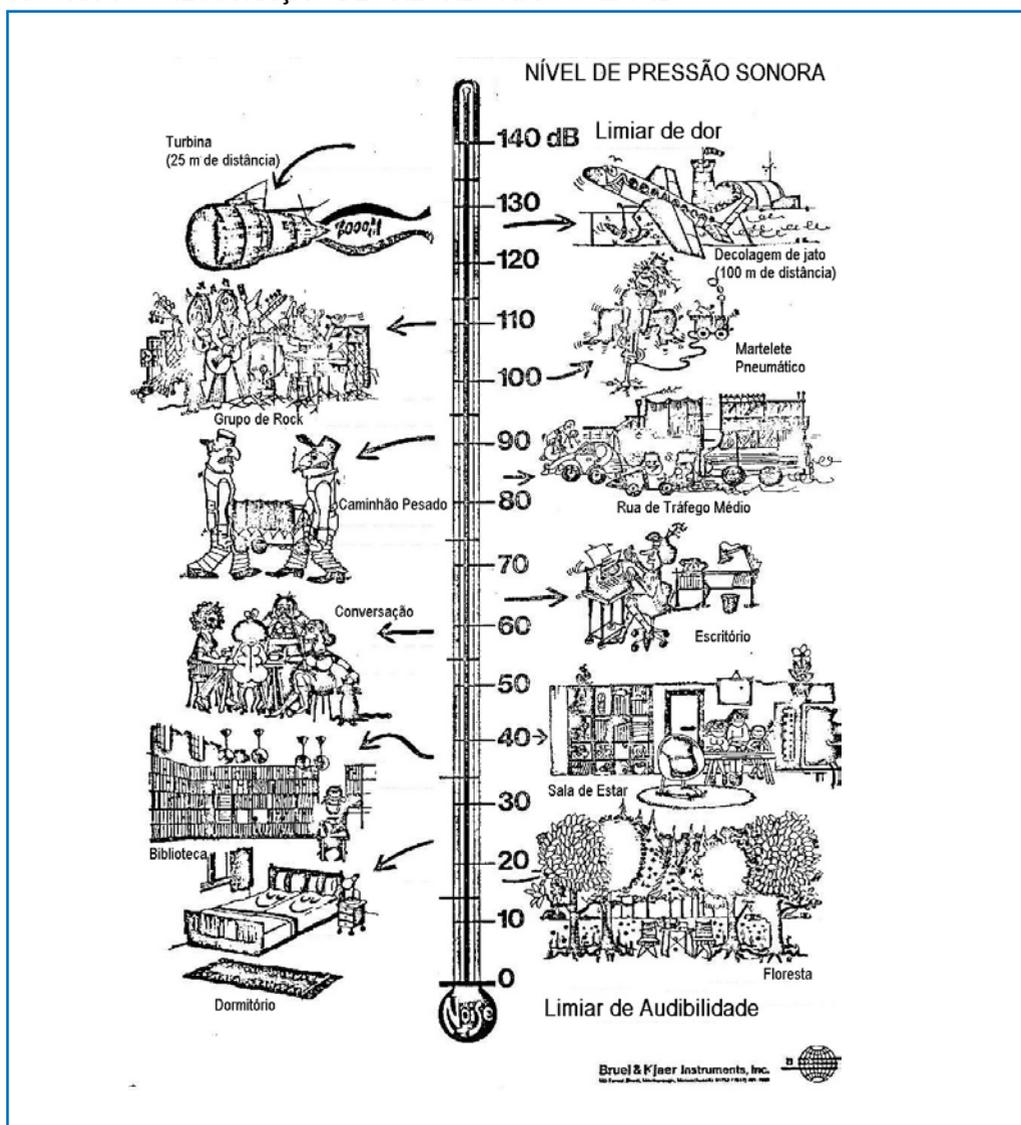
L = nível de pressão sonora (dB)

P_o = pressão sonora de referência, por convenção, $20 \mu\text{Pa}$

P = Pressão sonora encontrada no ambiente (Pa)

A seguir, é apresentada uma ilustração comparativa entre situações práticas de ruído e seus níveis.

FIGURA 16 – ILUSTRAÇÃO DE VALORES TÍPICOS EM dB



Fonte: Folheto de divulgação Brüel & Kjær

Grandezas e Definições Associadas ao Som / Ruído

Amplitude (A) – é o valor máximo, considerado a partir de um ponto de equilíbrio, atingido pela pressão sonora. A intensidade da pressão sonora é a determinante do “volume” que se ouve.

Comprimento de Onda (λ) – é a distância percorrida para que a oscilação repita a situação imediatamente anterior em amplitude e fase, ou seja, repita o ciclo.

Período (T) – é o tempo gasto para se completar um ciclo de oscilação. Invertendo-se este parâmetro ($1/T$), se obtém a frequência (f).

Frequência (f) – é o número de vezes que a oscilação é repetida numa unidade de tempo. É dada em Hertz (Hz) ou ciclos por segundos (CPS). As frequências baixas são representadas por sons graves, enquanto as frequências altas são representadas por sons agudos.

Tom Puro – é o som que possui apenas uma frequência. Por exemplo: diapasão, gerador de áudio.

Ruído – é um conjunto de tons não coordenados. As frequências componentes não guardam relação harmônica entre si. São sons “não gratos”, que nos causam incômodo, desconforto. Um espectro de ruído industrial pode conter praticamente todas as frequências audíveis.

"Combinando" Valores em Decibel

Como o decibel não é linear, não pode ser somado ou subtraído algebricamente. Para se somar dois níveis de ruído em dB, o caminho natural seria transformar cada um em Pascal, por meio da fórmula já representada; então, somar-se-iam algebricamente e, ao final, o resultado seria transformado de Pascal para dB. Este método não é prático, apesar de correto. A fórmula genérica para a combinação de “n” níveis em dB é:

$$L_n = 10 \log (\Sigma 10^{L_i/10})$$

Para uma maior agilidade na combinação de níveis em dB, utiliza-se a tabela abaixo:

TABELA 7 – COMBINAÇÃO DE VALORES EM DECIBÉIS

| Diferença entre níveis (dB) | Quantidade a ser adicionada ao maior nível (dB) |
|-----------------------------|---|
| 0,0 | 3,0 |
| 0,2 | 2,9 |
| 0,4 | 2,8 |
| 0,6 | 2,7 |
| 0,8 | 2,6 |
| 1,0 | 2,5 |
| 1,5 | 2,3 |
| 2,0 | 2,1 |
| 2,5 | 2,0 |
| 3,0 | 1,8 |
| 3,5 | 1,6 |
| 4,0 | 1,5 |
| 4,5 | 1,3 |
| 5,0 | 1,2 |
| 5,5 | 1,1 |
| 6,0 | 1,0 |
| 6,5 | 0,9 |
| 7,0 | 0,8 |
| 7,5 | 0,7 |
| 8,0 | 0,6 |
| 9,0 | 0,5 |
| 10,0 | 0,4 |
| 11,0 | 0,3 |
| 13,0 | 0,2 |
| 15,0 | 0,1 |

Fonte: FANTAZZINI, 2001

Obs: para diferenças superiores a 15, considerar um acréscimo igual a zero, ou seja, prevalece apenas o maior nível.

Exercícios: Combinação de níveis em dB

Combine:

95 & 95 =

95 & 90 =

95 & 85 =

95 & 75 =

Audibilidade / Sensação Sonora

Tendo em vista que o parâmetro estudado é a pressão sonora, que é uma variação de pressão no meio de propagação, deve ser observado que variações de pressão como a pressão atmosférica são muito lentas para serem detectadas pelo ouvido humano. Porém, se essas variações ocorrerem mais rapidamente – no mínimo 20 vezes por segundo (20 Hz) –, elas podem ser ouvidas.

O ouvido humano responde a uma larga faixa de frequências (faixa audível), que vai de 16-20 Hz a 16-20 KHz. Fora dessa faixa, o ouvido humano é insensível ao som correspondente.

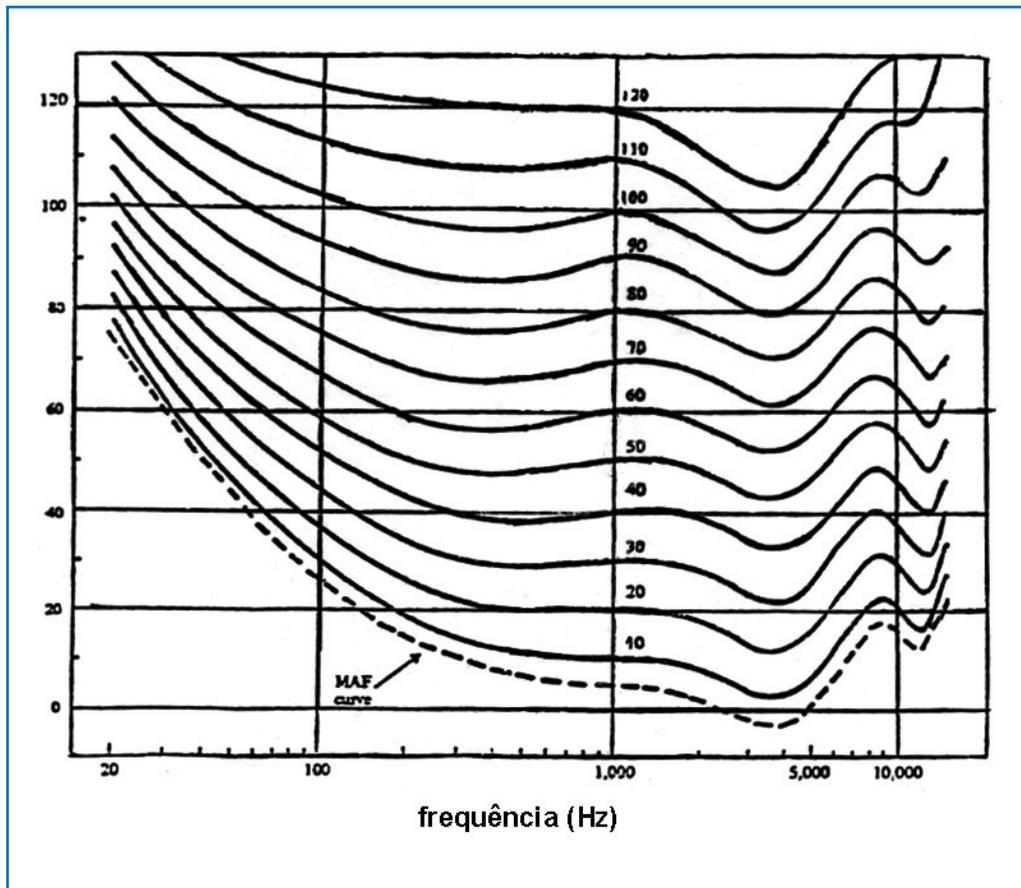
Estudos demonstram que o ouvido humano não responde linearmente às diversas frequências, ou seja, para certas faixas de frequência ele é mais ou menos sensível.

Aspectos Práticos

- cada 3 dB a mais ou a menos no nível significam o dobro ou a metade da potência sonora
- fontes mais de 10 dB abaixo de outras (num certo ponto de medição) são praticamente desprezíveis
- a fonte mais intensa é a que "manda" no ruído total em um certo ponto

Um dos estudos mais importantes que revelaram tal não-linearidade foi a experiência realizada por Fletcher e Munson, que resultaram nas curvas isoaudíveis.

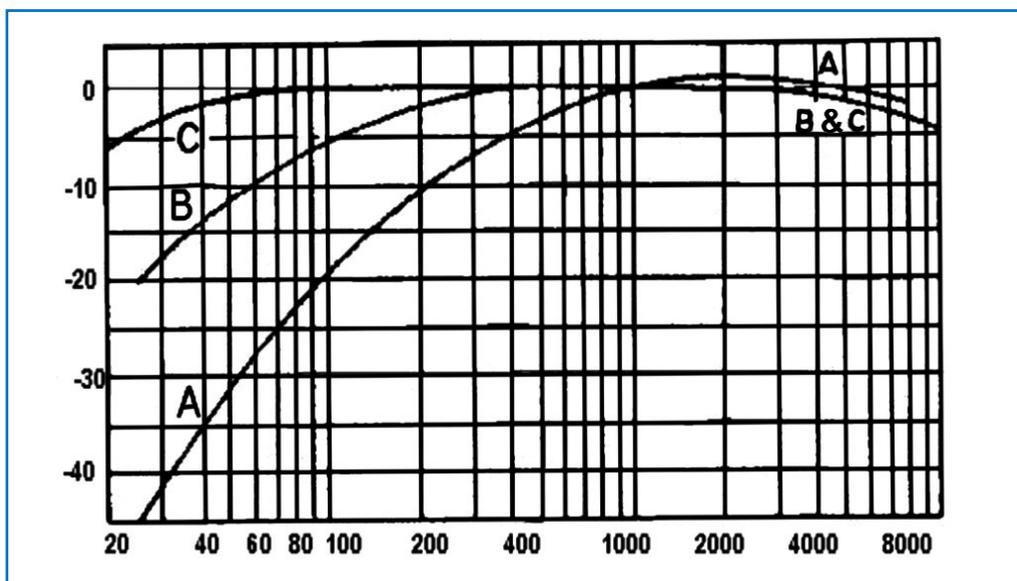
FIGURA 17 – CURVAS ISOAUDÍVEIS



Fonte: Folheto de divulgação Brüel & Kjaer

Para compensar essa peculiaridade do ouvido humano, foram introduzidos nos medidores de nível sonoro filtros eletrônicos com a finalidade de aproximar a resposta do instrumento à resposta do ouvido humano. São chamadas "Curvas de Ponderação" (A,B,C). Vide ilustração a seguir.

FIGURA 18 – ATENUAÇÕES RELATIVAS DOS CIRCUITOS DE COMPENSAÇÃO A, B e C



Fonte: Folheto de divulgação Brüel & Kjaer

Dessas curvas, a curva "A" é a que melhor correlaciona Nível Sonoro com Probabilidade de Dano Auditivo.

Respostas dinâmicas

Os medidores de ruído dispõem de um computador para as velocidades de respostas, de acordo com o tipo de ruído a ser medido. A diferença entre tais posições está no tempo de integração do sinal, ou constante de tempo.

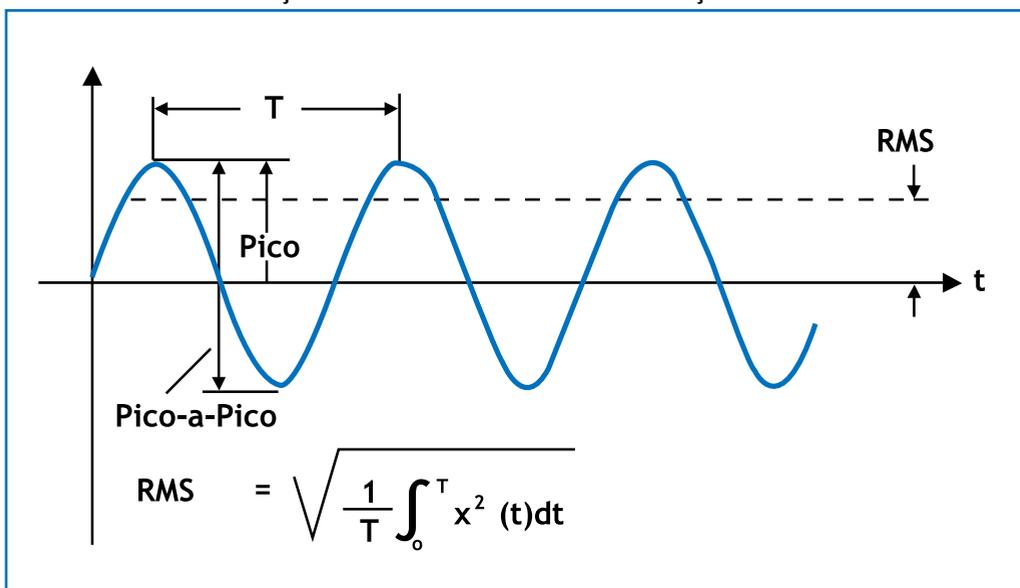
- "slow" – resposta lenta - avaliação ocupacional de ruídos contínuos ou intermitentes, avaliação de fontes não estáveis
- "fast" – resposta rápida – avaliação ocupacional legal de ruído de impacto (com ponderação dB (C)), calibração
- "impulse" – resposta de impulso – para avaliação ocupacional legal de ruído de impacto (com ponderação linear)

Observar: o dB "compensado" funciona como uma avaliação "subjetiva", ou do risco ao homem; o dB (linear) é uma avaliação objetiva do ruído no ambiente e é importante para se conhecer uma fonte de ruído.

Valor eficaz (RMS)

Na representação gráfica em onda senoidal, os valores máximos e mínimos atingidos por ela são os valores de pico. Tomando-se toda a amplitude (positiva e negativa) da onda, temos o valor pico a pico. No caso da avaliação de ruído, o que interessa é o valor eficaz dessa onda, uma vez que o valor médio entre semiciclo positivo e negativo seria zero. O valor eficaz é uma média quadrática (*root mean square* – RMS).

FIGURA 19 – ILUSTRAÇÃO DO VALOR RMS E SUA OBTENÇÃO ANALÍTICA



Fonte: Brüel & Kjaer. Medição de vibração

Determinação de nível de ruído de fonte em presença de ruído de fundo

Ruído de Fundo – é o ruído de todas as fontes secundárias, ou seja, quando estamos estudando o ruído de **uma determinada fonte** num ambiente, o ruído emitido pelas demais é considerado ruído de fundo.

A maneira natural de se realizar tal determinação seria desativar as demais fontes, ou seja, eliminar todo o ruído de fundo e fazer a medição apenas da fonte de interesse. Contudo, tal procedimento nem sempre é simples ou viável, na prática. Sendo assim, pode ser utilizado o conceito da “subtração” de dB, por meio da qual se determina o nível da fonte a partir do conhecimento do “decréscimo” global advindo da desativação da fonte de interesse. São utilizadas as terminologias e o gráfico abaixo:

L_{s+n} = ruído total (fonte e fundo)

L_n = ruído de fundo

L_s = ruído da fonte

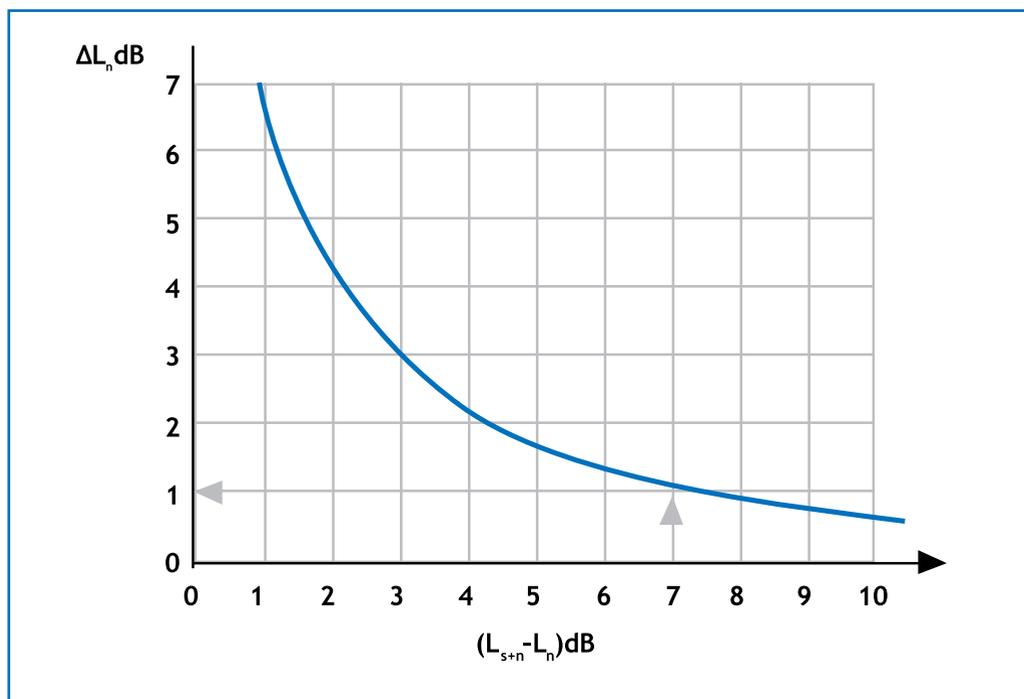
$L_s = L_{s+n} - \Delta L$

Exemplo: $L_{s+n}=60$ dB e $L_n=53$ dB

$L_{s+n}-L_n=7$ dB $\rightarrow \Delta L=1$ dB

$L_s=L_{s+n}-\Delta L = 60-1 = 59$ dB

FIGURA 20 – ALGORITMO E FUNÇÃO PARA DEDUÇÃO DE VALORES EM dB



Fonte: Brüel & Kjaer. A medição do som

Aspectos práticos

- se desligada a fonte, o ruído total se altera pouco, ela é pouco importante
- se desligada a fonte, o ruído total cai muito, a fonte é quem “manda” no ruído total (naquele ponto de medição)

2.2 Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído

Aspectos Técnico-Legais

De acordo com a legislação brasileira, Portaria nº 3.214/1978 do Ministério do Trabalho – NR-15, Anexo 1, os Limites de Tolerância para exposição a ruído contínuo ou intermitente são representados por níveis máximos permitidos, segundo o tempo diário de exposição, ou, alternativamente, por tempos máximos de exposição diária em função dos níveis de ruído existentes. Esses níveis serão medidos em dB(A), resposta lenta. A Tabela 1 do Anexo 1 da NR-15 da supracitada Portaria é reproduzida a seguir:

TABELA 8 – LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

| Nível de Ruído dB(A) | Máxima Exposição Diária Permissível |
|----------------------|-------------------------------------|
| 85 | 8 horas |
| 86 | 7 horas |
| 87 | 6 horas |
| 88 | 5 horas |
| 89 | 4 horas e 30 minutos |
| 90 | 4 horas |
| 91 | 3 horas e 30 minutos |
| 92 | 3 horas |
| 93 | 2 horas e 40 minutos |
| 94 | 2 horas e 15 minutos |
| 95 | 2 horas |
| 96 | 1 hora e 45 minutos |
| 98 | 1 hora e 15 minutos |
| 100 | 1 hora |
| 102 | 45 minutos |
| 104 | 35 minutos |
| 105 | 30 minutos |
| 106 | 25 minutos |
| 108 | 20 minutos |
| 110 | 15 minutos |
| 112 | 10 minutos |
| 114 | 8 minutos |
| 115 * | 7 minutos |

Fonte: Norma Regulamentadora nº 15 (Anexo 1)

*As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

Dose de Ruído

Os limites de tolerância fixam tempos máximos de exposição para determinados níveis de ruído. Porém, sabe-se que praticamente não existem tarefas profissionais nas quais o indivíduo é exposto a um único nível de ruído durante a jornada. O que ocorre são exposições por tempos variados a níveis de ruído variados. Para quantificar tais exposições utiliza-se o conceito da DOSE, resultando em uma ponderação para diferentes situações acústicas, de acordo com o tempo de exposição e o tempo máximo permitido, de forma cumulativa na jornada.

Calcula-se a dose de ruído da seguinte maneira:

$$D = T_{e1} / T_{p1} + T_{e2} / T_{p2} + \dots + T_{ei} / T_{pi} + \dots + T_{en} / T_{pn}$$

em que:

D = dose de ruído

T_{ei} = tempo de exposição a um determinado nível (i)

T_{pi} = tempo de exposição permitido pela legislação para o mesmo nível (i)

Com o cálculo da dose, é possível determinar a exposição do indivíduo em toda a jornada de trabalho, de forma cumulativa.

Se o valor da dose for menor ou igual à unidade (1), ou 100%, a exposição é admissível. Se o valor da dose for maior que 1, ou 100%, a exposição ultrapassou o limite, não sendo admissível. Exposições inaceitáveis denotam risco potencial de surdez ocupacional e exigem medidas de controle.

Aspectos práticos

- dose de ruído diária é o verdadeiro limite de tolerância (técnico e legal)
- dose diária não pode ultrapassar a unidade ou 100%, seja qual for o tamanho da jornada
- a dose de ruído é proporcional ao tempo: sob as mesmas condições de exposição, o dobro do tempo significa o dobro da dose etc.
- quanto mais alto o nível de um certo ruído e quanto maior o tempo de exposição a esse nível, maior sua importância na dose diária
- devemos reduzir os tempos de exposição aos níveis mais elevados, para assegurar boas reduções nas doses diárias
- toda exposição desnecessária ao ruído deve ser evitada

Deve ser ressaltado que, em casos de avaliação de doses em tempos inferiores aos da jornada, o valor da dose pode ser obtido por meio de extrapolação linear simples (regra de três), como no exemplo:

Tempo de avaliação = 6h30min; dose obtida = 87%. Então, para obtermos a dose para jornada de 8 horas:

$$\begin{array}{l} 6,5 \longrightarrow 87 \\ 8,0 \longrightarrow D_j \end{array} \quad D_j = \frac{87 \times 8}{6,5} = 107\%$$

Todavia, essa extrapolação pressupõe que a amostra feita foi representativa.

3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E EXERCÍCIOS PRÁTICOS

3.1 Dosimetria de Ruído

Na verdade, nunca existirão somente três ou quatro situações acústicas, de forma que, com somente três ou quatro frações, será possível encontrar a dose. O que se observará é uma exposição a níveis de ruído que oscilam muito rapidamente, com difícil obtenção de dados relativos a tempos de exposição e níveis de ruído.

Para se obter uma dose representativa, torna-se necessário o uso de um dosímetro.

Em suma, o dosímetro é um instrumento que será instalado em determinado indivíduo e fará o trabalho de obtenção da dose, acompanhando todas as situações de exposição experimentadas por ele, informando em seu *display* o valor da dose acumulado ao final da jornada, bem como vários outros parâmetros, tais como Nível Médio (Lavg), Nível Máximo etc.

3.2 Nível Médio (L_{avg})

É o nível ponderado sobre o período de medição, que pode ser considerado como nível de pressão sonora contínuo, em regime permanente, que produziria a mesma dose de exposição que o ruído real, flutuante, no mesmo período de tempo. No caso dos limites de tolerância NR-15, a fórmula simplificada de cálculo é:

$$L_{avg} = 80 + 16,61 \log (0,16 \text{ CD/TM})$$

Sendo:

TM = tempo de amostragem (horas decimais)

CD = contagem da dose (porcentagem)

3.3 Exercícios – Dose de Ruído

- a) Numa determinada indústria, a exposição do operador de campo A é a seguinte:

| nível de ruído na zona auditiva | tempo de exposição diária |
|---------------------------------|---------------------------|
| 92 dB(A) | 2 horas |
| 85 dB(A) | 4 horas |
| 90 dB(A) | 2 horas |

A exposição ultrapassa o limite de tolerância? Demonstre.

- b) Na mesma empresa, o operador B possui o seguinte perfil de exposição:

| nível de ruído na zona auditiva | tempo de exposição diária |
|---------------------------------|---------------------------|
| 85 dB(A) | 4 horas |
| 95 dB(A) | 1 hora |
| 68 dB(A) | 1 hora |
| 90 dB(A) | 2 horas |

A exposição ultrapassa o limite de tolerância?

c) O mecânico de manutenção possui o seguinte perfil de exposição:

| nível de ruído na zona auditiva | tempo de exposição diária |
|---------------------------------|---------------------------|
| 90 dB(A) | 2 horas |
| 95 dB(A) | 2 horas |
| 85 dB(A) | 4 horas |

Qual sua dose de ruído?

d) Na mesma empresa, porém em outro setor, há um operador de extrusora que se expõe a um nível único de 90 dB(A) por toda sua jornada de 8 horas. Qual sua dose?

Qual a relação entre a exposição c) e d)?

O que os “90 dB(A)” do caso d) representam no caso c)?

4 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|--------------------------------|--|--|
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> Baterias Acessórios (cabos de extensão, carregadores de baterias, calibradores) Ferramentas Folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> Prever dificuldade de compra de baterias em função da localidade da tarefa Prever diferentes voltagens de rede para carregadores etc. |

Continua

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|---|--|---|
| 2. Calibração | <ul style="list-style-type: none"> • Nível de calibração • Frequência - 1.000 Hz • Intercambiabilidade de calibradores x medidores • Ruído de fundo • Adaptadores conforme diâmetro • Cuidados na calibração automática | <ul style="list-style-type: none"> • Usar apenas calibrador da mesma marca que o medidor ou dosímetro • Ajustar o medidor em sala silenciosa. Se o ajuste for feito em campo, usar o maior nível de calibração disponível |
| 3. Avaliação com medidores | <ul style="list-style-type: none"> • Posição de microfone • Posição de medição • Nível instantâneo • Nível equivalente • Máximos • Nível de pico (real) | <ul style="list-style-type: none"> • Zona auditiva • Medidor afastado do corpo • Verificar parâmetro segundo o objetivo (ruído contínuo ou de impacto) |
| 4. Avaliação com dosímetros | <ul style="list-style-type: none"> • Posição de microfone • Ajuste do dosímetro • Controle de interferências do usuário • Verificação dos parâmetros úteis | <ul style="list-style-type: none"> • Zona auditiva • Conforme NR 15 ou NHO 01 • Lacrar e rubricar o aparelho • Fazer “diário de bordo” • Lavq, leq |
| 5. Cuidados de montagem / avaliação / situação de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Interferências: calor, eletromagnetismo, chuva • Ocorrência de ruído contínuo e de impacto | <ul style="list-style-type: none"> • Atentar e anotar interferências • Avaliar ambos |
| 6. Dados de campo e detalhamento da amostragem | <ul style="list-style-type: none"> • Registrar a calibração de campo • Vincular dado ao equipamento e ao trabalhador • Dosímetros x hora de almoço • Anotar uso de rádio • Anotar condições anormais • Antecipar interferência do operador • Calibração final • Julgamento sobre a confiabilidade das medições | <ul style="list-style-type: none"> • Estes itens devem constar das anotações de campo |

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|-------------------------------|--|---|
| 7. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> Nome do técnico avaliador Dia, hora, turno Equipamento com número de série Registro de calibração pré e pós Registro de ajuste do equipamento ou dosímetro Registro de horas de início e fim de dosimetrias Registros de medição, com compensação, resposta dinâmica, valor do sinal Registro de atividade e tarefa Registro - nível instantâneo ou equivalente Registro de condições anormais Nome do amostrado Função do amostrado Registro do epi, estado de conservação, tempo real de uso Julgamento de confiabilidade dos dados | <ul style="list-style-type: none"> Vide folha de campo |

| ORDEM | ITEM | DADO/DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
|-------|--|---|--|
| 1. | Nome do técnico avaliador | | Usar o verso para continuação de qualquer item |
| 2. | Dia, hora, turno | | |
| 3. | Equipamentos com número de série | | |
| 4. | Registro de calibração pré e pós | <ul style="list-style-type: none"> Pré Pós | |
| 5. | Registro de ajuste do equipamento ou dosímetro | <ul style="list-style-type: none"> Critério q Limiar Outros | |
| 6. | Registro de horas de início e fim de dosimetrias | <ul style="list-style-type: none"> Início Fim | |
| 7. | Registro de atividade e tarefa | <ul style="list-style-type: none"> | |

Continua

| ORDEM | ITEM | DADO/DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
|-------|--|---|---|
| 8. | Registros de medição, com compensação, resposta dinâmica, valor do sinal | <ul style="list-style-type: none">• Circuito de compensação• Resposta dinâmica• RMS ou pico | |
| 9. | Registro - nível instantâneo ou equivalente | <ul style="list-style-type: none">• Lavg• Leq | |
| 10. | Registro de condições anormais | | |
| 11. | Nome do amostrado | | |
| 12. | Função do amostrado | | |
| 13. | Registro do epi, estado de conservação, tempo real de uso | <ul style="list-style-type: none">• CA• Estado geral• Tempo real de uso | |
| 14. | Julgamento de confiabilidade dos dados | <ul style="list-style-type: none">• Dados considerados confiáveis? | |
| 15. | Dados da empresa | | Razão social, responsável, dados de contato |

5 ASPECTOS DE CONTROLE

5.1 Controles em Fonte e Trajetória

Projetos acústicos de controle

Essas são atividades especializadas e devem ser buscadas preferencialmente, evitando-se o uso de proteção individual. Os projetos acústicos são, em geral, caros, e a decisão sobre sua implantação pode ser demorada. Até que sejam viabilizados e considerados eficazes, deve ser provida a proteção auricular, a qual também deverá ser permanente se as demais medidas forem inviáveis ou apenas parcialmente eficazes. Além disso, a proteção individual deve ser oferecida para todos os casos em que a exposição de jornada ultrapassar o nível de ação.

5.2 Atenuação de Protetores Auriculares

O método do Rc/NRR

Esse é o método base que serve para entender as variações que atualmente existem. É um método de número único, desenvolvido para ser de uso prático (o tempo não atestou isso, como vamos ver). O NIOSH suprimiu a medição espectral, anteriormente utilizada no método original. No lugar do espectro do ruído, colocou um espectro rosa e um estimador astuto, a diferença C-A, que o corrige tecnicamente, ao calcular o NRR, de forma que o ruído real é superestimado em risco, com um nível de confiança de 98%. Também foi estabelecido o mesmo nível de confiança (98%) em relação aos dados de atenuação do protetor, deduzindo-se dois desvios-padrão. Digo isso para que se conheça a segurança embutida nesse número, que integra os dados do protetor e prevê o enfrentamento do pior espectro (percentil 98 em “dificuldade de atenuação”). Feito isso, com uma elegância e prestidigitação científica notáveis, a conta do usuário fica simples: ele deve subtrair o NRR do ruído ambiental avaliado em dBC, obtendo o nível que atinge o ouvido em dBA.

$$\text{dBC} - \text{NRR} = \text{dBA (ouvido)}$$

Observe que tem de ser o dBC, pois o método prevê assim. No próximo tópico, vamos discutir qual seria esse dBC, que passa a ser o indicador do espectro e vai ser usado na fórmula.

O método do Rc/NRR – Qual o dBC a usar?

Vimos que o trabalho do técnico fica simples: ele deve subtrair o NRR do ruído ambiental avaliado em dBC, obtendo o nível que atinge o ouvido em dBA.

$$\text{dBC} - \text{NRR} = \text{dBA (ouvido)}$$

É importante discutirmos esse dBC que será utilizado na fórmula. Ele

deve representar a exposição do trabalhador que está sendo protegido. Uma representação fiel da exposição, sobretudo quando os níveis são muito variáveis, só é possível com dosimetria. Da dosimetria, obtém-se o nível médio da jornada. Porém, esse nível deve ser obtido na curva de compensação C, e não A, como se trabalha usualmente. Observe-se, portanto, que o dosímetro deverá operar em circuito C. Os dosímetros atuais permitem isso, e não é por outro motivo que possuem o circuito C. Se não for possível fazer uma dosimetria C, deve-se eleger um nível em dBC que represente a jornada. Nesse caso, não há opção a não ser a escolha do máximo nível dBC da jornada, ou seja, da máxima fonte em dBC das situações de exposição. Essa é uma consideração a favor da segurança, mas também, com certeza, excessivamente conservadora em muitos casos, pois o tempo de permanência sob tal nível pode ser mínimo. Do exposto, a melhor opção será a dosimetria C, obtendo-se o nível médio Lavg (C). Nossa próxima discussão deve abordar os descontos a serem aplicados ao NRR, de forma que seu valor reflita adequadamente as situações de uso real. Isso porque o NRR é obtido em condições ideais de laboratório, dificilmente reproduzíveis no dia-a-dia das empresas.

Correções para o uso real dos protetores (correção laboratório-campo)

Nas partes anteriores, definimos que vamos nos limitar aos métodos de número único, e vimos o método NIOSH n° 2, do Rc ou NRR, que chamaremos também de NRR tradicional. Discutimos as possibilidades de consideração do dBC ambiental a ser usado na fórmula. Mas falta ainda considerar as correções a serem feitas quanto ao uso real, tendo em vista o fato de o NRR ser obtido em laboratório, em condições muito especiais, que diferem dramaticamente da realidade de campo. Vejamos: no laboratório, os protetores são novos, são colocados por pessoas experientes no perfeito ajuste do protetor e orientados/supervisionados por *experts* dos fabricantes; além disso, não há nenhuma interferência negativa dos protetores com outros EPIs. No campo, os protetores não são novos, são colocados de forma deficiente, recebem interferências de outros EPIs na sua perfeita vedação acústica, e ainda mais: não são usados todo o tempo. Para este último caso, há maneiras de considerar os tempos de não-uso do protetor. Para os outros desvios há fatores de correção que são recomendados pelo NIOSH, e que diferem de acordo com o tipo de

protetor: 25% de desconto para protetores circum-auriculares, 50% de desconto para os protetores de inserção de espuma de expansão lenta e 70% de desconto para os protetores de inserção pré-moldados (polímeros de forma fixa). Esses descontos devem ser aplicados ao NRR nominal (de fábrica) antes de serem usados na equação básica do método n° 2.

Uso do dBA em vez do dBC

Tudo o que foi falado até agora parte de valores ambientais do ruído em dBC, e isso faz parte do método do NRR. Mas, devido à “sonora” pressão, bastante compreensível, de técnicos da área para o uso do dBA ambiental (que todos já possuem – é o nível médio das dosimetrias), foi desenvolvida uma alternativa com o uso do dBA ambiental. Note-se que, no método básico, é a diferença C - A (valor dBC - dBA) que “representa” o ruído. Sem o dBC, perde-se o indicador e, para isso, admite-se que se vai enfrentar um ruído muito desfavorável, o que quer dizer um ruído com grande conteúdo de baixas frequências. O NIOSH admitiu uma diferença C - A = 7 para representar esse ruído. Na fórmula básica, no lugar do dBC teríamos dBA + 7, ou, alternativamente, o NRR seria descontado em 7. Por isso, ao usarmos diretamente o dBA ambiental, é preciso fazer uma subtração de 7 no NRR. Se chamarmos esse NRR para uso do dBA de NRRa, então

$$\text{NRRa} = \text{NRR} - 7$$

Feito isso, o restante das considerações, descontos e fórmulas vistas ficam válidos, mas, pelo conceito da correção (ela se aplicaria ao dBA, “levando-o” a um dBC de pior caso), observe que é necessário ANTES corrigir o NRR e depois aplicar o (-7).

O NRRsf

O que temos falado até agora diz respeito ao NRR que chamaremos de “tradicional”. Isso para se contrapor ao NRRsf, que é uma proposta relativamente nova, mas já posta em prática inclusive no País. Vários fabricantes já possuem seus protetores ensaiados para esse fim e sabem quais são os NRRsf deles. Nós vimos que devem ser feitos descontos nas atenuações dos NRR “tradicional”, devido às grandes diferenças

de *performance* entre o laboratório e o campo. Ora, os pesquisadores verificaram que, se os ensaios de laboratórios fossem feitos com sujeitos “ingênuos” quanto à proteção auditiva, que apenas leriam as instruções das embalagens, colocando então os protetores para fazer o teste, os dados obtidos se aproximariam do desempenho (real) de campo. Trata-se da Norma ANSI S 12. 6 / 97 B. O NRRsf é calculado a partir desses dados de atenuação, com algumas peculiaridades, quais sejam: o nível de proteção estatístico é de 84% (contra 98% no método tradicional) e subtrai-se diretamente do dBA, com correção de 5 em vez de 7, já embutida no número. Portanto,

$$\text{dBA} - \text{NRRsf} = \text{dBA (ouvido)}$$

Não é necessário fazer nenhuma outra correção, com exceção da devida ao tempo de uso real.

Mini-resumo

Há, então, três métodos apresentados para cálculo de atenuação, com variantes:

- NRR tradicional, a partir do dBC ambiental, em L_{avg}
variante: dBC máximo da jornada no lugar do L_{avg} (C)
- NRR tradicional, ajustado para uso do dBA ambiental ($NRRa = NRR - 7$),
sendo o dBA usualmente o $L_{avg}(A)$
variante: dBA máximo da jornada
- NRRsf, obrigatoriamente a partir do dBA ambiental (seja $L_{avg}(A)$
ou máximo dBA da jornada)

Todos os casos, exceto o último, devem sofrer correções para o uso real, conforme já falado.

Tempo real de uso do protetor

Todos os casos devem ter correção para tempo real de uso, se o protetor não for utilizado em 100% do tempo. Não foi abordado aqui o método “longo”, ou de análise espectral, ou o chamado método NIOSH nº 1. Todos os quatro métodos (longo, NRR, NRRa, NRRsf) são utilizáveis para fins previdenciários, como descrito na IN 78 do INSS.

Tempo real de uso

Esta correção deve ser feita sempre que o tempo real de uso de um protetor não for de 100% da jornada. É importante observar que o simples fato de retirar o protetor por alguns minutos degrada imediatamente o NRR previsto, reduzindo-o a apenas 3 a 5, se o protetor for utilizado apenas 50% do tempo. Para se levar em conta essa degradação, use-se a tabela a seguir. A tabela é aproximação razoável das equações envolvidas, e de uso mais prático.

| CORREÇÃO PARA O NRR NOMINAL DO PROTETOR | | | | | | | |
|--|-----|------|----|----|----|------|--|
| Tempo de uso em porcentagem de jornada de 8 horas | | | | | | | |
| 50 | 75 | 87,5 | 94 | 98 | 99 | 99,5 | 100% do tempo NRR - atenuação nominal |
| -20 | -15 | -11 | -7 | -3 | -2 | -1 | 25 |
| -15 | -11 | -7 | -4 | -2 | -1 | -1 | 20 |
| -11 | -7 | -4 | -2 | -1 | -1 | 0 | 15 |
| -7 | -4 | -2 | -1 | -1 | 0 | 0 | 10 |
| 240 | 120 | 60 | 30 | 10 | 5 | 2,5 | 0 |
| Tempo de não uso em minutos por jornada de 8 horas | | | | | | | |
| <p><i>Exemplo: Um protetor com NRR=25 retirado por 10 minutos é corrigido em -3, ou seja, seu valor efetivo será $25-3=22$. Para valores intermediários, usar o NRR imediatamente superior.</i></p> <p>Essa correção deve ser aplicada após as correções do NIOSH segundo cada tipo de protetor, em função das condições de uso real. No caso do NRRsf, não há tais correções, mas apenas do tempo de uso (esta correção), se for o caso.</p> | | | | | | | |

Fonte: Fantazzini, Mário Luiz – Série publicada na Revista Proteção, Seção Prevenção de Riscos

Os maiores valores de NRR tradicional estão ao redor dos 30. Como sempre, pelo menos, uma correção de 0,25 vai existir, os maiores valores necessários na tabela estão entre 20 e 25. OK!

Roteiro para cálculo de atenuação

Finalizando, segue um roteiro para os casos de uso do NRR tradicional, para todos os tipos de protetores, levando em conta os descontos recomendados pelo NIOSH e a correção para o tempo real de uso. Notar que o NRR vai sendo gradualmente corrigido (NRR*, NRR**, NRR***), segundo o tipo de protetor, o dado ambiental utilizado e o tempo real de uso.

| PASSO | O QUE FAZER | COMO FAZER |
|-------|---|--|
| 1. | Identifique o NRR do protetor | Verificar embalagem, especificações ou o C. A. |
| 2. | Identifique a forma em que foi avaliado o ruído ambiental | Verifique os dados fornecidos de avaliação |
| 3. | Corrigir o nrr obtendo o NRR* (correção laboratório-campo) | Siga |
| 4. | Identifique o tipo de protetor | Verificar protetor, siga |
| 5. | O protetor é circum-auricular | Passo 15 |
| 6. | O protetor é de espuma de expansão lenta | Passo 16 |
| 7. | O protetor é de polímero (plástico) moldado | Passo 17 |
| 8. | Corrigir o NRR* obtendo o NRR** (correção de tempo real de uso) | Siga |
| 9. | Use a tabela de correção | a) Entre na linha do NRR* ou imediatamente superior b) Entre na coluna do tempo de não uso em minutos ou imediatamente superior c) Obtenha a perda P = no encontro da linha com a coluna na tabela dada na parte 6 desta série d) $NRR^{**} = NRR^{*} - (\text{valor } P)$ notar que P já é negativo na tabela, usar o valor absoluto |
| 10. | A medição foi feita em dBC | Vá para o passo 12 |
| 11. | A medição foi feita em dBA | Vá para o passo 13 |
| 12. | Obtenha o valor que atinge o ouvido | $dBA = dBC - NRR^{**}$ |
| 13. | Obtenha o NRR*** (correção pelo uso do dBA) | $NRR^{***} = NRR^{**} - 7$ Siga |

| PASSO | O QUE FAZER | COMO FAZER |
|-------|-------------------------------------|---|
| 14. | Obtenha o valor que atinge o ouvido | $D_{ba} = d_{ba} - NRR^{***}$ |
| 15. | Obter o NRR* | $NRR^* = NRR \times 0,75$ vá para o passo 8 |
| 16. | Obter o NRR* | $NRR^* = NRR \times 0,50$ vá para o passo 8 |
| 17. | Obter o NRR* | $NRR^* = NRR \times 0,30$ vá para o passo 8 |

O NRR pode reconhecer e atenuar de forma diferente ruídos diferentes?

Caso 1

- Serra circular
- 100 dBA, 97 dBC
- $NRR = 20$
- $dBA = dBC - NRR$
- $dBA = 97 - 20 = 77 dBA$
- redução em dBA = $100 - 77 = 23 dBA$

Caso 2

- grande motor diesel
- 100 dBA, 103 dBC
- $NRR = 20$
- $dBA = dBC - NRR$
- $dBA = 103 - 20 = 83 dBA$
- redução em dBA = $100 - 83 = 17 dB$

Cálculo do NRR

O NRR não precisa ser calculado, mas pode ser calculado a partir dos dados de atenuação por frequência de um protetor.

Exemplo de cálculo de NRR de protetores auriculares

| PROTETOR: 3M, tipo inserção, modelo 1110 | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Frequências centrais de banda de oitava (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| a) Níveis de banda de oitava em dB(A), de um ruído rosa arbitrário de 100 dB por banda | 83,9 | 91,4 | 96,8 | 100,0 | 101,2 | 101,0 | 98,9 |
| b) Atenuações médias | 25,9 | 34,4 | 39,7 | 36,3 | 38,5 | 42,9 | 45,4 |
| c) Desvios-padrão (x2) | 8,0 | 9,6 | 10,4 | 6,4 | 6,2 | 5,1 | 7,6 |
| d) Níveis em dB(A), por banda de oitava, "após" o protetor auditivo $d = a - b + c$ | 66,0 | 66,6 | 67,5 | 70,1 | 68,9 | 63,2 | 61,1 |
| e) Nível global, após o protetor | | | | | | | 75,7 |
| f) $NRR = 107,9^* - e - 3,0^{**}$ (dB) *** | | | | | | | 29,2 |

| PROTETOR: 3M, tipo inserção, modelo 1210 | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Frequências centrais de banda de oitava (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| a) Níveis de banda de oitava em dB(A), de um ruído rosa arbitrário de 100 dB por banda | 83,9 | 91,4 | 96,8 | 100,0 | 101,2 | 101,0 | 98,9 |
| b) Atenuações médias | 30,8 | 31,8 | 31,7 | 32,7 | 34,3 | 41,8 | 45,7 |
| c) Desvios-padrão (x2) | 7,2 | 8,6 | 5,4 | 6,2 | 8,6 | 8,9 | 10,7 |
| d) Níveis em dB(A), por banda de oitava, "após" o protetor auditivo $d = a - b + c$ | 60,3 | 68,2 | 70,5 | 73,5 | 75,5 | 68,1 | 63,9 |
| e) Nível global, após o protetor | | | | | | | 79,3 |
| f) $NRR = 107,9^* - e - 3,0^{**}$ (dB) *** | | | | | | | 25,6 |

Exercício: Calcule este NRR¹

| PROTETOR: 3M, tipo concha, modelo 1440 | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Frequências centrais de banda de oitava (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| a) Níveis de banda de oitava em dB(A), de um ruído rosa arbitrário de 100 dB por banda | 83,9 | 91,4 | 96,8 | 100,0 | 101,2 | 101,0 | 98,9 |
| b) Atenuações médias | 15,5 | 21,8 | 28,1 | 29,6 | 30,5 | 37,0 | 40,0 |
| c) Desvios-padrão (x2) | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 3,4 | 4,0 | 4,8 | 6,0 |
| d) Níveis em dB(A), por banda de oitava, "após" o protetor auditivo $d = a - b + c$ | | | | | | | |
| e) Nível global, após o protetor | | | | | | | |
| f) $NRR = 107,9^* - e - 3,0^{**}$ (dB) *** | | | | | | | |

Resposta: 23,5

¹ Série publicada na Revista Proteção, Seção Prevenção de Riscos, Mario Fantazzini.

Exercícios

1. Para um protetor com $NRR=29$, tipo espuma de expansão lenta, que não é usado por 30 minutos na jornada, qual o NRR corrigido (correção campo-laboratório e tempo real de uso) e a atenuação final conseguida?
2. Qual a atenuação final de uma exposição cujo $L_{avg}(C) = 102$, usando-se um protetor circum-auricular com $NRR=21$ e uso de 100% do tempo da jornada?
3. A dosimetria de uma exposição, para fins de insalubridade, é de 160%, e jornada de trabalho é de seis horas. Usa-se um protetor de polímero (forma fixa) de $NRR=19$, por todo o tempo de jornada. Qual o nível atenuado?
4. O NRR_{sf} de um protetor é 18. A dosimetria convencional é 190%. Qual o nível atenuado?
5. Qual o máximo dBC para o qual um protetor de espuma de expansão lenta com $NRR=28$, se usado 100% do tempo, dará proteção, se a jornada é de oito horas?

6 RÚIDO EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

RU – 1

O que temos em termos de lei ou recomendações sobre prazo para troca de protetor auricular? Perguntei isso a três fabricantes de protetores auriculares e as respostas foram as seguintes: um não respondeu, outro mandou-me o custo de EPI e apenas o terceiro menciona algumas evidências de que o EPI precisa ser trocado. Tenho me deparado às vezes com situações como perícias trabalhistas em que o perito diz que vai julgar procedente a reclamação de insalubridade tendo em vista que o EPI foi dado há mais de seis meses, em tecelagem, em que temos nível de ruído em torno de 100 dB(A). Qual a sua postura frente ao uso de protetor auricular tipo *plug* nessa situação?

Resposta: Nós vamos falar sobre cálculo de atenuação de protetores auriculares. O tipo de protetor não implica necessariamente que não vai haver proteção. Quanto à vida útil de protetores, não existe uma regra fixa, pois ela depende de uma série de fatores do ambiente e do próprio uso. Deve-se seguir as orientações dos fabricantes.

RU – 2

Gostaria que o senhor esclarecesse o porquê do uso do $q = 3$ e não $q = 5$, conforme preconiza a Portaria nº 3.214 – Norma Regulamentadora 15. (Pedro Cerbino Salles – Técnico de Segurança do Trabalho)

Resposta: Prezado Pedro, se a questão é legal, deve ser usado $q = 5$, pois é o que define a NR-15. Se a questão é técnica, pode-se seguir o recomendado pela NHO-01, da Fundacentro, assim como muitos outros organismos estrangeiros e internacionais, usando-se $q = 3$. Entretanto, isso não pode ser usado em trabalhos legais. O porquê da recomendação de $q = 3$ é que, dessa forma, realmente se aplica o princípio de igual energia na exposição, sendo, sem dúvida, mais protetor do que $q = 5$, para o mesmo critério de exposição (por exemplo, 85 dBA).

RU – 3

Se um trabalhador tem seu posto de trabalho compreendido próximo de uma fonte de ruído e durante a jornada de trabalho ele desloca-se em um raio variável de até quatro metros a partir da fonte, como devo realizar uma medição precisa da exposição desse trabalhador?

Resposta: Exposições a níveis variáveis são mais bem avaliadas por meio de dosimetria de ruído, que deveria ser utilizada nesse caso. Se você não possuir o dosímetro, pode estimar a exposição a maior, ou seja, no pior caso e de forma conservadora, usando o maior nível medido durante a tarefa, que deve ser, naturalmente, próximo da fonte. Se o maior nível ainda for inferior ao máximo nível permitido para aquela jornada, como consta na tabela do anexo 1 da NR-15, então você pode afirmar que a exposição é aceitável, com rigor técnico, mesmo sem possuir um dosímetro.

RU – 4

Temos aqui no SESI Clínica de Porto Velho/RO um dosímetro da marca Simpson, modelo 897 e, segundo informações do seu manual, ele está programado para efetuar integração de oito horas de exposição diária. Recentemente, efetuei uma dosimetria em uma empresa onde um grupo de funcionários trabalha seis horas diárias e outro grupo trabalha dez horas diárias.

Assim sendo, pergunto se a dose e o L_{avg} lidos nos períodos acima informados representam a dose real. Se não, como poderei fazer essa interpretação, uma vez que meu dosímetro possui essa programação? Saliento ainda que a minha preocupação diz respeito à obrigatoriedade da dosimetria da jornada na elaboração do LTCAT, e, portanto, da coleta do L_{avg} na respectiva jornada.

Resposta: Em primeiro lugar, a questão técnica: observe que o dosímetro registra a dose acumulada no período de medição (tempo em que fica ligado, operando – e esse tempo também é registrado), assim como ele extrapola

proporcionalmente a dose para uma jornada (normalmente é considerada como oito horas). Então, de duas, uma: ou você usa o dosímetro pelo tempo exato da jornada, e então o valor medido sem extrapolar é exatamente o que você necessita, ou então você tem de trabalhar com o Lavg.

O Lavg representa o nível médio da exposição, seja qual for o tempo de medição. Se a amostra foi representativa, então você pode calcular a dose para qualquer tamanho de jornada, fazendo a conta:

$D = \text{duração da jornada} / \text{tempo permitido correspondente ao Lavg, da tab. do anexo 1}$

Por exemplo, se o nível médio foi de 90 dBA, e a jornada é de 10 horas, então a dose será:

$D = 10 / 4 = 2,5$ ou 250% (observe que 4 horas é o tempo permitido para 90 dBA)

Quanto à questão legal, siga o que o INSS manda. Observe que, se a exposição é relativamente homogênea (pouco variável) durante a jornada, o Lavg tende a ficar constante para qualquer tempo de medição (ou seja, a dose vai aumentando, mas o Lavg é – aproximadamente – constante).

Isso é conceitual. Deve-se lembrar da analogia = dose é a caixa d'água, que vai acumulando água – dose – e o nível de ruído é a vazão da torneira que enche a caixa. O nível de ruído é constante, vazão constante, que enche a caixa no mesmo tempo em que a água “variável” da exposição do trabalhador – é o Lavg. Se o nível de exposição real do trabalhador é aproximadamente constante, o Lavg medido tende a ser similar para diferentes tempos de medição.

RU – 5

Quero determinar a dose de ruído de um trabalhador para uma jornada de oito horas; faço a primeira medição pela manhã, por quatro horas, obtenho um valor de dose e um Lavg. Após o almoço, ligo novamente o aparelho e faço a medição das quatro horas restantes da jornada de trabalho, cujo resultado, certamente será diferente. Como faço para transformar essas duas medições em um único valor para oito horas de exposição?

(Maurício – SESI/SC)

Resposta: A dose de toda a jornada será a soma das duas parcelas obtidas, nos dois períodos avaliados de quatro horas (soma simples). O Lavg pode ser calculado pela fórmula dada na apostila. Não podemos tirar a média simples dos dois Lavg obtidos. Tente fazer essa conta e, se for necessário, consulte novamente.

RU – 6

Ao cumprimentá-lo, o parabenizamos pelo excelente trabalho desenvolvido no curso de Técnicas para Avaliações de Agentes Ambientais a Distância.

Nós, técnicos do DR/AM, estamos com uma demanda significativa de dosimetria, sendo esses nossos primeiros trabalhos. Estamos com algumas dúvidas e gostaríamos de contar com sua colaboração. Abaixo, nossas perguntas:

a) Temos um audiodosímetro modelo 897, marca Simpson, que especifica em seu manual usar o nível critério em 90 dB. Realizamos uma avaliação em que ele foi programado com os seguintes dados: Threshold = 80 dB e Exchange (taxa de troca) = 5 dB. Gostaríamos de saber se essa programação está correta, pois, após assistirmos à aula, nos foi informado que o nível critério é 85 dB. Gostaríamos de saber se podemos considerar essa avaliação ou temos que fazer outra. Estamos com dúvida também em Leq, pois este informa que é < 80 dBA, e como o SPL máximo + * 100 dBA (enviamos via fax o relatório).

b) Por favor, informar qual é a fórmula para fazer o cálculo de atenuação do protetor auricular, tendo em vista que o NRR é de 21 dBA.

Resposta: De fato, o nível de critério deve ser de 85 dBA. Consulte o manual do equipamento para fazer o ajuste do critério. A avaliação não está perdida, pois basta (nesse caso) multiplicar por 2 a dose obtida. Mas as próximas dosimetrias devem ser feitas com o ajuste correto. Não existe Leq para o nosso caso, pois trabalhamos com $q = 5$ e não $q = 3$. Pode ser que o manual do dosímetro não seja rigoroso, e se refira ao Lavg como Leq. Nesse caso, desconsidere a grafia do aparelho e use Lavg. O nível máximo de um período não tem relação especial com o

Lavg, podendo haver valores muito altos de máximos por períodos curtos, e depois longos períodos com níveis abaixo do limiar de integração do aparelho, o que acaba resultando numa dose baixa e um Lavg baixo. Para fazer o cálculo da atenuação do protetor, siga o roteiro dado no material. Se houver dúvida, consulte-nos novamente. O roteiro é suficiente para qualquer técnico realizar o cálculo (se o roteiro estiver deficiente, vamos aperfeiçoá-lo). Leia também o texto sobre atenuação de protetores. Persistindo as dúvidas, consulte-nos novamente. Procurem fazer isso em conjunto, discutindo os conceitos e as soluções.

Bom trabalho!

RU – 7

Gostaria de, primeiro, parabenizá-lo pelo excelente desempenho nas videoconferências que o DN está promovendo. É incrível como o senhor centraliza a atenção de todos, mesmo a distância, o que é difícil de se conseguir em um evento dessa categoria.

Bem, tenho uma dúvida relacionada à dose de ruído. Parece simples, mas nunca ficou muito claro para mim. Eis a questão:

A dose de ruído é representada em porcentagem, por exemplo, 154%, 200%. Esse percentual está relacionado a quê? O nível médio é bem claro, q é um valor exato, em dB, uma escala conhecida. Mas, se na avaliação fosse disponibilizado apenas a dose (%), eu não conseguiria interpretar o dado. Como indicar a atenuação adequada que um protetor auditivo deve oferecer só com este dado, por exemplo?

(Gisella Câmara Menezes)

Resposta: Vamos por partes. A Dose é o somatório do item 6 do anexo 1 da NR-15. Esse conceito você conhece. O resultado do somatório dos tempos de exposição pelos tempos permitidos, ao longo da jornada, para cada nível de ruído. Esse somatório é um número puro e não deve ser maior que 1. Ocorre que esse é o limite máximo permissível, ou seja, 100% do permitido. Dessa forma, 1 ou 100% é o limite de tolerância. Se uma dose é 200%, então o somatório é 2, ou ainda, o dobro do permitido. Dessa forma, é mais prático

e até mais importante exprimir a dose em porcentagem, pois fornece uma idéia direta do quanto foi excedido o limite (acima de 100%).

Então eu acho que você agora sabe o que significa a dose em porcentagem, podendo interpretar esse dado sem problemas. O nível médio é obtido pelo aparelho a partir da dose e é dado em dBA.

Para fazer cálculos de atenuação de protetores, usamos o nível médio da jornada (ou o nível máximo medido, se não houver dosimetria). Veja o roteiro fornecido, e, se tiver dúvidas, volte a consultar.

RU – 8

O objetivo do nosso *e-mail* é solicitar informações referentes aos critérios técnicos que devemos solicitar dos fornecedores de equipamentos da área de SST. Estamos fazendo cotação para aquisição de audiodosímetros, termômetro de globo, decibelímetro etc. Na aula 2, o Senhor nos informou que eles deverão atender a padrões técnicos, os quais são especificados nas normas americanas ISO/IEC 6.065 e ANSI s1.4, e o tipo de classe. Favor nos confirmar se estamos corretos no que se refere às normas e qual o tipo e a classe que deveremos adquirir para realizar avaliações de exposição de trabalhador.

Resposta: Os equipamentos de ruído em geral devem ser de classe 2 ou superior (0 e 1) das normas IEC 60651 (651) ou ANSI S 1.4 (e outras da série S). O equipamento de calor deve possuir globo de 6 polegadas (ver a aula de calor). Se necessitar de mais informação, avise.

RU – 9

Depois de assistirmos à aula do dia 10/7/2003, tivemos as seguintes dúvidas:

a) Qual seria o Nível de Critério a ser inserido no Audiodosímetro para uma avaliação de jornada de 12 horas, uma vez que o aparelho nos dá as seguintes opções: 70; 80; 84; 85; 90?

b) Utilizando-se o Nível de Critério 85, para uma jornada de 12 horas, o L_{avg} obtido pelo dosímetro é referente a 8 horas ou 12 horas?

Resposta: O nível de critério deve ser sempre de 85 dBA, e isso não depende do tamanho da jornada. O tamanho da jornada influirá porque a dose acumulada, ao longo do tempo, será maior. O L_{avg} , que é o nível médio obtido a partir da dose da amostra, representa também o nível médio da jornada, se a amostra for representativa. De toda forma, o aparelho projeta a dose da amostra para a dose da jornada, e o nível médio da amostra será o nível médio da jornada.

RU – 10

A duplicação da dose a cada 5 dB, e a nossa resposta foi considerada errada, baseada na duplicação a cada 3 dB (consideramos a) que foi a resposta correta.

Que duplicação devemos usar?

(Cláudio – Sesi MS)

Resposta: Não entendi bem a que se refere a questão, mas entendo a dúvida: para fins legais, o fator deve ser 5 (NR-15). Para fins técnicos, pode-se seguir a NHO 01, com o fator igual a 3. Mas uma não substitui a outra, e como mínimo devemos ter o atendimento legal. Quem quiser seguir a NHO 01 deverá refazer todas as dosimetrias, além das “legais”, com $q = 3$.

RU – 11

Quando um trabalhador tem a jornada laboral superior a 8 horas diárias (como ocorre com os serradores, que trabalham 12 e folgam 36 horas), como devemos proceder? Projetar o dosímetro para 12 horas e avaliar essas 12 horas ou avaliar somente 8 horas?

(Geovane dos Reis Pereira – DR/ES)

Resposta: Prezado Geovane,

O tamanho da amostra deve ser representativo da jornada. De acordo com sua observação e julgamento, a amostra pode eventualmente ser menor que a jornada.

Havendo dúvida, faça amostra de jornada completa.

Não é necessário mudar o ajuste do dosímetro ($q = 5$, 85 dBA para o critério e 80 dBA para o limiar).

Se a amostra feita é menor que a jornada, projete-a, por regra de três simples, para a efetiva duração da jornada.

Dose da Jornada = Dose da amostra x tempo da jornada / tempo da amostra.

RU – 12

O limite de tolerância para ruído, quando a jornada de trabalho é de 6 horas, é de 87 dB(A), conforme mostra tabela do anexo 1 da NR-15? O meu audiodosímetro está programado para me informar a dose projetada para 8 horas. Como eu teria que proceder? Teria que avaliar 6 horas e utilizar a dose dessa mediação com seu respectivo L_{avg} ? E no caso de uma jornada de 12 horas, como deveria proceder? Qual o limite de tolerância para essa situação?

(Jadilson Denaday – DR/ES)

Resposta: Prezado Jadilson,

O Limite de Tolerância para ruído é a dose da jornada, e não deve ser maior que 100%. O nível que produz essa dose, que seria o nível médio de exposição, é que vai variar de acordo com a jornada.

De fato, em 6 horas, um nível de 87 dBA produz uma dose de 100%. Qualquer combinação de níveis que produza a mesma dose no mesmo tempo tem um nível médio de 87 dBA.

Se você fez uma amostra de toda a jornada (6 horas), então o resultado em dose e nível médio (da amostra) é o que representa a exposição. Não utilize a dose projetada para 8 horas, porque a jornada não é de 8 horas. Ok?!

O que foi falado vale para qualquer tamanho de jornada. O limite é 100%. O nível que o produz depende do tamanho da jornada.

Proceda sempre da mesma forma e veja a resposta dada para o Geovane, do ES (PERGUNTA RU – 11).

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978.** Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: < <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

Brüel & Kjaer. **Medição de vibração.** São Paulo, 1982.

_____; Ilustração de folheto de produto. [s.d].

_____; Ilustração de manual de produto. [s.d].

FANTAZZINI, Mario Luiz. Série sobre atenuação de protetores auriculares. **Revista proteção**, nº 127-133, 2002/2003.

FANTAZZINI, Mario Luiz; SALIBA FILHO, Anis. Módulos didáticos dos cursos básico de higiene ocupacional e avançado de agentes físicos 1993-2001. **Anais.** [S.l]: Itsemap do Brasil, 2001.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído, fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

National Institute of Occupational Safety and Health. [s. l] . n. 98.



CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a exposição a vibrações não é nova, embora por muitos anos os únicos critérios de exposição disponíveis tenham sido os da ISO (essencialmente uma preocupação europeia). Mais recentemente, a ACGIH passou a definir critérios de exposição (TLVs). Na nossa legislação, as vibrações deixaram de ser consideradas qualitativamente em 1983, quando foram referenciados os critérios das normas ISO.

Um ponto importante na avaliação das vibrações é que se está lidando com uma grandeza vetorial, isto é, não é apenas a magnitude que conta, mas também a direção. Isso não é comum em termos ocupacionais, em que as grandezas são, em geral, escalares. Dessa forma, é importante atentar para o particular eixo de orientação medido, sua magnitude, e, ainda, fazer a avaliação no ponto de transmissão (ou o mais próximo possível) da vibração ao corpo.

Na prática, a exposição às vibrações é estudada de duas formas, isto é, vibrações de corpo inteiro e vibrações localizadas (mão/braço).

As vibrações de corpo inteiro são aquelas em que todo o corpo ou grande parte dele está exposta a movimentos vibratórios, e ocorre mais intensamente em veículos e equipamentos móveis, em que há um posto de operação (em geral um assento) e a vibração do rolamento do veículo ou equipamento é transmitida ao operador/motorista. Em menor escala, observam-se superfícies, pisos, plataformas industriais etc., que podem transmitir vibração ao homem e que, na maior parte dos casos, têm menor importância ocupacional.

As vibrações localizadas são transmitidas às mãos e aos braços, em geral, por meio de ferramentas vibratórias, sejam elas elétricas, pneumáticas ou de outra forma de energia (lixadeiras, marteletes, motosserras). Podem, também, ser transmitidas por equipamentos conduzidos manualmente, como, por exemplo, manipulando-se compactadores de solo ou segurando-se peças contra equipamentos abrasivos ou de polimento fixos.

TABELA 9 – EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÕES EM ATIVIDADES ECONÔMICAS

| Indústria* / Atividade | Tipo de Vibração | Principais Fontes de Vibração |
|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| Agricultura | corpo inteiro | operação de tratores |
| Fabricação de Caldeiras | localizada | ferramentas pneumáticas |
| Construção Civil | corpo inteiro localizada | operação de veículos pesados perfuratrizes/marteletes |
| Corte de Diamantes | localizada | ferramentas manuais |
| Florestagem | corpo inteiro localizada | operação de trator/off-roads motosserra |
| Fundição | localizada | equipamentos pneumáticos |
| Fabricação de Móveis | localizada | cinzel pneumático |
| Ferro e Aço | localizada | ferramentas manuais |
| Serraria | localizada | motosserras/ferramentas manuais |
| Fabricação de Máquinas Operatrizes | localizada | ferramentas manuais |
| Mineração | corpo inteiro localizada | veículos pesados/off-road perfuratrizes |
| Rebitagem | localizada | ferramentas manuais |
| Borracha | localizada | ferramentas manuais |
| Stampagem | localizada | ferramentas manuais |
| Estaleiro | localizada | ferramentas manuais |
| Trabalhos em Pedra | localizada | ferramentas manuais |
| Têxtil | localizada | máquinas de costura/teares |
| Transportes | corpo inteiro | veículos - motorista e passageiro |

Fonte: Taylor & Pelemear, 1975

*Indústrias européias com evidências clínicas de sobreexposição ocupacional a vibrações

2 ASPECTOS CONCEITUAIS E ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS

2.1 Sistemas Mecânicos

A vibração pode ser entendida como o movimento oscilatório de um corpo. Como todo corpo com movimento oscilatório, um corpo que vibra descreve um movimento periódico, que envolve em deslocamento, um certo tempo, o que resulta uma velocidade, bem como uma aceleração desse movimento. Dessa forma, o movimento pode ser descrito por qualquer um desses parâmetros: deslocamento, velocidade ou aceleração.

Outro fator importante é a frequência desse movimento, isto é, o número de ciclos (movimentos completos) realizado num período de tempo. No caso de ciclos por segundo, utiliza-se a unidade Hertz (Hz). Similarmente ao que ocorre com um ruído, um movimento vibratório pode envolver uma função complexa, que consistirá em uma composição de múltiplos movimentos, com inúmeras frequências individuais. Ou seja, fala-se de espectro de vibrações, assim como de espectro de ruídos. A energia do movimento é então distribuída pelas faixas de frequências. As fontes de vibração usuais (veículos, ferramentas manuais motorizadas) produzem movimentos complexos que possuem largos espectros de vibração.

Todo corpo pode ser interpretado como um sistema mecânico de massa e mola, lembrando-se que, na prática, existe também um amortecimento interno. Assim, todo corpo possui uma **frequência natural** de oscilação, que pode ser observada com um pequeno estímulo no sistema, deixando-o oscilar livremente.

No entanto, esse corpo poderá estar sujeito a forças externas, que podem entrar em contato com ele, obrigando-o a vibrar. As vibrações assim obtidas são chamadas de vibrações forçadas. Se chamarmos a frequência da vibração externa a um corpo de frequência de excitação, haverá o fenômeno de **ressonância** quando a **frequência de excitação** se igualar à **frequência natural**, resultando num crescente aumento da amplitude do movimento, que, em condições severas, chega a ser destrutivo para o corpo em questão.

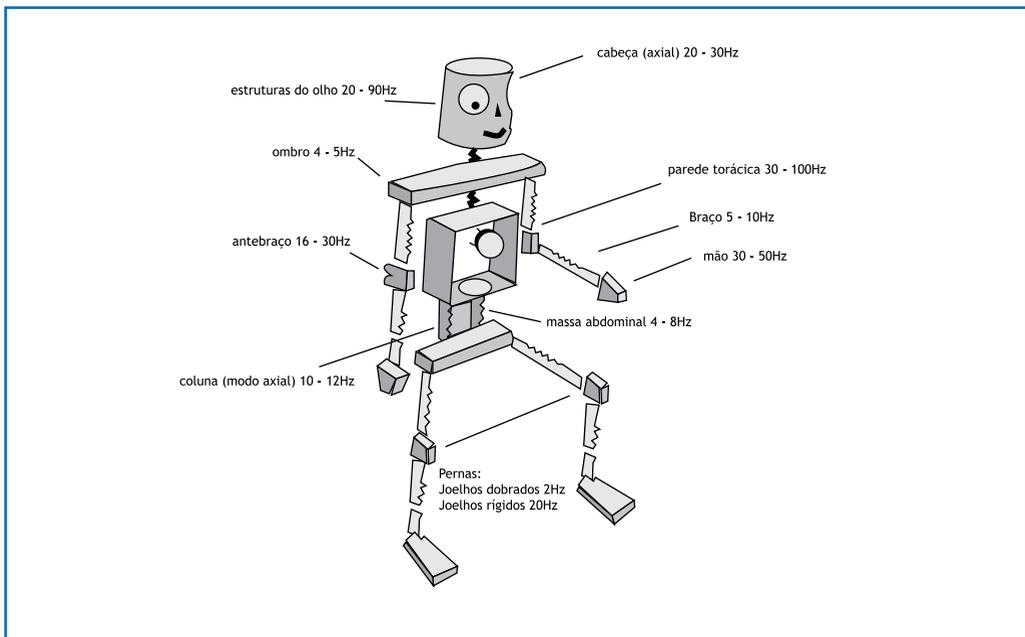
No caso da exposição humana às vibrações, o processo é semelhante, existindo usualmente alta transmissividade (e mesmo ressonância) produzida pelas frequências de excitação da fonte de vibração (veículos, equipamentos etc.) em certos órgãos ou sistemas do corpo humano. Dessa forma, a energia é transmitida ao indivíduo, podendo explicar em grande parte os efeitos nocivos observados.

2.2 Resposta do Corpo Humano à Vibração

Para uma melhor compreensão de como o corpo humano reage de forma mais ou menos sensível a determinadas faixas de frequências, de acordo com segmentos corporais, utiliza-se um modelo mecânico simplificado, que mostra as faixas de frequências naturais de partes importantes do corpo, conforme ilustrado (fig. 21).

Deve ser ressaltado que, dada uma frequência de excitação, a ressonância vai ocorrer quando esse valor se igualar à frequência natural do órgão ou sistema ao qual ela se transmite.

FIGURA 21 – FAIXAS DE RESSONÂNCIA NO CORPO HUMANO – RESPOSTA EM FREQUÊNCIA



Fonte: *NOISE and Vibration on Board. Joint Industrial Safety Council. Stockholm, Suécia*

2.3 Quantificação da Vibração

Num movimento oscilatório, pode-se quantificar vários parâmetros, entre eles, o deslocamento, a velocidade e a aceleração. No caso de vibração para efeitos de higiene industrial, avalia-se a **aceleração, em m/s^2 , ou, opcionalmente, em dB**. Para aceleração de vibração, o decibel é assim obtido:

$$dB = 20 \log a/a_0$$

em que:

a = aceleração avaliada

a_0 = aceleração de referência ($10^{-6} m/s^2$)

A medição é possível por meio da utilização de um acelerômetro – um transdutor que transforma o movimento oscilatório num sinal elétrico, enviado a um medidor-integrador.

Os valores medidos de aceleração, da mesma maneira que no ruído, podem ser globais (todo o espectro) ou por faixas de frequências. As medidas globais podem ser lineares ou ponderadas, como se faz com ruído (circuitos A, B e C), porém, no caso de vibração, as curvas de ponderação são específicas, segundo as normas, e não recebem nomes especiais ou letras.

A medição da vibração é feita segundo eixos de medição, como será visto. Observe-se, portanto, que é uma grandeza vetorial, isto é, além de magnitude, possui uma direção. Ocupacionalmente falando, possui também um ponto ou região de interface pela qual é transmitida ao corpo humano.

2.4 Antecedentes Legais e Técnicos

Antecedentes Legais

A exposição a vibrações é contemplada na legislação brasileira no Anexo nº 8 da NR-15 da Portaria nº 3.214/1978, alterado pela Portaria nº 12/1983, que reproduzimos a seguir.

NR-15 - ANEXO 8

VIBRAÇÕES

- As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro serão caracterizadas como insalubres, através de perícia realizada no local de trabalho.

- A perícia, visando à comprovação ou não da exposição, deve tomar por base os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para a Normalização – ISO, em suas normas ISO 2.631 e ISO/DIS 5.349 ou suas substitutas.

- Constarão obrigatoriamente do laudo de perícia:

- a) o critério adotado;

- b) o instrumental utilizado;

- c) a metodologia de avaliação;

- d) a descrição das condições de trabalho e o tempo de exposição às vibrações;

- e) o resultado da avaliação quantitativa;

- f) as medidas para eliminação e/ou neutralização da insalubridade, quando houver.

- A insalubridade, quando constatada, será de grau médio.

2.5 Efeitos no Organismo – Vibrações Localizadas

As vibrações localizadas podem produzir um quadro degenerativo neurovascular nas mãos, conhecida inicialmente como “Síndrome de Raynaud de origem ocupacional” e, mais tarde, simplesmente como “Síndrome das Vibrações”.

A exposição produz preliminarmente apenas formigamento ou adormecimento, algo que é desprezado pela pessoa e não é facilmente vinculado à exposição, pois não ocorre necessariamente nem durante nem logo após essa situação. Prosseguindo a exposição, começarão os ataques de “branqueamento” de dedos, inicialmente apenas a ponta de um ou mais dedos, mas, com o passar do tempo (anos de exposição), todo o dedo e todos os dedos da mão poderão ser atingidos, podendo progredir para a palma.

O branqueamento é devido aos espasmos dos pequenos vasos da mão, levando a uma falta de sangue e oxigenação dos tecidos. Os ataques podem durar de frações de hora até uma ou duas horas. Podem ser disparados por água fria nas mãos (logo cedo, de manhã), ruídos, questões emocionais. O fumo também é um agravante da doença, ao lado do frio, pois reduz a circulação periférica.

Os casos mais graves incluem o arroxamento das extremidades dos dedos e necrose. Os sintomas que as pessoas experimentam logo após as exposições, como o adormecimento da mão, todavia, não são manifestações da doença. A doença foi classificada em termos de estágios de progressão no *workshop* de Estocolmo e os graus estão descritos no livreto dos TLV® da ACGIH.

2.6 Efeitos no Organismo – Vibrações de Corpo Inteiro

[Resumo do Estudo National Institute of Occupational Safety and Health \(NIOSH\) de 1979 sobre Vibrações de Corpo Inteiro – Conclusões](#)

O NIOSH desenvolveu um estudo epidemiológico que durou dois anos e considerou um total de 3.205 motoristas de caminhões interestaduais.

As vibrações podem estar parcialmente vinculadas a certas desordens musculoesqueléticas, digestivas e circulatórias entre os expostos com mais de 15 anos de serviço.

Os motoristas estão mais predispostos ou propensos ao desenvolvimento de síndromes dolorosas de origem vertebral, deformações da espinha, estiramentos e dores musculares, apendicites, problemas estomacais e hemorróidas. Todavia, posturas forçadas, manuseio de cargas e maus hábitos alimentares não devem ser descartados como causas das desordens.

Outros estudos em laboratório mostraram grande relação causal com desordens gastrintestinais (testes com animais) e uma cadeira vibratória usada como simulador em testes com motoristas revelou que a vibração causa desconforto e pode interferir na destreza de comando manual e na acuidade visual.

3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL

3.1 Vibrações Localizadas – Norma ISO 5.349/1986

A norma ISO 5.349/1986 trata da exposição humana à vibração localizada. A seguir, apresentamos uma síntese de seus aspectos gerais.

- A faixa de frequências considerada é de 5 Hz a 1500 Hz.
- Considera um sistema de coordenadas triortogonal, sendo que existem duas opções para posicionamento dos eixos: basicêntrica, que toma como referência a interface da transmissão de vibração em uma pega cilíndrica, e a outra, biodinâmica, que toma como referência a cabeça do terceiro metatarso.

A norma produz um **critério** (guia) para relacionamento da aceleração ponderada da vibração com o tempo diário de exposição; porém, **não define os limites de exposição segura** (isto é deixado para os países-membros, como é praxe na ISO).

- É feita a observação de que métodos atuais de avaliação se baseiam no componente de máxima aceleração ponderada (eixo predominante).
- O parâmetro a ser medido é a aceleração, em m/s^2 , rms. O equipamento de medição deve ser devidamente calibrado por meio de um calibrador apropriado.
- Prevê o uso de medidores integradores, com integração linear.
- Para sinais com picos de aceleração muito elevados, poderá haver erro por sobrecarga. Dessa forma, será preferencial o uso de um filtro mecânico passa-baixas, com função de transferência linear calibrada, cortando os componentes acima de 3.000 Hz.
- Muitas outras variáveis da situação são citadas como importantes para reporte.
- A avaliação se baseia na exposição diária; será expressa em termos da aceleração ponderada equivalente para quatro horas.
- Acredita-se que o tempo total de transmissão efetiva de vibração (tempo líquido diário) não exceda a quatro horas por jornada (como mostrado pelos estudos nos quais se baseou a norma). Entretanto, para transformar outros períodos de medição contínua ou de ciclos característicos de operação, o valor pode ser corrigido para o **nível ponderado equivalente para quatro horas**, por intermédio da seguinte equação:

$$a_4 = (T/4)^{1/2} \cdot a_t$$

sendo:

a_4 – aceleração corrigida para 4 horas (m/s^2)

T – tempo total considerado (horas líquidas da exposição real)

a_t – aceleração obtida no período “T” (m/s^2)

- Havendo diferentes períodos de exposição a diferentes níveis, pode-se obter o nível ponderado equivalente diário, por meio de cálculos.

- Para vibração multiaxial, recomenda-se a verificação dos três eixos de medição e a avaliação será baseada na componente de maior valor.

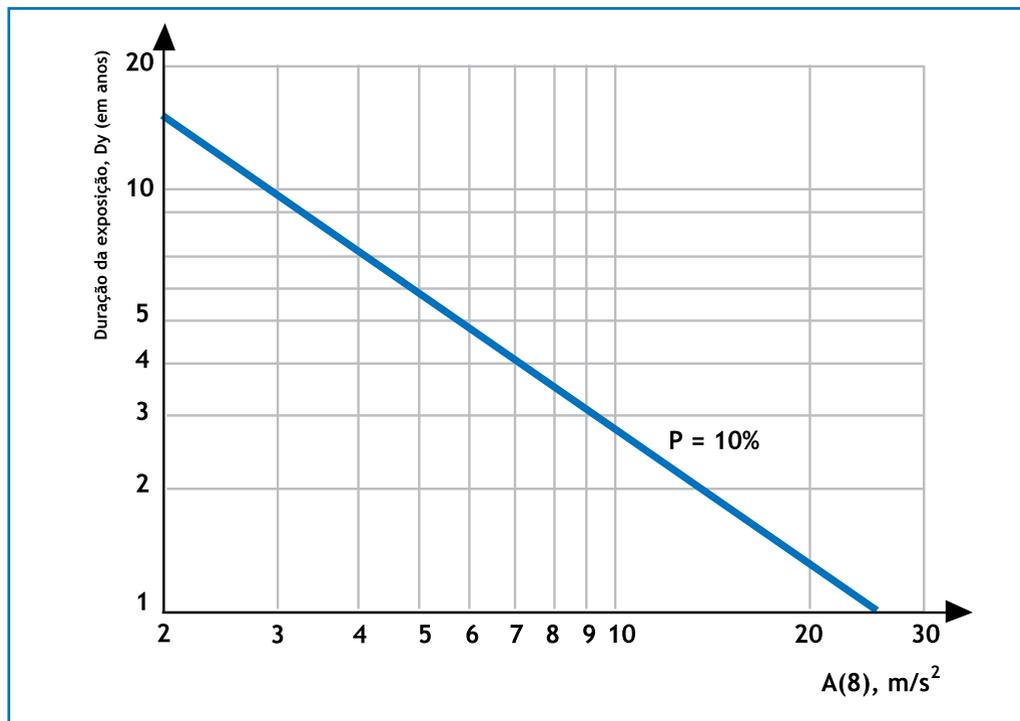
Anexo A da Norma (critério)

- Baseia-se no valor de aceleração ponderada equivalente para 4 horas, rms, eixo dominante. O equipamento deve possuir a curva correta de ponderação para vibração localizada.
- Baseia-se em aproximadamente 40 estudos de exposição até 25 anos. Exposições habituais/cotidianas a um único tipo de equipamento.
- É possível interpolação entre as curvas (usar ábacos log-log).
- Com o valor de aceleração, encontra-se o tempo em anos para a instalação de desordens vasculares (branqueamento de dedos).
- O critério não se aplica a valores de aceleração superiores a 50 m/s^2 .
- Os tempos de trabalho considerados são entre 1 e 25 anos e as percentagens de população exposta variam de 10% a 50%.
- O anexo também oferece recomendações básicas de controle relacionados a higiene industrial e de ordem médica.

Nova norma ISO 5.349-1:2001

Em 2001, a Organização Internacional para Normatização publicou a revisão da ISO 5.349:1986 em duas partes: ISO 5.349-1:2001 e ISO 5.349-2:2001. A seguir são apresentadas as principais modificações.

FIGURA 22 – ISO 5.349-1: 2001(E) – RELAÇÃO DOSE-RESPOSTA



Fonte: Norma ISO 5349-1:2001

Ou seja, a curva é de 10% de risco de desencadeamento (percentil 10) da doença, e a aceleração é a equivalente para oito horas. Essa exposição pode ser relacionada com o valor realmente medido e o tempo de exposição real da operação pela fórmula dada. A aceleração é a soma vetorial dos componentes medidos nos eixos (montagem) do acelerômetro.

Medição Triaxial (ISO 5.349-2:2001)

CASO 1 – Quando a vibração nos eixos é semelhante.

Exemplo: quando a orientação da peça de trabalho está continuamente mudando de posição nas mãos do operador (ex.: operação com esmeril de pedestal – pequenos componentes), a medição em um único eixo pode ser suficiente **para fornecer uma** estimativa da exposição à vibração representativa.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} = \sqrt{a_{hw, \text{measured}}^2 + a_{hw, \text{measured}}^2 + a_{hw, \text{measured}}^2}$$

$$\sqrt{3a_{hw, \text{measured}}^2} = 1,73a_{hw, \text{measured}} \cong 1,7a_{hw, \text{measured}}$$

CASO 2 – Quando a vibração é predominante em determinado eixo e os eixos não dominantes possuírem, cada um, valor inferior a 30% em relação ao eixo dominante.

Exemplo: medições em britadores durante a perfuração de asfalto apontam uma vibração dominante no eixo vertical, apresentando nos níveis nos demais eixos valores inferiores a 30% em relação ao eixo dominante.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw, \text{dominante}}^2 + (0,3a_{hw, \text{dominante}})^2 + (0,3a_{hw, \text{dominante}})^2}$$

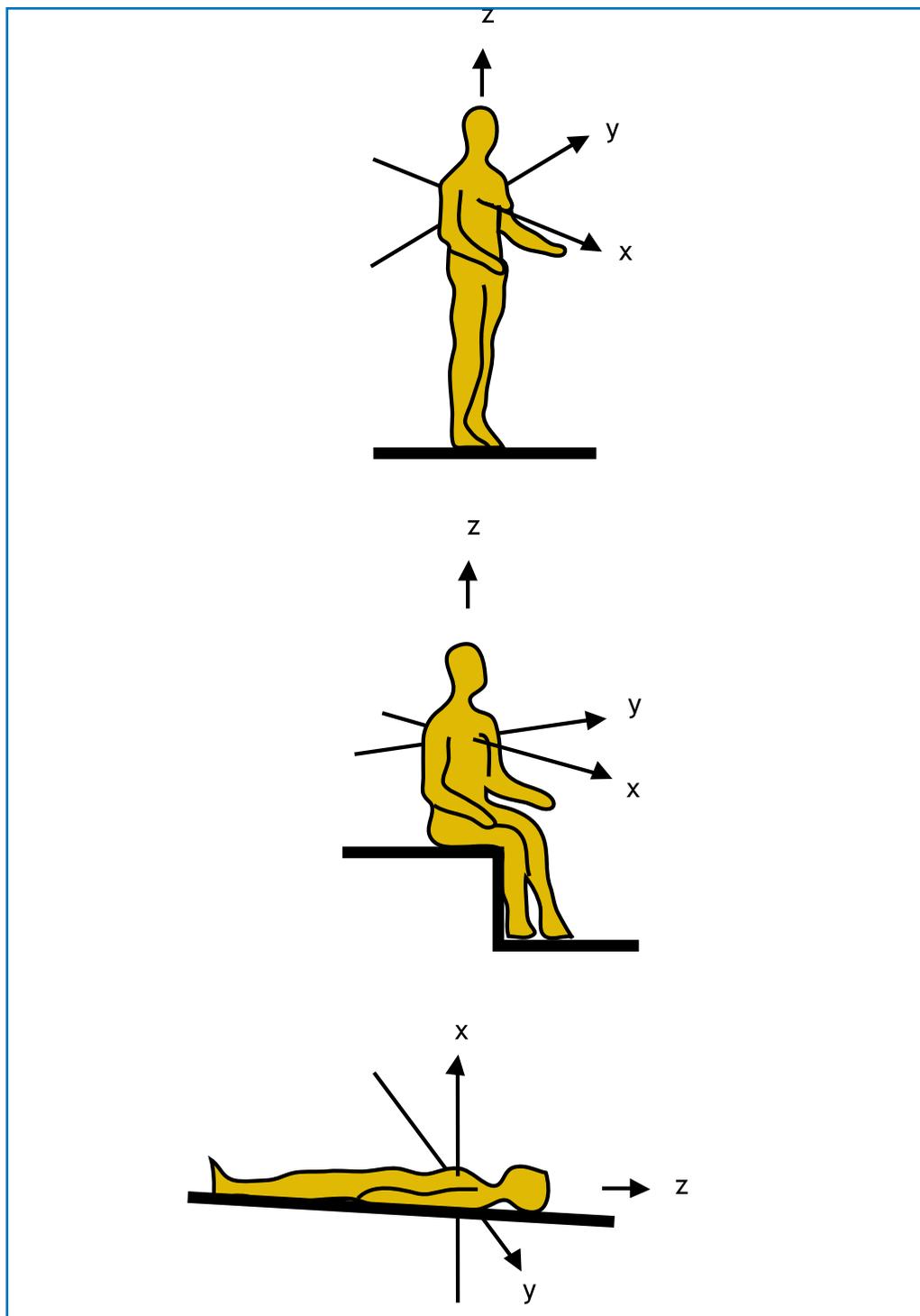
$$\sqrt{1,18a_{hw, \text{dominante}}^2} = 1,086a_{hw, \text{dominante}} \cong \boxed{1,1a_{hw, \text{dominante}}}$$

3.2 Vibrações de Corpo Inteiro – Norma ISO 2.631/1985

A norma ISO 2.631 trata da exposição humana à vibração de corpo inteiro. A seguir, apresentamos uma síntese de seus aspectos gerais.

- faixa de frequências considerada: de 1 Hz a 80 Hz
- eixos de medição conforme a figura a seguir

FIGURA 23 – EIXOS DE MEDIÇÃO



Fonte: Norma ISO 2.631/1985

Tipos de limites:

- conforto reduzido
- proficiência reduzida por fadiga
- limite de exposição (limite de tolerância)

É adotado um sistema de coordenadas com centro no coração, triortogonal.

- Existem limites distintos, sendo um para o eixo z e outro para os eixos x e y.
- Os limites se referem ao ponto de entrada no corpo humano; as medições devem ser feitas o mais próximo possível de tal ponto ou área; havendo material resiliente entre a estrutura do banco e a pessoa, é permissível interpor suportes rígidos para o transdutor, como folhas metálicas finas adequadamente conformadas (hoje em dia utilizam-se acelerômetros especiais, de assento, não sendo necessário “fabricar” montagens como cita a norma).
- O parâmetro a ser medido é a aceleração, em m/s^2 , rms. O equipamento de medição deve ser devidamente calibrado por meio de um calibrador apropriado.
- Podem ser feitas medições em faixas de terços de oitava ou medições ponderadas em frequência.
- Os limites de tolerância definidos correspondem, aproximadamente, à metade do limiar de dor ou tolerância voluntária de pacientes saudáveis em pesquisas de laboratório (sexo masculino).
- A avaliação deve levar em conta períodos de amostragem maiores que um minuto.
- Ao se desejar um número único para a quantificação em um único eixo, recomenda-se utilizar o método ponderado. É o que se faz habitualmente. O equipamento deve possuir a curva correta de ponderação.

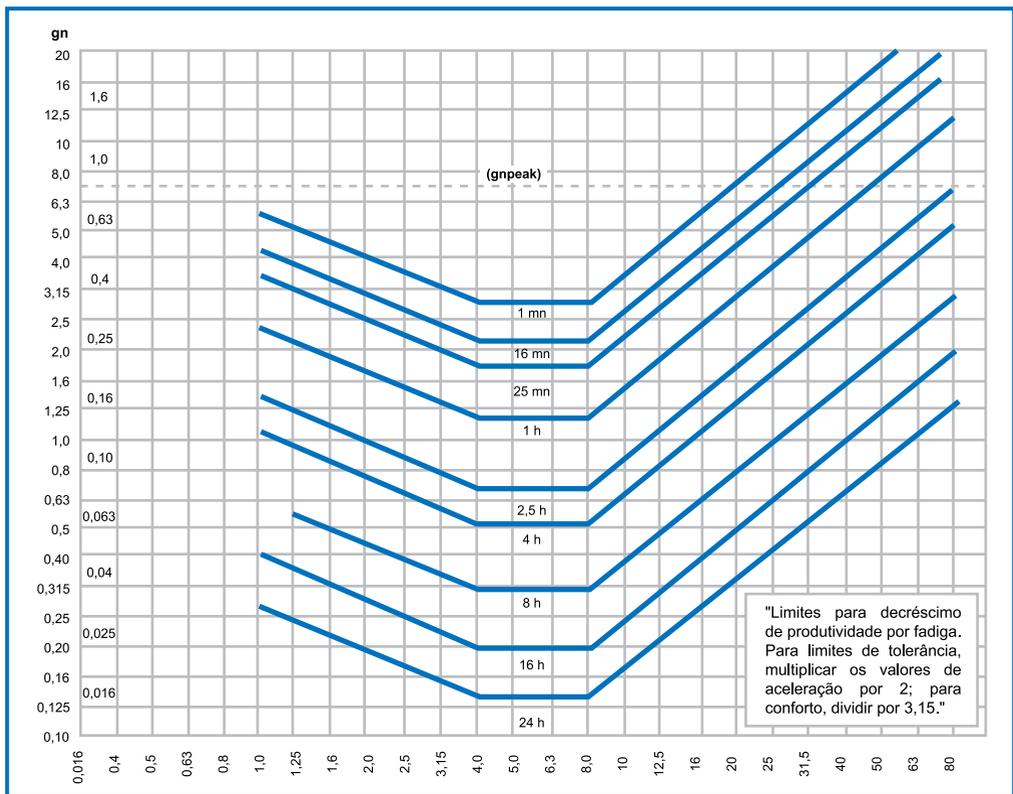
- Para componentes vetoriais da mesma ordem de grandeza, deve-se ponderar cada eixo para os níveis equivalentes na faixa de 4 Hz a 8 Hz, combinando-se como segue:

$$a = [(1,4 a_x)^2 + (1,4 a_y)^2 + (a_z)^2]^{1/2}$$

Esse valor, que corresponde ao vetor soma, deve ser comparado aos limites definidos para o eixo z. Se a medição é ponderada, compara-se com os limites da faixa de 4 Hz a 8 Hz.

Na figura a seguir, ilustra-se o critério de limitação de exposições da norma, em função da aceleração medida e da frequência da vibração.

FIGURA 24 – LIMITES DE EXPOSIÇÃO



Fonte: Norma ISO 2.631/1985

Esclarecimentos relativos à Norma ISO 2.631

Para fins legais, usa-se como **Limite de Tolerância**, dentro dos conceitos das NRs, o chamado **Limite de Exposição da ISO 2.631**.

O limite é representado por **tempos máximos** diários de exposição, em função dos valores medidos de **aceleração**, em cada eixo de medição, e da frequência da vibração.

Atualmente, a prática de avaliação admite uma série de considerações abrangentes e otimizações, sendo que:

- utiliza-se medição ponderada em frequência, já incluída no equipamento de medição, oferecendo número único, em m/s^2 ou dB;
- utiliza-se medição de nível equivalente, longas, sempre maiores que um minuto;
- utiliza-se o vetor soma dos três eixos (SUM) sempre que estes possuírem valores da mesma ordem de grandeza. Todavia, o uso do valor soma pode ser feito sempre.

Com os dados obtidos dessa forma, entra-se no ábaco da norma, obtendo-se o tempo máximo permitido.

Com os tempos máximos permitidos, pode-se conhecer a severidade da exposição.

Esclarecimentos relativos à Norma ISO 2.631/1997 e seu relacionamento com a ISO 2.631/1985

Em 1997, a norma ISO 2.631 foi reformulada, e entre as principais alterações está a inexistência de limites de exposição fixados, sendo que a norma somente fornece um guia para a verificação da severidade das exposições. Como é normal nesses casos, cada país deverá adotar

seu limite de exposição, e, uma vez que a NR-15 – em seu Anexo 8 – se refere à ISO 2.631, este passa a ser agora um anexo qualitativo (sem limite de tolerância fixado). Nesses casos, passa a valer o critério do perito, o qual poderá ser o seguinte:

- Para o uso relacionado ao âmbito da NR-15, manter os limites quantitativos da ISO 2.631/85, pois a ISO 2.631 de 1997 menciona expressamente que os limites de exposição da edição de 1985 **não deixam de proteger o exposto**. Assim, tais limites poderiam continuar a ser adotados, como critério do perito, para a finalidade de caracterização de exposição perante a NR-15
- Para o uso relacionado ao âmbito do PPRA – NR-9, isto é, finalidades preventivas, priorizações de medidas de controle etc., é normal seguir os TLVs® da ACGIH. Todavia, estes apresentam valores de aceleração que correspondem à metade do limite de exposição da ISO 2.631/1985, pois consideram o critério de redução de proficiência por fadiga, e os tempos de exposição permitidos são substancialmente menores.
- Para equipamentos que já contenham as novas ponderações de frequência da norma de 1997, esta poderia ser aplicada, sendo que o perito deveria estabelecer o limite baseado no critério da norma.

Observação metodológica

Este autor considera a recomendação de ambas as normas ISO (versão 1985 e 1997) de levar em conta o vetor soma quando os eixos possuírem a mesma ordem de grandeza. Embora a versão de 1985 se refira ao vetor soma nos casos de proficiência e fadiga, a versão de 1997 cita o uso do vetor soma para se estimar o risco à saúde (item 6.5, nota 2 e item 7.2.2, nota).

Consideramos importante dar atenção a este aspecto, especialmente porque os estudos nessa área estão evoluindo continuamente, e tendo-se em vista que:

- Movimentos nos três eixos, entre os discos intervertebrais, são muito provavelmente mais nocivos do que considerar-se apenas um deles (como se os outros esforços não existissem), especialmente pelo efeito de cisalhamento no plano x-y.
- Os limites de exposição devem proteger por toda uma vida laboral (pelo menos 35 anos), e, até que existam critérios interpretativos mais claros, as opções devem ser tomadas a favor da segurança do trabalhador. Deve-se ainda lembrar que a ausência de sintomas não pode ser indicativo da ausência de problemas de longo prazo.

Do exposto, o autor prefere ser conservador neste ponto, referindo-se ao vetor soma, como prevê a norma.

Nota: quando há um eixo muito predominante, o vetor soma praticamente coincide com o dado desse eixo.

É bom ressaltar, por fim, que as normas internacionais não são desenhadas para funcionarem diretamente como critérios legais dicotômicos, do tipo aceitável – inaceitável.

4 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO-VIBRAÇÕES

| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Baterias • Acessórios (cabos de extensão, carregadores de baterias, calibradores) • Ferramentas • Folhas de campo • Fixação de acelerômetros (tirantes, cola, magnetos) • Fixação do equipamento quando avalia sozinho | <ul style="list-style-type: none"> • Prever existência de diferentes voltagens de rede para carregadores |
| 2. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de fontes • Identificação de grupos • Seleção de trabalhadores para amostragem • Verificação de jornada típica • Obtenção do tempo líquido diário de exposição • Definição dos ciclos operacionais ou mix de ferramentas | <ul style="list-style-type: none"> • Ferramentas manuais motorizadas • Empilhadeiras, tratores, grandes máquinas de terraplenagem, caminhões • É o tempo efetivamente sob exposição de vibrações • Prever amostragem de níveis típicos por tipo de ferramenta ou equipamento |
| 3. Revisão instrumental | <ul style="list-style-type: none"> • Calibração • Avaliação com medidores integradores e módulo específico | <ul style="list-style-type: none"> • Possuir calibrador de vibração • Sensibilidade do acelerômetro: conhecer para corrigir leituras • Ajustar escalas de medição • Verificar parâmetros • Definir norma que será utilizada • Definir eixos ou vetor soma • Definir tempo mínimo de amostragem |
| 4. Dados de campo e detalhamento da amostragem | <ul style="list-style-type: none"> • Registrar a calibração de campo • Vincular dado ao equipamento e ao trabalhador • Anotar condições anormais • Registrar minuciosamente as condições operacionais da medição (localizada ou de corpo inteiro) | |
| 5. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Equipamento de medição com número de série • Registro de calibração • Registro de ajuste do equipamento • Registros de medição, com compensação, resposta dinâmica, tempo de amostragem, eixo de medição, norma utilizada • Registro de atividade e tarefa • Registro de condições anormais • Nome do amostrado • Função do amostrado • Registro do epi e estado de conservação (luvas). | |

| FOLHA DE CAMPO | | | |
|----------------|--|----------------------|--|
| ORDEM | ITEM | DADO / DISCRIMINAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
| 1. | Nome do técnico | | |
| 2. | Dia, hora, turno | | |
| 3. | Equipamento de medição com número de série | | Discriminar todo o trem de medição (acelerômetro, módulo de vibração e leitor, calibrador) |
| 4. | Tipo de exposição a vibrações | | Localizada ou de corpo inteiro |
| 5. | Registro de ajuste (calibração) | | |
| 6. | Registro de seleção de medição, com compensação, resposta dinâmica, tempo de amostragem, eixo de medição, norma utilizada, valor rms ou pico, nível instantâneo ou equivalente | | |
| 7. | Registro de atividade e tarefa | | Incluir tempo líquido de exposição diário |
| 8. | Registro de condições anormais | | |
| 9. | Valores medidos | | Incluir unidade de medida |
| 10. | Nome do amostrado | | |
| 11. | Função do amostrado | | |
| 12. | Registro do epi e estado de conservação (luvas) | | |

5 ASPECTOS DE CONTROLE

5.1 *Vibrações de Corpo Inteiro*

As principais formas de controle dessas exposições são:

- Melhoria nos equipamentos, reduzindo-se a vibração transmitida ao trabalhador (em geral será o motorista do equipamento, trator, caminhão etc.). Isso implica reprojetado do equipamento.
- Melhoria nos assentos, incluindo projetos de suspensão hidropneumática regulável. Existem equipamentos modernos em que isso é uma realidade.
- Redução do tempo líquido diário de exposição.
- A vibração produzida pelo equipamento está intimamente ligada ao solo (piso) sobre o qual ele trafega; portanto, onde este fator puder ser gerenciado, será fundamental. Um bom exemplo é a pavimentação das vias de empilhadeiras, evitando-se os pisos de bloquetes e paralelepípedos.
- Finalmente, há também a influência do modo de conduzir. Essa é uma questão comportamental a ser gerenciada.

5.2 *Vibrações Localizadas*

As principais formas de controle dessas exposições são:

- Projetos adequados de ferramentas vibratórias, reduzindo-se a aceleração transmitida à mão. As motosserras suecas são hoje, por exemplo, muitas vezes menos severas, em termos de vibrações, do que há 50 anos.
- Redução do tempo líquido de exposição diário.

- Uso de luvas especiais para vibrações (não devem ser confundidas com simples luvas acolchoadas). Elas já existem no mercado nacional. Ressalte-se que cada caso de exposição pode ter uma luva que melhor reduza a vibração, o que pode ser descoberto por tentativas. Em alguns casos, mesmo as luvas específicas podem reduzir minimamente a vibração. Em outras palavras, a melhor maneira é a medição da aceleração “antes” e “depois” das luvas, tentando-se vários modelos, para ter certeza da proteção oferecida.

6 VIBRAÇÕES EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

VIB – 1

Não entendi o caso da motocicleta; é vibração de corpo inteiro? Qual a diferença da motocicleta ser de corpo inteiro e localizada? Por favor esclarecer.

(Mirian)

Resposta: Prezada Mirian, de fato, o caso da motocicleta é de exposição a vibrações localizadas e de corpo inteiro. Localizada pela vibração transmitida às mãos e de corpo inteiro por estar sentado em um veículo que lhe transmite vibração devido ao motor e ao rolamento sobre o solo. As duas exposições devem ser avaliadas.

VIB – 2

Por que o INSS deixou de exigir a análise de vibração para laudo de insalubridade? As máquinas e equipamentos estão melhores?

Resposta: O INSS é uma seguradora que tem suas próprias regras, e isso não precisa ter relação, necessariamente, com a questão ocupacional no sentido trabalhista. Parece que houve um período em que as vibrações (eram chamadas de trepidações) foram consideradas, até mesmo qualitativamente. Hoje, não é mais automático, mas qualquer agente pode

ser considerado a qualquer tempo, sob consulta. Veja a última instrução normativa. Mas, atenção: nada mudou na parte trabalhista; permanece válido o anexo 8 da NR-15, que assegura insalubridade de grau médio.

VIB – 3

No caso de o operador executar diversas atividades em diversos tipos de equipamentos com diferentes vibrações, como se analisar a exposição do trabalhador?

Resposta: Existe o conceito de dose de vibração, ou seja, para cada exposição da jornada divide-se o tempo de exposição pelo tempo permitido, de acordo com as normas, e esse é o conceito de dose (não deve ser ultrapassado o valor de 1% ou 100%). A forma das equações e considerações varia de norma para norma (corpo inteiro ou localizada), mas o conceito é o mesmo.

VIB – 4

Se não forem realizadas avaliações quantitativas das vibrações, há como caracterizar a insalubridade (técnica e legalmente)? Se sim, quais os critérios qualitativos a serem seguidos? Existem atividades típicas em que as avaliações de vibração são sempre excessivas, ou seja, com o limite de tolerância excedido? Existe algum banco de dados em que poderíamos ter acesso aos resultados das medições já realizadas, ou melhor, uma tabela de atividades x exposições, obtida durante as medições de campo, que pudesse nos guiar nas avaliações qualitativas?

Resposta:

Parte 1: Atualmente, como as duas normas ISO não possuem mais limites fixados de exposição (apenas um critério, deixando-se aos países-membros a fixação do limite), o Anexo 8 da NR-15 tornou-se qualitativo, sendo o critério de atribuição de insalubridade uma escolha do perito. O perito consciente optará pelas normas ISO 2.631/85, versão anterior, considerada segura e

quantitativa, ou pela ACGIH, que também adota as normas ISO anteriores e é quantitativa. Não se aconselha, ou melhor, não existem critérios puramente qualitativos que se pudessem utilizar como boa base técnica.

Parte 2: Não.

Parte 3: Existem bancos de dados para fins de comparação técnica, ao que parece, na Suécia, mas não possuo referência. Todavia, devo desencorajar qualquer tentativa de se avaliar uma exposição por comparação. A exposição a vibrações não depende só do equipamento, mas de como é usado e de onde é usado. Uma empilhadeira pode rodar maciamente sobre um piso bem feito de cimento, e um Audi A6 vai pular como um cabrito em uma estrada de terra do interior. O mesmo martetele dará diferentes níveis de vibração segundo o tipo de asfalto, granito, mármore, piche. Desculpe, mas não é possível fazer analogias neste campo!

Nota posterior: Não fica descartado o uso da norma atual, ao se dispor de equipamentos com respostas de frequência apropriadas para a mesma.

VIB – 5

Gostaria de aproveitar a oportunidade para dar-lhe parabéns pelas excelentes videoconferências que vem ministrando no Curso de Técnica para Avaliações de Agentes Ambientais a Distância. Na última videoconferência foi abordado o tema sobre vibração e, por coincidência, eu estou preparando uns *slides* para serem apresentados no Curso de CIPAMIN. Como sabemos, a vibração, entre outros agentes, está presente de forma acentuada na área de mineração. Bem, gostaria de solicitar algumas fotos que foram apresentadas no dia 28/7, como a da síndrome dos DEDOS BRANCOS, entre outras. Caso você tenha outros materiais disponíveis, ficarei muito grata se puder me enviar. Se não puder enviar as fotos por *e-mail*, poderia indicar alguns *sites* que falem sobre: vibração, calor, poeira de sílica... (agentes presentes na mineração)?

(Juliana Gomes Messias – DR/BA)

Resposta: As fotos de vibrações serão repassadas ao DN por ocasião da 5ª aula. Tente o *site* da OIT, procurando os temas na enciclopédia da OIT (www.ilo.org). Se precisar de mais dados, avise.

REFERÊNCIAS

CUNHA, Irlon A. **Exposição ocupacional às Vibrações Mecânicas**. São Paulo: USP/Escola Politécnica, 2002.

BRAMMER e TAYLOR. **Vibration effects on the hand-arm in industry**. Southampton, 1982.

FANTAZZINI, Mario L. **Módulo didático do curso avançado de agentes físicos**. Itsemap do Brasil (1991-2002).

_____. **Exposição a ruído e vibrações em tratores**. Palestra para a Unimed, Encontro Nacional. São Paulo, 2001.

_____; SALIBA FILHO, Anis. Esperando um limite. **Revista Proteção**, n. 48, dez. 1995.

I S O. Norma 5.349/1986. São Paulo, 2001.

_____. Norma 2.631/1985. São Paulo, 1997.

NIOSH. **Occupational Hazards**. Disponível em: <www.cdc.gov/niosh>. Acesso em: jan. 1999.

National Institute of Occupational Safety and Health. **Revista Occupational Hazard**, Jan. 1979.

SALIBA FILHO. Anis. **Avaliação da exposição ocupacional a vibrações**. Texto didático do Itsemap do Brasil, 1999.

_____. Risco ambiental (Vibrações). **Revista Proteção**, n. 60, dez. 1996.

WASSERMAN, Donald. **Human aspects of occupational vibration**. Estados Unidos, 1987.

A close-up photograph of laboratory glassware. In the center is a dark glass Erlenmeyer flask with white markings for '50' and '75' and the word 'APPROX' partially visible. To the left is a beaker containing a light blue liquid. To the right is a beaker containing a bright yellow liquid. The background is a plain, light-colored surface.

CAPÍTULO VII

CAPÍTULO VII

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A AGENTES QUÍMICOS

1 INTRODUÇÃO

1.1 *Agente Químico*

Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo pela pele ou por ingestão. (NR-9 do MTE – 9.1.5.2)

1.2 *Riscos Químicos*

São riscos causados pelas substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho, na condição de matéria-prima, produto intermediário, produto final ou como material auxiliar, os quais, em função das condições de utilização, poderão entrar em contato com o corpo humano, interagindo em ação localizada, como no caso de queimadura ou irritação da pele, ou em ação generalizada, quando for levado pelos fluidos internos, chegando aos diferentes órgãos e tecidos do organismo.

2 CONCEITUAÇÃO E ANTECEDENTES TÉCNICO-LEGAIS

2.1 *Conceitos Básicos (Revisão)*

Limite de tolerância

O conceito já está discutido no Anexo 1 - Situando a Higiene Ocupacional. Revejamos o conceito geral:

“É a intensidade/concentração máxima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente físico/químico, que não causará danos à saúde da maioria dos trabalhadores expostos, durante a sua vida laboral.”

NR-15 – anexo 11

Características dos LTs do anexo 11

- LTs para jornada de 48 horas semanais
- Valor Teto para algumas substâncias
- Valor Máximo associado aos limites tipo média ponderada ($VM = LT \times FD$, conforme o anexo. $FD \rightarrow$ fator de desvio)
- Não estabelece critérios para medições
- Asfixiantes simples \rightarrow avalia-se o teor de oxigênio do ambiente, devendo ser menor ou igual a 18% em volume.

QUADRO 9 – LIMITES DE TOLERÂNCIA A AGENTES QUÍMICOS

| AGENTES QUÍMICOS | VALOR TETO | ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE | ATÉ 48 HORAS/ SEMANA PPM mg/m ³ | | GRAU DE INSALUBRIDADE |
|-----------------------|------------|---------------------------|---|-----|-----------------------|
| Amônia | | | 20 | 14 | Médio |
| Cloro | | | 0,8 | 2,3 | Máximo |
| Dióxido de nitrogênio | + | | 4 | 7 | Máximo |
| Tolueno | | + | 78 | 290 | Médio |
| Álcool n-Butílico | + | + | 40 | 115 | Máximo |
| Acetileno | | | Asfixiantes simples | | |

Fonte: NR-15, Anexo 11. MTE – trecho ilustrativo

Detalhamento de Conceitos Básicos

Absorção pela pele

Os agentes químicos podem ser absorvidos por via cutânea e, portanto, exigem na sua manipulação o uso de luvas adequadas, além do EPI necessário à eventual proteção de outras partes de corpo. Indicado na tabela para cada substância.

Asfixiante simples

Determina que nos ambientes de trabalho, em presença dessas substâncias, a concentração mínima de oxigênio deverá ser 18% em volume. Indicado na tabela na coluna relativa ao valor do limite de tolerância.

Limite de tolerância valor teto

Representa uma concentração máxima que não pode ser excedida em momento algum da jornada de trabalho. Indicado na tabela para cada substância.

Limite de tolerância média ponderada

Representa a concentração média ponderada existente durante a jornada de trabalho, isto é, podemos ter valores acima do fixado, desde que sejam compensados por valores abaixo dele, acarretando uma média ponderada igual ou inferior ao limite de tolerância.

OBS: Essas oscilações para cima não podem ser indefinidas, devendo respeitar um valor máximo que não pode ser ultrapassado. Este valor máximo é obtido por meio da aplicação do fator de desvio, a seguir descrito.

VALOR MÁXIMO – LT X FD

QUADRO 10 – FATOR DE DESVIO PARA SUBSTÂNCIAS QUE TÊM LIMITES DE TOLERÂNCIA – VALOR TETO

| LT | FD |
|----------------|------|
| 0 -----1 | 3 |
| 1 -----10 | 2 |
| 10 -----100 | 1,5 |
| 100 -----1.000 | 1,25 |
| Acima de 1.000 | 1,1 |

Fonte: NR-15, Anexo 11. MTE

Observar: quando não há indicação de valor teto, o limite é considerado do tipo média ponderada no tempo.

NR-15 – ANEXO 12

- LTs para poeiras minerais (Asbestos, Manganês e SiO_2).
- Não estabelece critérios para medições.

NR-15 – ANEXO 13

- Atividade com insalubridade caracterizada por laudo de inspeção. São casos que não possuem LTs definidos nos demais anexos.
- Exemplo: pintura com tintas ou vernizes contendo hidrocarbonetos aromáticos.

NR-15 – ANEXO 13-A

REGULAMENTAÇÃO DO USO DO BENZENO

PORTARIA Nº 14 DE 20 DE DEZEMBRO DE 1995 DO MTb

Com a Portaria nº 14 do Ministério do Trabalho, de 20 de dezembro de 1995, foi incluso o Benzeno no Anexo 13 da NR-15 e estabelecidos os procedimentos para a prevenção da exposição ocupacional a esta substância. Entre outros aspectos, também estabeleceu:

- A classificação da substância Benzeno como carcinogênico ocupacional.
- O limite de tolerância no sentido original do conceito deixou de existir e passou a ser o Valor de Referência Tecnológico (VRT), definido como a concentração de Benzeno no ar atmosférico considerada exequível do ponto de vista técnico.
- A inclusão do controle obrigatório do Benzenismo nos trabalhadores em atividades de produção, transporte, armazenagem, ou que utilizam ou manipulam o produto Benzeno ou misturas líquidas contendo 1% ou mais de volume de Benzeno.

2.2 Limites de Tolerância Definidos pela ACGIH

Aspectos principais dos TLV® da ACGIH

Recomenda-se a leitura da parte introdutória, relativa aos agentes químicos, constante na tradução dos limites de exposição da ACGIH, da ABHO. Algumas partes são transcritas a seguir.

Tipos de limites

Limite de Exposição Tipo TWA (*time weighted average*)/ACGIH – (média ponderada pelo tempo) – a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, à qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

Limite de Exposição Tipo Valor Teto (LE – TETO) – para este LE não são permissíveis exposições acima do valor fixado em nenhum momento da jornada de trabalho.

Na ACGIH, o conceito correspondente é o do limite de exposição *Ceiling* – TLV – C (Limite de Exposição Valor Teto) - é a concentração que não pode ser excedida durante nenhum momento da exposição do trabalhador.

Limite de Exposição tipo STEL – Limite de Exposição suplementar, tipo média ponderada no tempo, associado a um LE – MP tipo TWA – ACGIH – com as características que seguem:

- A base de tempo do STEL é de 15 minutos.
- Limite de Exposição - Exposição de Curta Duração (TLV – STEL) – é a concentração a que os trabalhadores podem estar expostos continuamente por um período curto sem sofrer: 1) irritação; 2) lesão tissular crônica ou irreversível; 3) narcose em grau suficiente para aumentar a predisposição a acidentes, impedir auto-salvamento ou reduzir significativamente a eficiência no trabalho, cuidando-se para que o limite de exposição - média ponderada (TLV–TWA) não seja ultrapassado. O STEL não é um limite de exposição independente, mas sim um limite suplementar ao limite de exposição média ponderada, nos casos em que são reconhecidos efeitos tóxicos agudos para substâncias cujos efeitos tóxicos são primordialmente de natureza crônica. Os STELs são recomendados apenas nos casos em que já foram relatados efeitos tóxicos em seres humanos ou animais como resultado de exposições elevadas em curtos períodos. Um STEL é definido como uma exposição média ponderada pelo tempo durante 15 minutos, que não pode ser excedida em nenhum momento da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada para 8 horas esteja dentro dos limites de exposição - média ponderada. Exposições acima do TLV-TWA, mas abaixo do STEL, não podem ter duração superior a 15 minutos, nem se repetir mais de 4 vezes ao dia. Deve existir um intervalo mínimo de 60 minutos entre as exposições sucessivas nessa faixa. Pode-se recomendar um

período médio, diferente dos 15 minutos, desde que garantido por observação dos efeitos biológicos.

Excursões acima dos valores do TLV-TWA para substâncias que não admitem STEL ou TLV-C

Os valores de concentração das exposições do trabalhador acima do TLV-TWA podem exceder três vezes este valor por um período total máximo de 30 minutos durante toda a jornada de trabalho diária, porém, em hipótese alguma, podem exceder cinco vezes o TLV-TWA, garantindo-se, entretanto, que o TLV-TWA adotado não seja ultrapassado.

Quando se dispõe de dados toxicológicos para estabelecer o STEL para uma substância específica, esse valor tem prioridade sobre o limite da exposição calculada a partir da regra acima descrita, não importando se ele é mais ou menos rigoroso.

APÊNDICE A

CARCINOGÊNICOS

O Comitê de Limites de Tolerância de Substâncias Químicas classifica certas substâncias encontradas em ambientes de trabalho como carcinogênicas dentro das seguintes classes, expostas resumidamente:

A1 – Carcinogênico humano confirmado

Baseado em evidências epidemiológica ou clínica, relativa a humanos expostos.

A2 – Carcinogênico humano suspeito

O agente está evidenciado como carcinogênico, porém os dados são conflitantes ou insuficientes; ou, o agente é carcinogênico em animais, nas formas e parâmetros considerados relevantes quanto à exposição de trabalhadores.

A3 – Carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos

O agente é carcinogênico em animais, nas formas e parâmetros não considerados relevantes quanto à exposição de trabalhadores. Dados epidemiológicos não confirmam risco aumentado em humanos. Evidências disponíveis sugerem que o agente não é provável de causar câncer em humanos exceto sob condições excepcionais dos parâmetros.

A4 – Não classificável como carcinogênico humano

Não há dados adequados que possam redundar na classificação da carcinogenicidade do agente quanto a humanos ou animais.

A5 – Não suspeito como carcinogênico humano

Não suspeito, com base em pesquisa epidemiológica bem conduzida.

Exemplo Ilustrativo da Tabela de Limites de Tolerância ACGIH (trecho reproduzido conforme tradução autorizada da ABHO)

| Valores Adotados - 2003 | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|--|
| Substância (N.º CAS) | TWA | STEL/ TETO(C) | Notações | Peso MOL | Base do TLV - Efeito(s) crítico(s) |
| Azida de sódio (26628-22-8) | | | | 65,02 | |
| Como azida de sódio | --- | C0,29 mg/m ³ | A4 | | SNC; SCV; Pulmões |
| Como vapor de ácido hidrazóico | --- | C0,11 ppm | A4 | | SNC; SCV; Pulmões |
| Azinphos-metil (86-50-0) | 0,2 mg/ m ³ | --- | Pele; SEM; A4; BEI1 | 317,34 | Colinérgico |
| Bário (7440-39-3) e compostos solúveis, como Ba | 0,5 mg/ m ³ | --- | A4 | 137,30 | Irritação; GI; Músculos |
| Benomil (17804-35-2) | 10 mg/ m ³ | --- | A4 | 290,32 | Dermatites; Irritação; Reprodutivo |
| Benzeno (71-43-2) | 0,5 ppm | 2,5 ppm | Pele; A1; BEI | 78,11 | Câncer |
| Benzindina (92-87-5) | --- (L) | --- | Pele; A1 | 184,23 | Câncer (Bexiga) |
| Benzo(a)antraceno (56-55-3) | --- (L) | --- | A2 | 228,30 | Câncer |
| Benzo(b)fluoranteno (205-99-2) | --- (L) | --- | A2 | 252,30 | Câncer |
| Benzo(a)pireno (50-32-8) | --- (L) | --- | A2 | 252,30 | Câncer |
| ‡Berílio (7440-41-7) e compostos, como Be | (0,002 mg/m ³) | (0,01 mg/m ³) | (---); A1 | 9,01 | Câncer (Pulmão); Berilose |
| Bifenil (92-52-4) | 0,2 ppm | --- | --- | 154,20 | Pulmões |
| Bissulfito de sódio (7631-90-5) | 5 mg/ m ³ | --- | A4 | 104,07 | Irritação |

2.3 Misturas

Deve ser dada atenção especial à aplicação dos TLVs para determinar os riscos à saúde que podem ser associados com exposições a misturas de duas ou mais substâncias.

Exemplo:

O ar contém 400 ppm de acetona (TLV, 500 ppm), 150 ppm de acetato de séc-butila (TLV, 200 ppm) e 100 ppm de metil etil cetona (TLV, 200 ppm).

$$400/500 + 150/200 + 100/200 = 0,80 + 0,75 + 0,5 = 2,05$$

O limite de exposição (TLV) foi excedido.

2.4 Classificação dos Agentes Químicos

Os agentes químicos, mais por sua dimensão físico-química que por sua característica individual, são classificados em gases, vapores e aerodispersóides (estes últimos são subdivididos ainda em poeiras, fumos, névoas, neblinas, fibras); podemos entender os agentes químicos como todas as substâncias puras, compostos ou produtos (misturas) que podem entrar em contato com o organismo por uma multiplicidade de vias, expondo o trabalhador. Cada caso tem sua toxicologia específica, sendo também possível agrupá-los em famílias químicas, quando de importância toxicológica (hidrocarbonetos aromáticos, por exemplo).

2.5 Gases e Vapores

Gases e Vapores – Aspectos Gerais

CONCEITOS BÁSICOS

GÁS – chamam-se gases as substâncias que a 25 graus centígrados e pressão barométrica de 760 mm de Hg encontram-se no estado gasoso. Um gás pode ser liquefeito por resfriamento ou aumento da pressão ou, então, por combinação de ambos os processos. Alguns gases são: monóxido de carbono, dióxido de carbono, nitrogênio, fosfina, arsina, fosfogênio.

VAPOR – quando uma substância normalmente é líquida ou sólida a 25 graus centígrados e 760 mm de Hg e passa ao estado gasoso por mudanças de temperatura ou pressão, ou ambos ao mesmo tempo, dizemos que se

trata de um vapor. Logo, um vapor é um gás, o qual está próximo do seu ponto de condensação. Alguns exemplos incluem vapores de benzeno, tolueno, percloroetileno, metanol, mercúrio, disulfeto de carbono, acetona etc.

Tanto os gases como os vapores formam com o ar misturas consideradas como soluções na atmosfera e tendem a ocupar todo o espaço de um recipiente ou recinto.

Do ponto de vista da Higiene Industrial, gases e vapores são tratados juntos devido ao seu comportamento similar. Os métodos utilizados para sua amostragem nos locais de trabalho, assim como sua posterior análise laboratorial, são freqüentemente similares.

PRESSÃO DE VAPOR

Os líquidos possuem uma tendência natural de passar à fase vapor, isto é, tendem a vaporizar e esse fenômeno está relacionado intimamente com a chamada pressão de vapor. Esta pode ser definida como aquela pressão de equilíbrio que as moléculas do líquido exercem quando escapam da superfície líquida e se transformam em vapor. Essa pressão depende de dois fatores:

- a) da natureza do líquido
- b) da temperatura

É necessário esclarecer que a quantidade de líquido disponível não tem influência na pressão de vapor. Dessa forma, o gás liquefeito de petróleo (GLP) possui a mesma pressão (se mantida a temperatura) até que as últimas gotas de líquido vaporizem dentro do botijão.

Outro parâmetro importante na geração e dispersão de vapores é a velocidade na qual um líquido vaporiza, sendo que esta velocidade depende:

- da área da superfície do líquido
- da temperatura do líquido
- da movimentação do ar

O comportamento de gases e vapores nos locais de trabalho está influenciado pela rápida formação de misturas com o ar. A densidade dessa mistura vai diferir muito pouco da densidade do ar, permitindo a formação de uma mistura bastante homogênea, a qual pode se movimentar no ambiente pela ação de correntes de ar e da chamada ventilação vertical provocada por focos térmicos.

Em locais sem correntes de ar, a dispersão é lenta e homogênea. Quando existem correntes de ar, a dispersão é rápida e a mistura depende delas. Quando existem fontes de calor, a maior concentração de poluentes acontecerá nas partes elevadas próximas ao teto.

SOLVENTES ORGÂNICOS

A importância de se fazer um adendo sobre os solventes é justamente pela vasta utilização deles nos ambientes de trabalho. Temos de conhecê-los bem para que possamos saber como avaliá-los e controlá-los, uma vez que a maioria das substâncias ou compostos são tóxicos e, em graus variados, causam algum prejuízo à saúde dos trabalhadores.

O que se entende por solvente e para que ele serve

É uma substância química ou uma mistura de substâncias químicas capazes de dissolver outros materiais, tais como borrachas, resinas, tintas, vernizes etc. São usados também como desengraxantes, para limpeza de peças e de ambientes muito sujos.

A maioria dos solventes usados em diversos processos e atividades são de natureza orgânica e possuem certo número de propriedades comuns. Podemos destacar algumas delas:

- são líquidos voláteis de elevada pressão de vapor;
- trata-se de uma mistura de vários componentes, às vezes bastante complexa quando se trata de componentes derivados de petróleo;
- geralmente são substâncias inflamáveis, que podem formar misturas explosivas;

- geralmente são substâncias pouco polares e pouco solúveis em água.

Devido a essas características, os solventes têm facilidade para evaporar e misturar-se com o ar dos locais de trabalho, podendo atingir concentração bastante elevada.

Sua natureza química é variada e eles são classificados em vários grupos, de acordo com suas propriedades químicas; abaixo exemplificaremos os mais utilizados.

- a) Hidrocarbonetos alifáticos (cadeia aberta): pentano, hexano, cortes leves de destilados do petróleo usados nas gasolinas e querosene.
- b) Hidrocarbonetos cíclicos (cadeia fechada): ciclohexano, metilciclohexano, alfa-pireno.
- c) Hidrocarbonetos aromáticos (que contêm o anel benzênico): benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno, estireno, para-xileno, orto-xileno.
- d) Hidrocarbonetos halogenados (contêm substâncias desse grupo ligadas, ou seja, flúor, cloro, bromo ou iodo): tetracloreto de carbono, diclorometano, 1,1,1 tricloroetano, percloroetileno, clorofórmio, tricloroetileno, freons.
- e) Álcoois: metanol, etanol, álcool isopropílico, butanol.
- f) Glicóis: etileno glico, dietilenoglicol.
- g) Éteres: éter etílico, éter isopropílico.
- h) Ésteres: acetado de etila, acetato de amila, acetato de metila, metacrilato de metila.
- i) Cetonas: acetona, metil etil cetona, metil isopropil cetona, ciclohexanona.
- j) Aldeídos: aldeído fórmico, aldeído acético.

Classificação fisiológica dos gases e vapores

Os gases e vapores são classificados segundo a sua ação sobre o organismo humano em três grupos importantes:

- Irritantes
- Anestésicos
- Asfixiantes

Não quer dizer que, se uma substância é classificada em um dos grupos citados, isso não implicará que possa ter características dos outros grupos. Essa classificação baseia-se no efeito mais importante, isto é, mais significativo sobre o organismo. Por exemplo, sabemos que a maioria dos solventes está classificada como anestésica; no entanto, qualquer pessoa que já esteve exposta a um solvente do tipo (álcool, thinner, acetona) percebeu que essas substâncias também têm como propriedade irritar as vias respiratórias superiores.

Gases e vapores irritantes

Existe uma grande quantidade de gases e vapores classificados nesse grupo, os quais diferem em suas propriedades físico-químicas, mas possuem uma característica comum: produzem inflamação nos tecidos com os quais entram em contato direto, tais como a pele, a conjuntiva ocular e as vias respiratórias.

O modo de ação dos gases e vapores irritantes é determinado, principalmente, pela sua solubilidade.

No caso de irritantes gasosos altamente solúveis em água, o nariz e a garganta são os que mais sofrem com sua ação, ao passo que, nos pouco solúveis, o efeito maior é nos pulmões, pois é nesse local que a substância vai se solubilizar.

Quanto àqueles gases de solubilidade moderada, os efeitos são mais ou menos uniformes em todo o trato respiratório.

Esse grupo de gases e vapores irritantes divide-se em:

Irritantes Primários

- São aqueles cuja ação principal sobre o organismo é a irritação local e que, de acordo com o local de ação, distinguem-se em:

Irritantes de Ação sobre as Vias Respiratórias Superiores

- Constituem o grupo de mais alta solubilidade na água, localizando sua ação nas vias respiratórias superiores, isto é, garganta e nariz. Exemplo desse grupo:
 - Ácidos fortes, tais como: ácido clorídrico ou muriático, ácido sulfúrico, ácido nítrico.
 - Alcalis fortes, tais como: amônia e soda cáustica.

Irritantes de Ação sobre os Brônquios

- As substâncias desse grupo têm moderada solubilidade em água e, por isso, quando inaladas, podem penetrar mais profundamente nas vias respiratórias, produzindo sua irritação, principalmente, nos brônquios. Exemplos desse grupo: anidrido sulfuroso e cloro.

Irritantes de Ação sobre os Pulmões

- Esses gases apresentam baixa solubilidade na água, podendo, portanto, alcançar os alvéolos pulmonares, onde produzirão a sua ação irritante intensa. Exemplos desse grupo:
 - Gases nitrosos (principalmente NO_2 e sua forma dímera N_2O_4). Esses gases são produzidos no arco elétrico (solda elétrica), por combustão de nitratos, no uso de explosivos e no uso industrial de ácido nítrico.

– Fosgênio – gás incolor, originado por decomposição térmica de tetracloro de carbono e outros derivados halogenados.

Irritantes Atípicos

- Essas substâncias, apesar de sua baixa solubilidade, possuem ação irritante sobre as vias respiratórias superiores. Isso ajuda como advertência para o pessoal exposto, fazendo com que as pessoas se afastem imediatamente do local contaminado. Exemplos desse grupo: Acroleína ou aldeído acrílico (gás liberado pelos motores diesel), gases lacrimogêneos.

Irritantes Secundários

- Essas substâncias, apesar de possuírem efeito irritante, possuem ação tóxica generalizada sobre o organismo. Exemplo de substância desse grupo é o gás sulfídrico.

Gases e vapores anestésicos

O efeito anestésico se deve à ação depressiva sobre o sistema nervoso central. É importante ressaltar que essas substâncias são introduzidas em nosso organismo pela via respiratória, alcançando o pulmão, do qual são transferidas para o sangue, que as distribuirá para o resto do corpo. Muitas delas também podem penetrar pela pele intacta, alcançando a corrente sanguínea.

De acordo com sua ação sobre o organismo, os anestésicos podem ser divididos em:

Anestésicos Primários

- São assim chamadas as substâncias que não produzem outro efeito além da anestesia, mesmo em exposições repetidas a baixas concentrações.
Exemplos: hidrocarbonetos alifáticos (butano, propano, etano etc.), ésteres, aldeídos, cetonas.

Anestésicos de Efeitos sobre as Vísceras

- Exposições a esse grupo podem acarretar danos ao fígado e aos rins. Exemplos: hidrocarbonetos clorados, tais como tetracloreto de carbono.

Anestésicos de Ação sobre o Sistema Formador de Sangue

- Essas substâncias acumulam-se, de preferência, nos tecidos graxos, medula óssea e sistema nervoso. Exemplos: hidrocarbonetos aromáticos, tais como tolueno, xileno, benzeno.

Temos de salientar que a substância que representa o maior risco é o benzeno, que em exposições repetidas a baixas concentrações pode produzir uma anemia irreversível, podendo chegar a uma leucemia. Os homólogos, tolueno e xileno, têm efeitos anestésicos similares ao do benzeno, mas possuem efeitos tóxicos consideravelmente menores. Há muito tempo, tanto o xileno como o tolueno eram recomendados para substituírem o benzeno; todavia, atualmente o tolueno já não se recomenda mais, pois este teve seu limite de tolerância reduzido à metade e está classificado como uma substância carcinogênica classe A4 pela ACGIH.

Anestésicos de Ação sobre Sistema Nervoso

- Álcoois (metílico e etílico), ésteres de ácidos orgânicos, dissulfeto de carbono.

Em geral, os álcoois são altamente solúveis na água, fato que determina a sua eliminação de forma lenta. No caso do álcool etílico, a lenta eliminação contrapõe-se à rápida oxidação dentro do ciclo de combustão dos açúcares, e raramente são inaladas quantidades suficientes para produzir anestesia.

O álcool metílico, diferentemente do etílico, é eliminado lentamente pelo organismo, o que favorece a sua ação tóxica, que está dirigida, principalmente, sobre o nervo ótico.

UNIDADES DE MEDIDA

Não podemos falar sobre avaliação química sem mencionar as unidades de medida, as utilizadas para gases e vapores, o ppm (partes de vapor ou gás por milhão de ar contaminado, em volume) ou mg/m^3 (miligramas por metro cúbico de ar).

Conversão de fórmulas

$$\text{ppm} = \frac{24,45 \times \text{mg}/\text{m}^3}{\text{PM}} \quad \text{e} \quad \text{mg}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{PM}}{24,45}$$

Exemplo:

- 1) Transformar 10 ppm de Benzeno (C_6H_6) em mg/m^3

Dados: Peso atômico ----- C= 12g/mol
----- H= 1g/mol

$$\text{PM} = 12 \times 6 + 6 \times 1 = 78 \text{ g}$$

$$\text{Mg}/\text{m}^3 = \frac{10 \times 78}{24,45} = 31,9 \text{ mg}/\text{m}^3$$

- 2) Transformar 130 mg/m^3 de CO_2 para ppm

Dados: Peso atômico ----- C = 12 g/mol

O = 16 g/mol

$$\text{PM} = 12 + 2 \times 16 = 44\text{g}$$

$$\text{Ppm} = \frac{24,45 \times 130}{44} = 72,2 \text{ ppm}$$

2.6 Aerodispersóides

Aspectos Gerais

O termo **aerodispersóide** aplica-se a uma dispersão de sólidos ou líquidos no ar, na forma de partículas de tamanho reduzido geradas e projetadas no ambiente de trabalho mediante diversos processos industriais, e que pode se manter em suspensão por um longo tempo, permitindo a inalação do contaminante pelos expostos.

Subdividem-se em:

Poeiras – são partículas sólidas produzidas pelo rompimento mecânico de sólidos, como ocorre em processos de moagem, atrito, impacto etc., ou por dispersão secundária, como o arraste ou agitação de partículas sedimentadas, como, por exemplo: poeira de sílica, carvão, talco, farinha etc.

Fumos – são partículas sólidas produzidas por condensação ou oxidação de vapores de substâncias sólidas em condições normais, como por exemplo: fumos de soldagem, fumos presentes em fundições, processos de spray metálico a quente.

Névoas – são partículas líquidas produzidas por ruptura mecânica de líquidos, como, por exemplo: névoas de água, de ácido sulfúrico, alcalinas, de pintura, névoas de lagoas de aeração forçada no tratamento de efluentes.

Neblinas – são partículas líquidas produzidas por condensação de vapores de substâncias que são líquidas à temperatura normal.

Fibras – são partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de sólidos, que se diferenciam das poeiras porque têm forma alongada, com um comprimento de 3 a 5 vezes superior ao seu diâmetro.

Exemplos: animal - lã, seda, pêlo de camelo
Vegetal - algodão, linho e cânhamo
Mineral - asbestos, vidros e cerâmicas

Quanto ao tamanho das partículas, a tabela abaixo demonstra algumas propriedades:

TABELA 10 – TIPOS DE POEIRAS

| Tipo de poeira | Tamanho aproximado (μm) |
|----------------|--------------------------------------|
| Sedimentável | $10 \leq \phi \leq 150$ |
| Inalável | $\phi \leq 10$ |
| Respirável | $\phi \leq 5$ |
| Visível | $\phi > 40$ |

Fonte: SOTO, José Manoel Gana. *Higiene Ocupacional. Revista Proteção*, out./nov. (Caderno Técnico, nº 5)

A tabela acima nos mostra que as partículas mais nocivas são as inaláveis e as respiráveis, que não podem ser avaliadas somente por meio da nossa percepção.

O conceito usado em Higiene Ocupacional para definir tamanho de partículas deriva da velocidade de queda da partícula no ar em repouso, quando esta atinge o equilíbrio (força da gravidade igual à força da resistência aerodinâmica exercida pela atmosfera) e desce com velocidade constante conhecida como velocidade terminal de sedimentação.

Define-se o Diâmetro Aerodinâmico Equivalente como o diâmetro de uma esfera hipotética de densidade unitária ($1\text{g}/\text{cm}^3$), a qual tem a mesma velocidade terminal de sedimentação da partícula no ar, independente do seu tamanho geométrico, forma e densidade real.

Esse conceito é o preferido atualmente para se definir o tamanho das partículas por ser esse o modelo que se adapta à capacidade de penetração e probabilidade de deposição das partículas no sistema respiratório.

Poeira respirável

A parcela de partículas que são inaladas e que têm a possibilidade de penetrar e se depositar além dos bronquíolos terminais chama-se de fração respirável, responsável por induzir doenças do grupo das pneumoconioses. O tamanho das partículas com tal propriedade oscila entre 0,5 micrometro a 10 micrometros.

A fim de dar uma noção prática dos tamanhos de partículas que podem constituir uma poeira, apresentamos a seguir uma tabela que visualiza vários contaminantes e seu tamanho médio de partícula, dado em valores de diâmetros aerodinâmicos equivalentes.

TABELA 11 – TAMANHO DE PARTÍCULAS

| Partícula | Tamanho em micrometros |
|---------------------------|------------------------|
| Menor partícula visível | 40 – 50 |
| Gotas de chuva | 500 – 5.000 |
| Diâmetro do cabelo humano | 50 – 500 |
| Pólen | 10 – 100 |
| Cinzas | 1 – 5.000 |
| Poeira de cimento | 1 – 100 |
| Poeira de fundição | 0,1 – 1.000 |
| Negro de fumo | 0,001 – 0,50 |
| Carvão | 0,1 – 5.000 |
| Fumaça de tabaco | 0,01 – 0,5 |
| Poeira de sílica | 0,0001 – 10.000 |
| Bactérias | 0,1 – 50 |

As partículas maiores que cinco micrometros e menores que dez micrometros podem sair com a ajuda da respiração. As menores que cinco micrometros penetram profundamente nos pulmões.

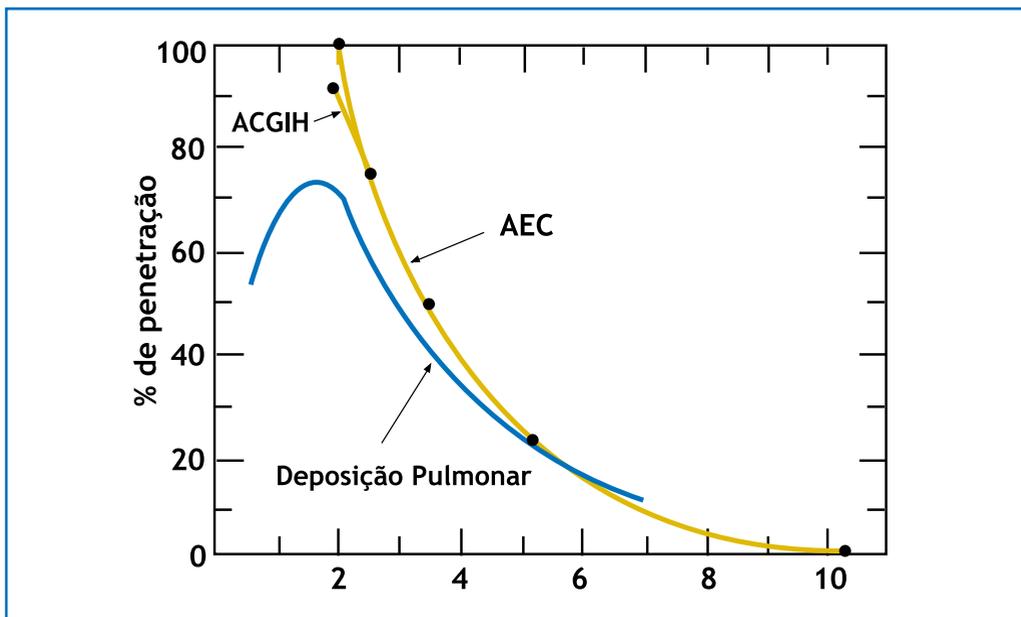
Curvas de seleção de tamanho de partículas

Os equipamentos de amostragem de poeiras devem simular, da forma mais aproximada possível, o que acontece no trato respiratório quando da inalação de partículas. Em outras palavras, o material a ser coletado pelo amostrador somente deverá coletar partículas que tenham a possibilidade de penetrar no trato respiratório (poeira respirável). Dessa forma, a amostragem será representativa da exposição ocupacional.

Ao longo do tempo, têm sido recomendados vários modelos para a fabricação de equipamentos de amostragem de poeira respirável, baseados nas chamadas curvas de deposição pulmonar. As mais usadas são as do Conselho de Pesquisas Médicas da Grã-Bretanha (BMRC), da Comissão de Energia Atômica (AEC) dos Estados Unidos e a curva da ACGIH, a qual modificou as anteriores, permitindo a seleção de 80% das partículas com densidade unitária e diâmetro de dois micrometros.

Os equipamentos de amostragem com separadores ciclônicos baseiam-se na curva adotada pela ACGIH.

FIGURA 25 – CURVAS DE DEPOSIÇÃO PULMONAR DE PARTÍCULAS



Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. *Revista Proteção*, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

Atualmente, está sendo introduzida nova modificação, que apresenta três faixas de seleção:

- a) MPI – massa de partículas inaláveis
- b) MPT – massa de partículas torácicas
- c) MPR – massa de partículas respiráveis

Os novos separadores já foram apresentados em algumas feiras especializadas, mas ainda não se encontram em nosso mercado. Diversos métodos baseados em fundamentos físico-químicos diferentes têm sido estudados e usados para as amostragens de poeiras. Esses métodos podem ser divididos em seis grupos fundamentais:

- sedimentação
- óticos
- impactadores
- filtração
- precipitação eletrostática
- precipitação térmica

O método de filtração referente a filtros tipo membrana é, sem dúvida, o mais utilizado. Nesse método, quando o objetivo é coletar a fração respirável, utiliza-se um separador tipo ciclone, construído de acordo com as curvas de deposição pulmonar já apresentadas.

Basicamente, o conjunto amostrador consiste nos seguintes componentes:

- sistema filtrante
- sistema separador de tamanho de partículas
- bomba de sucção com fluxo regulável

3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E EXERCÍCIOS PRÁTICOS

3.1 Avaliação dos Gases e Vapores

ASPECTOS GERAIS

FORMAS AMOSTRAIS

Amostras de curta duração (“instantâneas”) – são realizadas em um curto espaço de tempo e os resultados correspondem à concentração existente nesse intervalo.

Vantagens:

- Registro das concentrações mais altas e mais baixas durante a jornada de trabalho, quando podem ser antecipados os momentos de máximos e mínimos de exposição.
- Cálculo da concentração média, por meio da média estatística das amostragens instantâneas (para adequado uso estatístico, as amostras devem ser aleatórias - vide capítulo sobre Estratégia de Amostragem).
- É fundamental quando se avalia a concentração de substâncias que tenham valor teto ou valor máximo associado ao LT tipo média ponderada e TLV-C da ACGIH.

Amostragem contínua – é realizada em período de tempo que varia de frações de hora até uma jornada de trabalho, com uma ou mais amostras.

Vantagens:

- Fornece como resultado a média ponderada das condições existentes no período de avaliação no ambiente.

Desvantagens:

- Não há registro das variações da concentração durante o período, o que impossibilita a determinação das máximas concentrações, não podendo ser verificado se o valor máximo ou valor teto foi ultrapassado.

RECURSOS INSTRUMENTAIS

INSTRUMENTOS UTILIZADOS E METODOLOGIA

Aparelhos de leitura direta

São aqueles que fornecem, imediatamente, no próprio local de trabalho que está sendo analisado, a concentração do contaminante. Podem ser equipamentos dedicados a um ou poucos contaminantes, geralmente com células ou sensores eletroquímicos convenientes; podem também ser usados tubos detetores reativos ou colorimétricos, com bombas acopladas (bomba universal, para todos os tubos).

Os mais utilizados e conhecidos são os indicadores colorimétricos, ou tubos detetores colorimétricos. São dispositivos de leitura direta que utilizam métodos químicos e fornecem a concentração existente no ambiente pela alteração da cor, ocorrida devido a uma reação química.

Consistem fundamentalmente em se passar uma quantidade conhecida de ar por meio de um reagente, o qual sofrerá alteração de cor, caso a substância contaminante esteja presente.

A concentração do contaminante é então determinada:

- pela comparação da intensidade e extensão da alteração de cor resultante, com escalas padronizadas, que podem estar tanto gravadas no próprio tubo como impressas na carta informativa que o acompanha;
- por comparação da cor obtida com cores-padrão.

Para se fazer passar o ar por meio do reagente são utilizadas bombas aspiradoras, que podem ser tanto do tipo pistão ou do tipo fole.

É importante salientar que, quando utilizamos uma bomba aspiradora de determinado fabricante, devemos utilizar os tubos indicadores da mesma marca, caso contrário poderemos obter concentrações com erros.

FIGURA 26 – AMOSTRAGEM COM TUBO DETETOR COLORIMÉTRICO



Fonte: Foto cedida pela Dräger

Tubos de carvão ativado, sílica gel e outros meios convenientes de retenção

Utilizaremos esse tipo de amostradores acompanhados de uma bomba.

A amostragem consiste em passar um determinado volume de ar conhecido, por intermédio de bomba gravimétrica calibrada com vazão adequada, por tubo de carvão ativado ou sílica gel. Tanto para a vazão adequada como para o tipo de tubo a ser utilizado devem ser consultadas as metodologias específicas de cada contaminante. A amostra é posteriormente enviada para análise de laboratório.

Sabemos que os tubos de carvão ativado são utilizados para coleta dos vapores orgânicos (benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno, acetona etc.) e os tubos de sílica gel para outras substâncias (tais como anilina, ácidos, amins etc.).

FIGURA 27 – IMPACTADOR, BORBULHADOR OU *IMPINGER*



Fonte: Exemplo de bomba de amostragem com tubos de absorção para agentes químicos.
Foto cedida pela TWA

É um dos amostradores que requerem maiores cuidados, pois consiste em passar um volume de ar conhecido, por meio de bomba gravimétrica calibrada, por um líquido absorvente específico para cada tipo de contaminante a ser coletado. Nesse tipo de amostragem, podem ocorrer acidentes com a solução dentro do circuito interno da bomba, vindo esta a ser danificada pela solução absorvedora. Para evitar esse problema, o que se costuma fazer é utilizar sempre um amostrador vazio próximo à tomada de vácuo da bomba; ele funcionará como um retentor (*trap*) de líquido em caso de sua sucção indesejada para fora do amostrador principal.

Amostragem com retenção em filtros de PVC, éster de celulose ou fibra de vidro

Consiste em fazer passar um volume de ar conhecido, utilizando bomba gravimétrica devidamente calibrada, conforme método utilizado para o contaminante, por meio de filtros específicos (PVC, éster celulose ou fibra de vidro).

O filtro contendo o contaminante será analisado em laboratório por meio de análise química específica, segundo a metodologia.

Para cada tipo de substância ou grupo devem-se consultar os métodos do NIOSH, que fornecem toda a metodologia de amostragem de campo (vazão, tempo de coleta, tipo de meio de retenção) e análise laboratorial. Eles podem ser consultados *on-line* na internet, no *site* do NIOSH, www.cdc.gov/niosh.

Alguns laboratórios de Higiene Ocupacional disponibilizam resumos de métodos para serem consultados, para que o profissional que busca informações sobre determinado contaminante saiba quais os passos que deverá seguir caso decida monitorar uma determinada substância.

Temos de fazer algumas perguntas antes de tomar uma decisão em relação ao contaminante, como:

- A substância possui limite de tolerância?
- Possui metodologia para amostragem de campo?
- Possui metodologia de análise?
- Essa metodologia já foi implantada?

Se a resposta for sim, existirá um valor (custo) de análise; caso não tenha sido implantada, esse custo será bem mais alto, pois essa substância não é uma substância de rotina para o laboratório, e este, por sua vez, terá de desenvolver tal metodologia.

Monitores passivos (OVM)

Os monitores passivos ou, como são chamados no comércio especializado nos Estados Unidos, *Organic Vapor Monitors*, são dispositivos de coleta de amostras de gases e vapores que se fundamentam no fenômeno de Difusão – Adsorção, sem usar bombas de sucção ou outro mecanismo que forneça a passagem forçada de ar.

Durante a coleta da amostra, podemos distinguir as seguintes fases:

- fase de difusão-permeação
- fase de adsorção

A etapa de difusão se caracteriza pela passagem das moléculas do gás ou vapor de um ambiente de maior concentração para um ambiente isento ou de baixa concentração de contaminante, por intermédio de um meio permeável (Lei de Henry).

Na parte posterior da câmara de difusão é colocada uma placa ou disco de carvão ativo, ou outro adsorvente específico, onde se completa a fase de adsorção.

A massa de contaminante transferida para o adsorvente pode ser calculada pela expressão:

$$M = \frac{E \times A \times C \times t}{L}$$

sendo,

M = massa de gás ou vapor retido no monitor

E = coeficiente de difusão cm² /seg

A = área de superfície do monitor em cm²

L = distância entre membrana e adsorvente em cm

C = concentração ambiental mg/m³

t = tempo de amostragem seg

Define-se o conceito de vazão equivalente U em cm^3/seg , que representa o volume de ar que contém a mesma quantidade de contaminante que o monitor consegue reter por unidade de tempo:

$$U = \frac{E \times A}{L}$$

Os valores de U são especificados pelo fabricante e a concentração ambiental a ser medida será:

$$\frac{M}{U \times t}$$

M será determinada pelo laboratório,
U é fornecido pelo fabricante, e
t representa o tempo da amostragem

Procedimento de Amostragem

O procedimento de amostragem descrito a seguir será baseado no monitor passivo da empresa 3M, que apresenta no mercado quatro tipos diferentes, quais sejam: OVM 3500, OVM 3520, específico para formaldeído, OVM 3721 e um específico para Óxido de Etileno, o OVM 3551. Recomenda-se consultar o catálogo da 3M ou a página da internet do fabricante ou do laboratório que fará a análise.

Observar as seguintes etapas para a amostragem:

1. Remova o monitor da sua embalagem metálica.
2. Prenda o monitor de forma que se situe na zona respiratória e anote a hora de início da amostragem.
3. Após o tempo da amostragem (observar o tempo determinado pelo fornecedor para cada substância), retire o monitor, remova a membrana permeável e coloque proteção de plástico, o que facilitará o trabalho do laboratório.
4. Anote o tempo de término de amostragem, coloque o monitor no interior da embalagem metálica e envie-o ao laboratório.

5. As informações de campo necessárias a coletar serão, portanto:

- nome do funcionário objeto da amostragem
- instante do início da amostragem
- instante do término da amostragem
- temperatura e pressão ambiente

Análises

O método analítico mais recomendado é a cromatografia de fase gasosa, segundo as orientações do método NIOSH - P and CAMP 127.

FIGURA 28 – EXEMPLO DE AMOSTRADOR PASSIVO



Fonte: Foto cedida pela 3M do Brasil

3.2 Avaliação de Aerodispersóides

Recursos instrumentais

BOMBAS DE SUCÇÃO – AMOSTRADORES PARA POEIRAS E FUMOS

Hoje, no mercado, existem vários modelos desses equipamentos que são de pequeno porte e podem ser levados individualmente pelo trabalhador na sua cintura, quando se deseja coletar amostras pessoais. Os equipamentos mais modernos têm introduzido reguladores eletrônicos

de fluxo, com capacidade de vazão de 1 litro/min a 4 litros/min. As bombas são alimentadas por baterias de níquel-cádmio recarregáveis e possuem regulação eletrônica de fluxo, conseguindo-se variações pequenas de vazão e, portanto, volumes de ar coletados mais precisos, o que é de grande importância numa amostragem.

A vazão de amostragem dependerá do volume de ar necessário para se coletar uma massa de material particulado suficiente para efetuar as análises.

SISTEMA FILTRANTE (FILTROS, PORTA-FILTROS E SUPORTES)

Filtros

Por exemplo, o filtro utilizado na coleta de poeira contendo sílica livre é de PVC (cloreto de polivinila), com 5 μm de poro e 37 mm de diâmetro, que permite a captação de partículas relevantes do ponto de vista de retenção no tecido pulmonar (0,5 μm a 10 μm). O material filtrante (PVC) é o mais indicado para a coleta desse tipo de poeira, pois possui alta eficiência de coleta, não é higroscópico e não interfere no método de análise química da sílica livre, já que o teor de cinzas, após a calcinação, é muito pequeno.

Para a coleta de poeiras metálicas ou fumos metálicos, utiliza-se como sistema filtrante um filtro de éster de celulose tipo AA, com 0,8 μm de poro e 37 mm de diâmetro. Esse filtro é o mais indicado por não interferir no método de análise por absorção atômica, devido à sua pureza (baixos traços de metais), fácil solubilização e alta eficiência de coleta.

Porta-Filtros

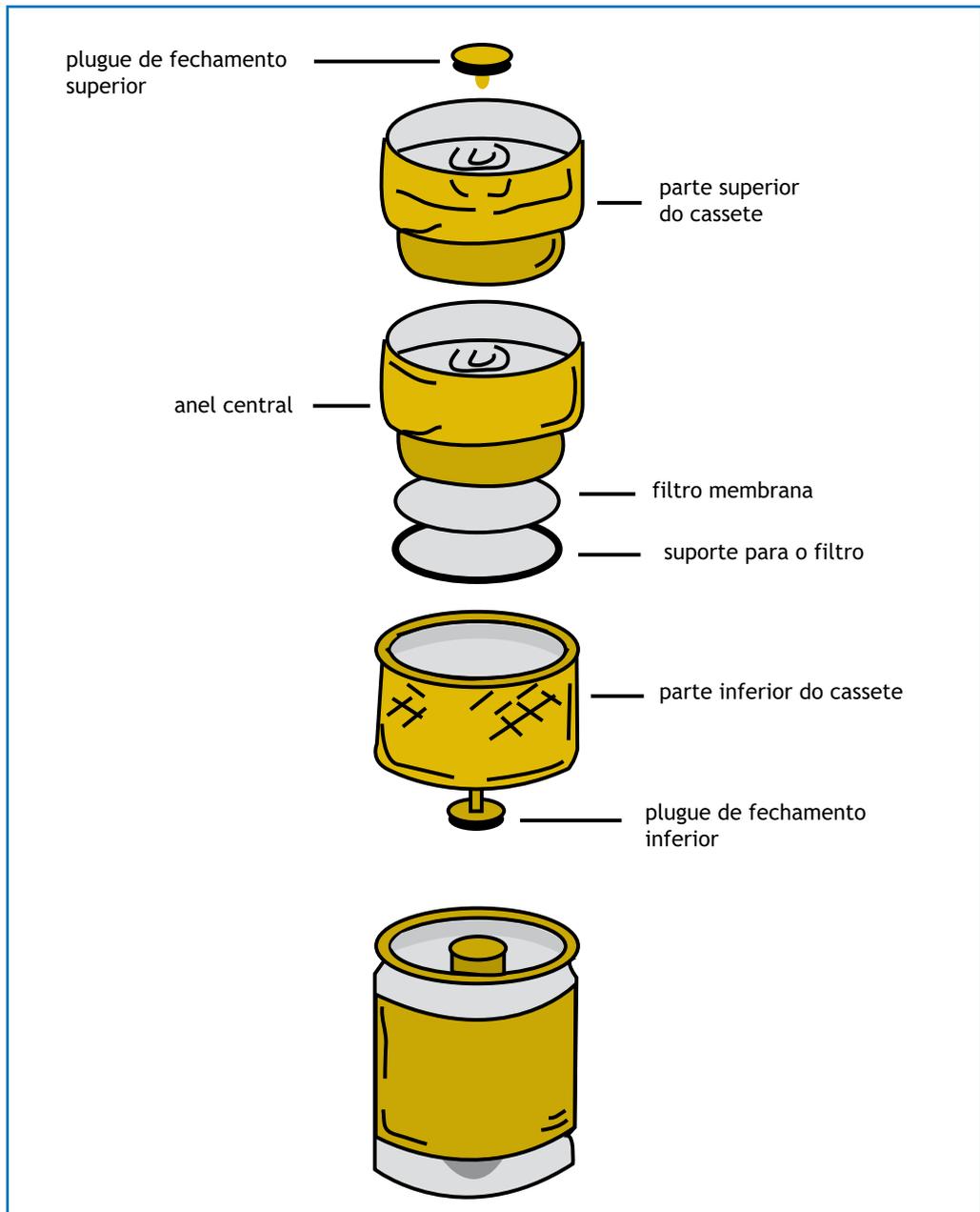
Os porta-filtros ou “cassetes” são constituídos de poliestireno, podendo possuir dois ou três corpos, que deverão ser bem vedados, após a preparação dos filtros, com bandas de celulose ou teflon, de modo a evitar contaminação das amostras.

Suportes

Os suportes são placas de prata ou papelão de 25 mm ou 37 mm de

diâmetro, utilizadas para apoiar os filtros dentro do cassete. Os de papelão deverão ser descartados após as coletas, para evitar a contaminação. Os suportes de prata já não são muito utilizados atualmente e devem passar por um processo de limpeza após a sua utilização.

FIGURA 29 – CONJUNTO DE AMOSTRADOR PARA PARTICULADOS DE TRÊS CORPOS



Separadores de Partículas

Para a separação de partículas é utilizado um miniciclone, com a função de selecionar as partículas de acordo com suas dimensões, isto é, as partículas maiores que 10 μm não passam pelo filtro.

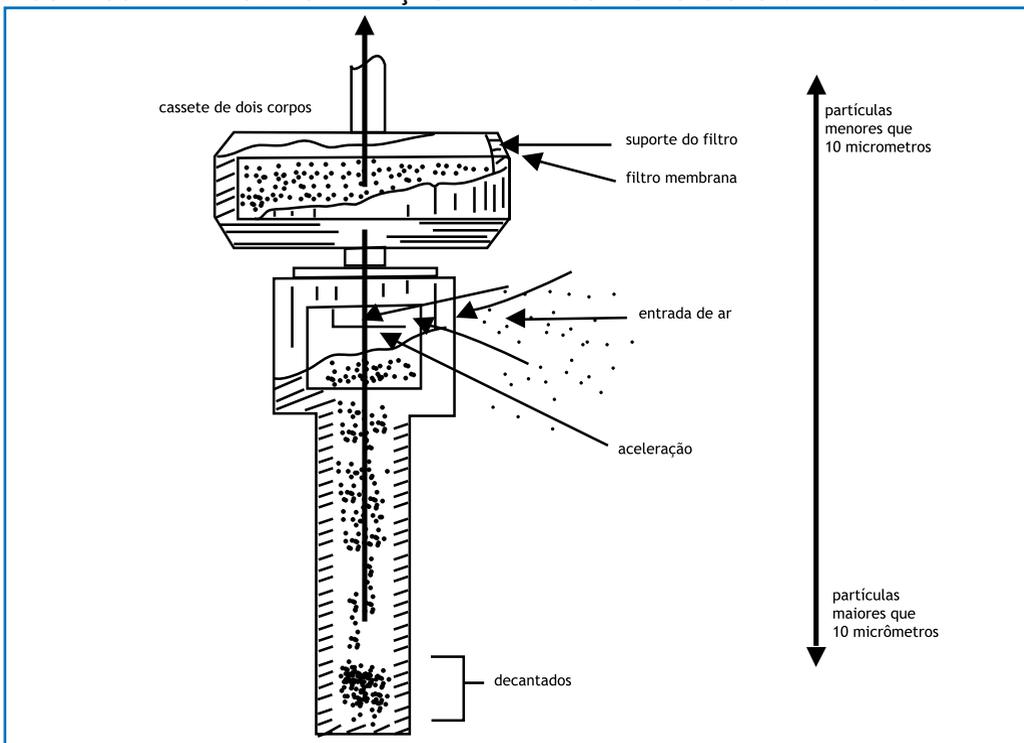
O mais utilizado é o ciclone de nylon de 10 mm de diâmetro.

TABELA 12 – SEPARAÇÃO PREVISTA PELO CICLONE DE 10 MM

| f aerodinâmico (μm) | % respirável |
|----------------------------------|--------------|
| 10,0 | 0 |
| 5,0 | 25 |
| 3,5 | 50 |
| 2,5 | 75 |
| $\leq 2,0$ | 100 |

Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. Revista Proteção, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

FIGURA 30 – FAIXAS DE SEPARAÇÃO DE PARTÍCULAS DO CICLONE DE 10 MM



Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. Revista Proteção, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

Calibração de bombas

A Fundacentro, por meio da norma NHO 07 – Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão, descreveu todo o processo de como se obter uma vazão correta do instrumento a ser utilizado nas coletas de material particulado. Existem também no mercado atual calibradores eletrônicos, classificados como calibradores de padrão primário de vazão, que calibram bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. Os resultados são obtidos por meio de leituras diretas, em unidades de vazão, volume por minuto.

Nesses aparelhos, os dados ficam retidos na memória para cálculos da média, assim como podem ser eliminados total ou parcialmente, conforme o interesse do usuário ou a qualidade das bolhas. Esses calibradores trazem a vantagem de serem de pequeno porte, fazendo calibrações rápidas e com muita eficiência, principalmente quando se trata de baixas vazões para o caso de gases e vapores. O princípio de funcionamento é o mesmo recomendado por essa norma e pela Norma da ABNT NBR – 10.562, com a diferença de realizar as leituras automaticamente. Recomenda-se ainda que esses instrumentos sejam calibrados de acordo com a NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição.

Porém, devido ao baixo custo e a resultados extremamente satisfatórios, ainda se utiliza muito o sistema manual, por meio do método de bolha de sabão, conforme figura 1 e resumo descrito logo abaixo:

Procedimento de Calibração

Em calibrações realizadas pelo método de bolha de sabão ou por calibradores portáteis, o uso de adaptadores ou quaisquer outros dispositivos de coleta, como *impingers* ou separadores de partículas, precedendo o filtro pode acarretar um aumento de perda de carga no sistema, podendo afetar o resultado da calibração, se não forem incluídos no “trem de calibração”.

Portanto, é importante observarmos que o dispositivo de coleta seja colocado no sistema da mesma forma como será usado durante a coleta no ambiente de trabalho.

- Ligar a bomba de amostragem durante 15 a 20 minutos, antes de iniciar o procedimento de calibração, para estabilizar a tensão das baterias.
- Medir a voltagem e verificar se ela está dentro das especificações do fabricante.
- Ajustar previamente a bomba de amostragem para a vazão requerida.
- Acoplar a bomba à bureta de precisão por meio da mangueira.
- Calcular o tempo que a bolha deve levar para percorrer a bureta, por meio da expressão:

$$T = \frac{V \times 60}{Q}$$

em que:

Q = vazão requerida, em litros por minuto (l/min)

V = volume da bureta, em litros (l)

T = tempo, em segundos (s)

- Erguer o recipiente contendo a solução de sabão até encostar ao bocal da bureta, fazendo com que se forme uma bolha.
- Repetir várias vezes essa operação, até que se forme uma bolha que percorra inteiramente a bureta sem se romper. A bolha deve se manter estável em todo o trajeto.
- Acionar o cronômetro quando a bolha passar pela marca inicial de calibração.
- Parar o cronômetro quando a bolha passar pela marca final de calibração.
- Ajustar novamente a bomba de amostragem para a vazão requerida, se necessário.
- Repetir esse procedimento até que se obtenham por três vezes consecutivas os tempos correspondentes à vazão requerida,

permitindo variação máxima de 0,2 segundos, anotando as leituras.

- Anotar os valores da temperatura e da pressão atmosférica caso haja a necessidade de correção da vazão.
- A bomba deve ser calibrada antes de cada coleta e após a realização da coleta.

Cálculo da Vazão

Calcular a média aritmética dos tempos obtidos e determinar a vazão inicial, e, após, calcular a média aritmética dos tempos obtidos na vazão final e calcular a média final por meio da expressão:

$$Q_m = \frac{(Q_i + Q_f)}{2}$$

em que:

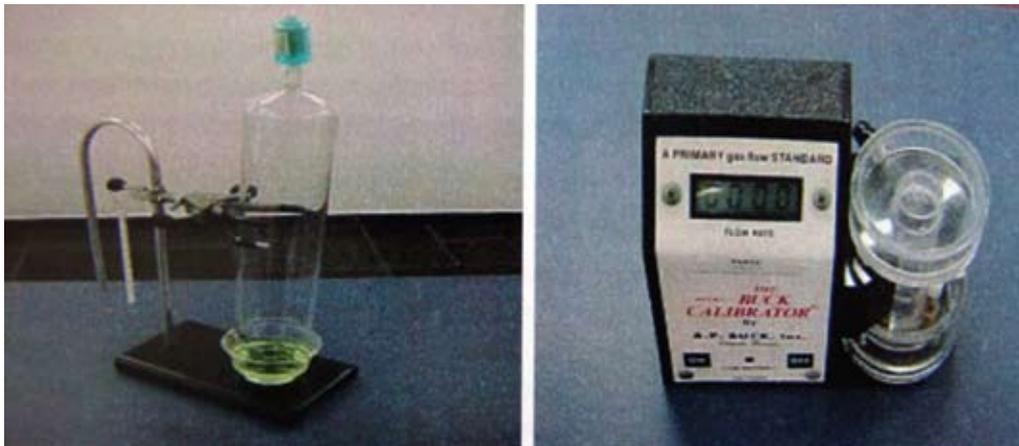
- Q_m = vazão média nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)
- Q_i = vazão inicial nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)
- Q_f = vazão final nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)

Obs.: Recomenda-se a leitura da NHO – 07 da Fundacentro, da NBR – 1.056 e também o estudo de um filme da Fundacentro com detalhes minuciosos de todos os passos a serem seguidos para se obter uma calibração de qualidade.

Para avaliações de poeira respirável (utilizando-se o ciclone), a vazão requerida, segundo o método NIOSH 0600, é de 1,7 l/min. Para avaliações de poeiras totais segundo o método NIOSH 0500, a vazão é de 1 l/min a 2 l/min, e para avaliações de fumos metálicos conforme método OSHA-ID 121–Espectrofotometria de Absorção Atômica, a vazão é de 1 l/min a 4 l/min.

Quanto à avaliação de outros contaminantes não citados aqui, sugere-se a consulta aos métodos do NIOSH e/ou ao laboratório que fará as análises.

FIGURA 31 – BURETA E CALIBRADOR AUTOMÁTICO



Fonte: Fotos cedidas pela TWA

Aspectos específicos de avaliação de aerodispersóides

Poeiras minerais contendo sílica livre cristalizada e poeiras não classificadas de outra forma

Poeira Total: é toda poeira em suspensão existente no ambiente de trabalho: são as poeiras respiráveis e não respiráveis.

Poeira Respirável: é aquela cujo diâmetro equivalente é menor que dez micrometros e que obedece à curva de porcentagem de penetração na região alveolar de acordo com o quadro do item 4, Anexo 12 da NR-15.

Observa-se, portanto, que o conceito de poeira respirável é baseado na sua capacidade de penetração no trato respiratório. Nas avaliações para verificação do dano à saúde, as amostragens de poeira respirável são recomendáveis, pois representam aquelas partículas que penetram nos pulmões. A Norma Brasileira estabelece a atividade como insalubre quando quaisquer dos limites de tolerância forem ultrapassados.

Na avaliação de PNOC (partículas não classificadas de outra maneira), as análises deverão ser realizadas da mesma maneira descrita para poeiras minerais, observando-se suas peculiaridades.

A seguir, as etapas para a avaliação de poeiras.

O laboratório se encarregará de preparar os filtros para as amostragens em campo. Basicamente essa preparação consiste em:

- Dessecar o filtro durante 24 horas.
- Determinar o peso inicial do filtro em balança de precisão de 0,00001 g.
- Montar o filtro e o suporte no cassete e vedá-los com fita de celulose ou teflon.
- Codificar os filtros.

Amostragem de Campo

Consiste em calibrar a bomba na vazão adequada. Nas amostragens de poeira total, recomenda-se a vazão inicial de 1,5 l/min, enquanto nas amostragens de poeira respirável a vazão é de 1,7 l/min. A calibração pode ser realizada no calibrador do tipo de bolha de sabão ou calibrador automático, conforme já falado (lembrando que, no caso de poeira respirável, deve-se dotar o sistema de coleta de um separador de partículas adequado (ciclone).

Deve-se instalar a bomba na cintura do trabalhador, de maneira que não atrapalhe suas atividades normais da função e marcar na folha de campo a hora inicial, se a bomba não acumular automaticamente esse dado (modelo da folha de campo em anexo).

Quanto ao tempo de amostragem, este será em função do tipo de poeira coletada (total ou respirável) e da sensibilidade do método analítico. Nessa fase, é importante o entrosamento com o laboratório que vai realizar as análises.

Após a amostragem, deve-se retirar a bomba, marcar o tempo final e, em seguida, fazer a calibração final, calculando a média da vazão.

Em todo o tempo da coleta, é recomendável o acompanhamento do trabalhador, observando e analisando os seguintes itens: funcionamento normal da bomba, reconhecimento das fontes principais de poeira, análise das atividades desenvolvidas no posto de trabalho, registro das medidas de controle existentes ou que poderão ser adotadas, entre outros.

Folha de Campo

As observações realizadas e os registros feitos na folha de campo contribuirão para a elaboração do relatório final após a análise dos filtros. Entre os dados a serem registrados, destacam-se:

- Nome da empresa
- Data da amostragem
- Número de série, marca e modelo da bomba utilizada
- Número ou código do filtro utilizado
- Tipo de amostragem realizada (total ou respirável)
- Setor ou área de operação onde se realizou a amostragem
- Nome do trabalhador
- Função do trabalhador descrita minuciosamente
- Horário em que a bomba foi ligada
- Horário em que a bomba foi desligada
- Tempo de amostragem
- Vazão de calibração da bomba
- Observações feitas durante a amostragem

Sabemos que, tão importante quanto a amostragem, o transporte das amostras também requer cuidados especiais. Consulte o laboratório ou o método NIOSH para executar o armazenamento e envio das amostras.

É preciso atentar para o preenchimento do pedido de análise para o laboratório com as especificações necessárias. Atualmente, os laboratórios pedem um mínimo de requisitos, ficando os pormenores

para o interessado. Porém, dados como código do filtro, tipo de poeira, local e data das amostragens são dados importantes, pois assim constarão mais tarde dos certificados de análise emitidos pelo laboratório.

Laboratório – Análise das Amostras

No laboratório, o porta-filtro será desmontado e novamente dessecado durante 24 horas, e em seguida será pesado e analisado.

Análise de sílica livre

Laboratório

- Pesagem final na mesma balança analítica em que foi feita a pesagem inicial.
- Calcinação do filtro de 600°C a 800°C.
- Análise quantitativa de sílica livre cristalizada pelo método de difratometria de raios X, conforme norma NIOSH. Salientamos que outros métodos analíticos são utilizados pelos laboratórios, devendo o interessado ficar atento sobre os procedimentos a serem seguidos para métodos diferentes deste aqui citado.

No caso de determinação do risco, conforme a ACGIH, basta o peso de SiO₂.

No caso de determinação do risco, segundo a NR-15, Anexo 12, é necessária a porcentagem de SiO₂ para o cálculo do limite de tolerância. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$\% \text{ SiO}_2 = \frac{\text{peso de sílica livre cristalizada}}{\text{peso da amostra}} \times 100$$

A massa mínima necessária para a determinação de sílica livre é de 0,01 mg e a máxima recomendada é de 2,0 mg. Assim sendo, quando tivermos massas inferiores a 0,01 mg, isso significará que o tempo de amostragem deverá ser aumentado. Observar que, quando houver amostra solta no filtro, deverá ser reduzido o tempo de amostragem. Amostras com excesso de material são desprezadas pelo laboratório.

Tratamento dos dados

Para que possamos ter um trabalho completo e preciso, refletindo a realidade do ambiente de trabalho, deverão ser coletadas amostras de poeira em dias aleatórios, de modo que sejam levados em consideração todos os parâmetros que possam estar ligados às concentrações desse agente ao nível respiratório do trabalhador em dias típicos de exposição.

Cálculos e análises dos dados coletados

Vazão Média

Uma vez determinada a vazão inicial (Q_i) e final (Q_f), calculamos a vazão média da amostragem, utilizando a seguinte fórmula:

$$Q_m = \frac{Q_i + Q_f}{2} \text{ l/min}$$

em que:

Q_m = vazão média da amostragem, em l/min

Q_i = vazão inicial requerida na amostragem, em l/min

Q_f = vazão final aferida após a amostragem, em l/min

Volume Amostrado

Passamos à determinação do volume amostrado:

$$V_a = Q_m \times t_a$$

em que:

V_a = volume de amostragem, em l

Q_m = vazão média, em l/min

t_a = tempo amostrado, em min

Como os limites de tolerância para poeiras são expressos em mg/m^3 , então:

$$V_a = \frac{Q_m \times T_a}{1.000}$$

em que:

V_a = volume de amostragem, em m^3

Q_m = vazão média, em l/min

T_a = tempo amostrado, em min

1.000 = fator de conversão de litros para m^3

Concentração de Poeira

Será obtida por meio da seguinte fórmula:

$$C = \frac{M_a}{V_a} \text{ mg}/\text{m}^3$$

em que:

C = concentração de poeira, em mg/m^3

M_a = massa da amostra coletada, em mg

V_a = volume da amostragem, em m^3

Cálculo do Limite de Tolerância

Poeira total:

$$LT = \frac{24}{\% \text{ SiO}_2 + 3} \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

Poeira respirável:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2} \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

3.3 Avaliação de Fumos e Poeiras Metálicas

As poeiras metálicas ou fumos metálicos são coletados diretamente no filtro, como poeira total. No caso de fumos, pelo fato de possuírem partículas muito pequenas ($\phi < 0,5 \mu\text{m}$), não há necessidade de separação por tamanho. Quanto às poeiras minerais, tanto a legislação brasileira quanto a ACGIH estabelecem limites para poeira total.

Não é preciso pesar o filtro, uma vez que o processo de análise química por absorção atômica não utiliza o processo gravimétrico, nem determinar a massa de metal presente no filtro. O filtro deverá ser montado no porta-filtros e vedado com fita de celulose ou teflon. O cassete deverá ser codificado.

Como próximo passo da coleta de campo, deve-se calibrar a bomba na vazão adequada, recomendando-se para coleta total uma vazão inicial de 1,5 l/min, e a calibração poderá ser feita em calibrador pelo método de bolha de sabão, eletrônico ou manual.

Após, deve-se instalar a bomba na cintura do trabalhador e anotar o tempo inicial.

O tempo de amostragem é definido em função da sensibilidade do método analítico e quantidade de geração do contaminante.

Após o término da coleta, é necessário anotar o tempo final e calibrar novamente a bomba para cálculo da vazão média.

Laboratório – análise de metais

As amostras devem ser enviadas ao laboratório devidamente acondicionadas, para posterior análise.

As amostras coletadas no filtro membrana são tratadas com ácido nítrico, para a dissolução dos metais presentes na amostra e posteriormente para a análise por espectrofotometria de absorção atômica. Uma fonte de energia de radiação característica é necessária para a determinação de cada metal. A absorção da energia característica pelos átomos na chama é função da concentração do metal na amostra.

Os resultados que o laboratório emitirá após a análise de cada metal solicitado, informando o peso da amostra, será expresso em mg ou µg.

TRATAMENTOS DOS DADOS

Para metais, o laboratório possui um nível de detecção para cada tipo de substância, abaixo do qual o elemento não poderá ser detectado. O método analítico OSHA-ID 121 – Espectrofotometria de Absorção Atômica para Metais também traz esses dados.

Cálculos e análises dos dados coletados

VAZÃO MÉDIA

Uma vez determinada a vazão inicial (Q_i) e final (Q_f), calculamos a vazão média da amostragem, utilizando a seguinte fórmula:

$$Q_m = \frac{Q_i + Q_f}{2}$$

em que:

Q_m = vazão média da amostragem, em l/min

Q_i = vazão inicial requerida na amostragem, em l/min

Q_f = vazão final aferida após amostragem, em l/min

VOLUME AMOSTRADO

$$V_a = Q_m \times t_a$$

em que:

t_a = Tempo de amostragem, em min

V_a = Volume da amostragem, em m^3

Como os limites de tolerância são expressos em mg/m^3 , deve-se fazer a correção da unidade:

$$V_a = \frac{Q_m \times t}{1.000}$$

em que:

1.000 = fator de correção de litros para m³

CONCENTRAÇÃO DE METAIS

Será obtida por meio da seguinte fórmula:

$$C = \frac{M}{V_a} \quad \text{mg/m}^3$$

em que:

C = Concentração do metal, em mg/m³

M = Massa do metal, em mg

V_a = Volume da amostragem, em m³

Cálculo do limite de tolerância

Contaminantes com Efeitos Independentes

Consiste na comparação da concentração dos metais com os respectivos limites de tolerância.

Exemplo:

Concentração de chumbo = 0,05 mg/m³ LT do Pb = 0,1 mg/m³

Concentração de manganês = 0,15 mg/m³ LT do Mn = 0,2 mg/m³

Comparando-se a concentração do chumbo e a do manganês com os respectivos limites, verifica-se que nenhum dos dois foi ultrapassado.

Contaminantes com Efeitos Combinados

Consiste na realização de um somatório das concentrações dos metais divididas pelos respectivos limites de tolerância, que não deverá exceder a uma unidade. Caso contrário, o limite de tolerância terá sido ultrapassado. Esse cálculo deve ser utilizado quando as substâncias presentes no ambiente provocam danos em um mesmo órgão.

$$\sum \frac{C_n}{T_n} < 1 \text{ LT não ultrapassado}$$

Assim, no exemplo citado acima temos:

$$\sum \frac{C_n}{T_n} = 0,05 / 0,1 + 0,15 / 0,2 = 1,25$$

Como $\sum C_n/T_n > 1$, conclui-se que o limite de tolerância, no caso em questão, foi ultrapassado para efeitos combinados.

Devemos lembrar que, para metais, a Norma Brasileira estabelece limites somente para chumbo e manganês. Portanto, na maioria das vezes, temos que recorrer ao limites da ACGIH, devidamente atualizados.

Os limites de tolerância da ACGIH são cientificamente aceitos no Brasil, sendo que os estabelecidos na legislação brasileira foram neles baseados quando de sua formulação em 1978. A partir de 1994, com a nova redação da NR-9, estabeleceu-se que os resultados das avaliações quantitativas dos riscos ambientais devem ser comparados com os limites de tolerância da ACGIH, quando não houver limites previstos na NR-15.

Os limites fixados pela ACGIH são revistos anualmente, podendo ser modificados de acordo com os estudos e pesquisas de toxicologia e outros critérios adotados ou ter neles incluídos outros agentes não previstos. Por exemplo, o limite para sílica foi revisto há algum tempo, diferindo daquele da nossa legislação (baseada nos valores de 1977 da ACGIH).

Essa modificação foi a substituição das fórmulas que nossa legislação ainda apresenta, passando a recomendar um limite fixo de 0,05 mg/m³ de concentração de sílica respirável, para jornada de trabalho de 40 horas semanais. Temos que utilizar uma fórmula para adequar o limite à jornada de trabalho brasileira, que é, atualmente, de 44 horas por semana. Devemos fazer uma redução no limite de tolerância da ACGIH, utilizando o fator de redução (FR) obtido pela fórmula de Brief & Scala:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128}$$

em que:

FR = fator de redução

H = jornada de trabalho (semanal) em horas

Observamos que, para efeito legal, o limite de tolerância utilizado deverá ser o estabelecido pela legislação brasileira. O limite de tolerância da ACGIH poderá ser utilizado como parâmetro para a higiene ocupacional dentro do PPRA (NR-9).

Cabe a nós, profissionais, sempre que formos emitir um parecer técnico baseado nos trabalhos de campo, objetivando um ambiente salubre, considerar os dois limites, mostrando assim a preocupação técnica, e adotar sempre o mais restritivo, uma vez que temos fácil acesso aos limites da ACGIH, traduzidos anualmente para o português pela ABHO.

3.4 Uso de Brancos de Campo e de Meio

Branco de campo

É um amostrador idêntico aos que serão usados para as amostras de campo, que é aberto e fechado imediatamente sem a passagem de

ar com auxílio de bombas. São recomendados na metodologia OSHA, NIOSH e EPA.

Finalidade: controle sobre a manipulação das amostras. No caso de contaminação nas etapas de acondicionamento, transporte, estocagem no laboratório e análise, o branco de campo permitirá identificar a contaminação e tomar decisões, tais como repetir as amostragens.

Custo: o branco de campo é submetido à análise da mesma forma que as demais amostras.

Preparação do branco de campo: consideramos que deve ser preparado pelo menos um branco de campo para cada lote de amostras. O branco de campo deve ser exposto no local da coleta. No laboratório, o branco de campo será atribuído ao lote de amostras enviado. Não são aceitos brancos de campo recebidos separadamente das amostras, feitos com amostrador diferente ou para análises que não sejam efetuadas pelo mesmo método etc.

Finalmente, o branco de campo não deve ser executado apenas com a finalidade de atender à metodologia, mas como uma ferramenta que permitirá ao interessado verificar a possibilidade de contaminação das amostras e, dessa forma, resguardar a qualidade da avaliação também sob esse aspecto.

Branco de meio

É um amostrador idêntico àquele que foi utilizado para as amostras de campo, não exposto, e que é analisado pelo laboratório para deduzir das amostras a massa do agente químico que eventualmente possa estar presente no meio de coleta, por uma contaminação em sua fábrica, ou no sítio de seu preparo antes de campo, ou, ainda, no próprio substrato de coleta (filtro etc.).

APÊNDICE 1 – RESUMOS DE MÉTODOS – GASES E VAPORES

Hidrocarbonetos aromáticos (Benzeno, Tolueno, Xileno e outros)

- Método: NIOSH 1501 – Cromatografia a Gás
- Amostrador: tubo de carvão ativo de 100/50 mg referência SKC 226-01
- Solvente: Dissulfeto de Carbono
- Vazão de amostragem: conforme tabela a seguir
- Volume de ar amostrado: conforme tabela a seguir
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

| AGENTE QUÍMICO | VAZÃO – L/MIN. | VOLUME – LITROS | |
|---------------------|----------------|-----------------|--------|
| | MÁXIMA | MÍNIMO | MÁXIMO |
| benzeno | 0,20 | 3 | 30 |
| p-terc-butiltolueno | 0,20 | 1 | 29 |
| cumeno | 0,20 | 1 | 30 |
| etilbenzeno | 0,20 | 1 | 24 |
| alfa-metil estireno | 0,20 | 1 | 3 |
| naftaleno | 1,0 | 100 | 200 |
| estireno | 1,0 | 1 | 14 |
| tolueno | 0,20 | 2 | 8 |
| viniltolueno | 0,20 | 1 | 24 |
| xileno | 0,20 | 2 | 23 |

Ácidos inorgânicos (Nítrico, Clorídrico, Sulfúrico, Bromídrico, Fosfórico e Fluorídrico)

- Método NIOSH 7903 – Cromatografia de Íons
- Amostrador: tubo de sílica gel de 400/200 mg referência SKC 226-10-03

- Vazão de amostragem: de 0,2 l/min a 0,5 l/min (ver Nota)
- Volume de amostragem: mínimo de 3 l e máximo de 100 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade da amostra: estável

Nota: A vazão máxima para o ácido fluorídrico é de 0,3 l/min.

GLP

- GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) (análise disponível)
- Método NIOSH S93 Modificado – Cromatografia de Gás
- Amostrador: Balão de Tedlar de 5 l
- Vazão de amostragem: mínima de 0,02 l/min
- Volume de ar amostrado: máximo de 4 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras (encher um balão fora da área em avaliação)
- Condicionamento para transporte: proteger o balão de amassamento
- Estabilidade: não determinada (analisar o mais breve possível)

FENOL E CRESÓIS

- Fenol, o-Cresol, p-Cresol e m-Cresol - Método NIOSH 2546 - Cromatografia de Gás
- Amostrador: tubo de resina XAD-7 de 100/50 mg referência SKC 226-95
- Vazão de amostragem: de 0,01 l/min a 0,2 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 5 l e máximo de 24 l a 5 ppm
- Brancos de campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: pelo menos 7 dias a 25°C

ANIDRIDO ACÉTICO

- Método NIOSH 3506 – Espectrofotometria de Absorção no Visível
- Amostrador: Impinger com 10 ml solução de cloridrato de hidroxilamina e hidróxido de sódio (usar no prazo de duas horas)
- Vazão de amostragem: de 0,2 l/min a 1 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 25 l e máximo de 100 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: proteger contra quebra

APÊNDICE 2 – RESUMO DE MÉTODOS DE AERODISPERSÓIDES/FIBRAS PARTICULADOS NÃO REGULAMENTADOS DE OUTRA FORMA – TOTAL

- Método: NIOSH 0500 - Gravimétrico
- Amostrador: cassete com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros, pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: de 1,0 l/min a 2,0 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 7 l a 15 mg/m³ e máximo de 133 l
- Brancos de Campo (obrigatório): 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de comparar o resultado de Poeira Total com o limite estabelecido pela NR-15, pode ser necessária a determinação de Sílica Livre Cristalina. É necessária também a determinação da Poeira Respirável.

PARTICULADOS NÃO REGULAMENTADOS DE OUTRA FORMA – RESPIRÁVEL

- Método: NIOSH 0600 – Gravimétrico
- Amostrador: ciclone com cassete com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: 1,7 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 20 l a 5 mg/m³ e máximo de 400 l
- Brancos de Campo (obrigatório): 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de comparar o resultado de Poeira Respirável, com o limite estabelecido pela NR-15, pode ser necessária a determinação de Sílica Livre Cristalina. É necessária também a determinação da Poeira Total.

SÍLICA LIVRE CRISTALINA

- Método: NIOSH 7602 - Espectrofotometria de Infravermelho
- Amostrador: cassete com filtro de PVC com porosidade de

5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467

- Vazão de amostragem: 1,7 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 400 l e máximo de 800 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de determinar o limite conforme a NR-15, é necessária a determinação de Poeira Respirável e Poeira Total.

NOTA: O solicitante deve informar se a amostra pode conter os seguintes materiais que constituem interferentes e deverão ser removidos durante a análise: sílica amorfa, calcita (acima de 20% da massa de poeira), grafite e silicatos. A falta dessa informação implica o não tratamento da amostra, com possível prejuízo do resultado.

ASBESTOS E OUTRAS FIBRAS

- Método: NIOSH 7400 - Microscopia (este método não permite a identificação das fibras)
- Amostrador: cassete condutivo com filtro de éster de celulose de 25 mm e porosidade de 0,45 micrometros a 1,2 µm referência SKC 225-3-23
- Solvente: Acetona
- Vazão de amostragem: de 0,5 l/min a 16 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 400 l, máximo, ajustar a vazão e o tempo de coleta para obter de 100 fibras/mm² a 1.300 fibras/mm²
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: acondicionar em caixa rígida para evitar amassamento (não usar espuma de poliuretano)
- Estabilidade: estável

Obs.: Essa análise é realizada em laboratório subcontratado e tem prazo de retorno de 20 dias. A aceitação para análise está condicionada ao mínimo de três amostras.

POEIRA DE ALGODÃO

- Método: NIOSH publicação DHHS n° 75-118 – Amostragem com Elutriador Vertical
- Amostrador: cassete de três seções com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: 7,4 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 2.664 l e máximo de 3.552 l (de 6 a 8 horas)
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinado

METAIS Método OSHA – ID 121

- Espectrofotometria de Absorção Atômica
- Amostrador: cassete com filtro de éster de celulose de 0,8 micrometros referência SKC 225-19
- Vazão de amostragem: de 1 l/min a 4 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo 480 l e máximo de 960 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: estável

NOTAS:

- Bário requer amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: mínimo de 50 l e máximo de 2.000 l
- Tungstênio requer amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: mínimo de 200 l e máximo de 1.000 l
- Arsênio: amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: ver método NIOSH 7900

APÊNDICE 3 – ENDEREÇOS DE PRESTADORES DE SERVIÇOS LABORATÓRIOS DE HIGIENE OCUPACIONAL

Alac – Matriz
Rua David Sartori, 601
Garibaldi, RS
Fone: (54) 462-2115
e-mail: alac@alac.com.br

Alac – São Paulo
Rua Booker Pittman, 189
Fone: (11) 5183-6533
e-mail: alacsp@alac.com

Environ Científica Ltda.
Rua Silva Jardim, 257 - SBC, São Paulo
Fone: (11) 4125-3044
www.environlab@com.br

SESI/SP
Setor de Toxicologia Industrial
Rua Carlos Weber, 835, bloco II, 3º andar
São Paulo
Fone: (11) 3833-1061
e-mail: sst@sesisp.org.br

SISTEMA FIRJAN – CTA
Centro de Tecnologia Ambiental do Sistema FIRJAN – CTA
Rua Moraes e Silva, 53, Maracanã
Rio de Janeiro, RJ
20.271-030
Fone: (21) 3978-6100
e-mail: centroambiental@firjan.org.br
www.firjan.org.br/centroambiental

TOXIKÓN
Rua Salvador Correa, 346
Aclimação, São Paulo
Fone: (11) 5573-9388
www.toxikon.com.br

Calibração de Equipamentos

Chrompack Instrumentos Científicos Ltda.
Rua Engenheiro Saraiva Oliveira, 465
São Paulo
Fone: (11) 5844-9864
e-mail: chrompack@uol.com.br

ALMONT DO BRASIL LTDA.
Fone: (11) 6239-9393
www.almont.com.br

SPECIAL MITEC
Rua Norma Pieruccini Giannotti, 130
Barra Funda, São Paulo
Fone: (11) 3392-3282
www.especialmittec.com.br

Equipamentos e Acessórios

JJR – Ambiental
Fone: (11) 5851-9329
www.jjrambi.com.br

Drager Indústria e Comércio Ltda.
Alameda Pucurui, 51 – Tamboré, São Paulo
Fone: (11) 3901-4008
www.drager.com.br

3M do Brasil Ltda.
Via Anhanguera, Km 110
Fone: (11) 0800-550705
www.3m.com.br/seguranca

MSA do Brasil Equipamentos e Instrumentos de Segurança Ltda.
Avenida Roberto Gordon, 138 – Diadema, São Paulo
Fone: (11) 4071-1499
www.msanet.com.br

4 ROTEIRO PARA ABORDAGEM DE CAMPO

4.1 Avaliação de Aerodispersóides

| CUIDADOS GERAIS | | | |
|--------------------|---|---|--|
| TÓPICO | ITEM | DETALHAMENTO | OBSERVAÇÕES |
| 1. Calibração | Geral | <ul style="list-style-type: none">• Cada contaminante deve obedecer ao mínimo e ao máximo da vazão exigida na metodologia aplicada | Verificar no método NIOSH aplicável ou consultando o laboratório analítico |
| | Calibração pelo método da bolha de sabão | <ul style="list-style-type: none">• Seguir os passos da norma - Filme da fundacentro: Calibração de bombas | |
| | Calibração com equipamentos automáticos recarregáveis | <ul style="list-style-type: none">• Seguir os passos do manual que acompanha os equipamentos | |
| 2. Outros recursos | Avaliação com cassetes contendo filtros | <ul style="list-style-type: none">• Filtros de PVC (poeiras)• Filtros de MCE (metais)• Filtros específicos (hidróxido de sódio e outros)• Elutriadores (poeira de algodão)• Ciclone (poeiras respiráveis) | |

| ROTEIRO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL | | |
|---|---|---|
| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Baterias • Bombas de amostragem • Ferramentas (chaves para a regulagem das bombas) • Baterias dos calibradores • Kit para calibração com bolha de sabão • Cronômetro • Cinto para fixar a bomba no trabalhador • Folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar a voltagem da localidade do trabalho de campo |
| 2. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de fontes • Identificação de grupos • Seleção de trabalhadores para amostragem • Verificação de jornada típica | |
| 3. Revisão instrumental | <ul style="list-style-type: none"> • Bomba ligada • Revisão das condições das baterias • Calibração | |
| 4. Cuidados de montagem / avaliação / Situação de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Posição do cassete (próximo ao nível respiratório) • Retirada dos plugues • Mangueira desobstruída • Bomba protegida contra impactos • Utilização do lacre de posição "ligada" quando disponível no equipamento | |
| 5. Dados de campo e detalhamento da amostragem | <ul style="list-style-type: none"> • Vincular dado ao equipamento e ao trabalhador • Bomba x hora de almoço • Anotar condições anormais • Interferência do operador • Confirmação sobre o tempo da operação a ser avaliada | |
| 6. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Equipamento com número de série • Registro de vazão inicial • Registro de vazão final • Registro de quantidade de litros amostrada (volume) • Registro do número ou código do cassete • Tipo de filtro • Número do lote • Número do branco de campo • Data de validade do filtro • Hora inicial e hora final da amostragem • Registro de atividade e tarefa • Registro de condições anormais • Nome do amostrado • Função do amostrado • Registro de epc (tipo/ conservação) • Registro do epi, estado de conservação, tempo real de uso na jornada, existência de c.A. | |

4.2 Gases e Vapores

| CUIDADOS GERAIS | | | |
|--------------------|---|--|--|
| TÓPICO | ITEM | DETALHAMENTO | OBSERVAÇÕES |
| 1. Cuidados gerais | Geral | <ul style="list-style-type: none">• Cada contaminante deve obedecer ao mínimo e ao máximo da vazão exigida na metodologia aplicada | Verificar no método NIOSH aplicável ou consultar o laboratório analítico |
| | Calibração pelo método da bolha de sabão | <ul style="list-style-type: none">• Seguir os passos da norma- Filme da fundacentro: calibração de bombas | |
| | Calibração com equipamentos automáticos recarregáveis | <ul style="list-style-type: none">• Seguir os passos do manual que acompanha os equipamentos | |
| 2. Outros recursos | Avaliação de gases e vapores | <ul style="list-style-type: none">• Tubos de carvão• Tubos de sílica gel• Tubos impregnados com substâncias específicas• <i>Impinger</i> com soluções específicas (conforme metodologia para cada contaminante) | |

| ROTEIRO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL | | |
|--|---|---|
| TÓPICO | PONTOS DE VERIFICAÇÃO | DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES |
| 1. Planejamento e preparativos | <ul style="list-style-type: none"> • Baterias • Bombas de amostragem • Ferramentas (chaves para a regulagem das bombas) • Baterias dos calibradores • Kit para calibração com bolha de sabão • Cronômetro • Cinto para fixar a bomba no trabalhador • Folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar a voltagem da localidade do trabalho de campo |
| 2. Abordagem do ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de fontes • Identificação de grupos • Seleção de trabalhadores para amostragem • Verificação de jornada típica | |
| 3. Revisão instrumental | <ul style="list-style-type: none"> • Bomba ligada • Revisão das condições das baterias • Calibração | |
| 4. Cuidados de montagem / avaliação / Situação de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Posição do amostrador (próximo ao nível respiratório) • Quebra das extremidades dos tubos, ou retirada dos plugues • Verificar a entrada do ar (flecha indicativa gravada no tubo) • Mangueira desobstruída • Bomba protegida contra impactos • Utilização do lacre de posição “ligada” quando disponível no equipamento | |
| 5. Dados de campo e detalhamento da amostragem | <ul style="list-style-type: none"> • Vincular dado ao equipamento e ao trabalhador • Bomba x hora de almoço • Anotar condições anormais • Interferência do operador • Confirmação sobre o tempo da operação a ser avaliada | |
| 6. Dados para folhas de campo | <ul style="list-style-type: none"> • Nome do técnico • Dia, hora, turno • Equipamento com número de série • Registro de vazão inicial • Registro de vazão final • Registro de quantidade de litros amostrada (volume) • Registro do número ou código do tubo • Tipo de tubo • Número do lote do tubo • Número do branco de campo • Data de validade do tubo ou da solução • Hora inicial e hora final da amostragem • Verificar a estabilidade da amostra (conservação ou não sob refrigeração) • Registro de atividade e tarefa • Registro de condições anormais • Nome do amostrado • Função do amostrado • Registro de epc (tipo/ conservação) • Registro do epi, estado de conservação, tempo real de uso, c. A. | |

5 EXEMPLO DE FOLHA DE CAMPO

| MONITORAMENTO DE EXPOSIÇÃO A AGENTES QUÍMICOS | | |
|---|-----------------------------|---|
| Empresa: | | |
| Unidade: | | |
| AMOSTRAGEM | | |
| Local: | | Data: / / |
| Tipo de amostragem: | Exposição suspeita: | |
| N.º do amostrador: | N.º do branco de campo: | |
| Tipo do amostrador: | Marca: | |
| N.º da Bomba: | Marca/Modelo: | |
| Vazão: | L/min: | Volume amostrado: L |
| Hora inicial: | Hora final: | Tempo total: min |
| DADOS DO FUNCIONÁRIO E ATIVIDADES | | |
| Nome: | | |
| Cargo: | Registro: | |
| Atividades executadas: | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Utilizou proteção respiratória? () sim () não | | Tipo/modelo: |
| | | |
| CONDIÇÕES CLIMÁTICAS | | |
| Ambiente: () aberto () fechado | | Ventilação *Descrever*: () natural () artificial: |
| Clima: () sol () nublado () noite () chuva | | |
| Temperatura de bulbo seco: | Temperatura de bulbo úmido: | Umidade relativa do ar: |
| °C | °C | % |
| Responsável pela amostragem: | | |
| Assinatura do Funcionário: | | |

CUIDADOS NO ENCAMINHAMENTO DE AMOSTRAS PARA O LABORATÓRIO PARA NÃO SE PERDER A AMOSTRA (exemplos)

| Tipos de Irregularidades | Soluções |
|--|--|
| Falta informar os agentes químicos a determinar | Descrever em detalhe no pedido |
| Falta informar tempo de coleta e vazão ou volume de ar | O volume de ar amostrado é necessário para que o resultado da sua amostra seja expresso em termos de concentração |
| Falta identificação (número) da amostra | Uma identificação colocada na amostra e a mesma referência colocada na solicitação de análise ajuda a evitar trocas. Seja simples no uso de identificação para evitar erros de digitação |
| Particulado coletado pelo suporte = amostra invalidada | A única forma de evitar este tipo de falha é prestar atenção no momento de instalar o amostrador. Assegure-se de que sabe como usá-lo |
| Amostra recebida aberta | Monitores passivos abertos tendem a continuar a amostragem se passarem por locais contaminados. Assegure-se de que esteja bem fechado e na embalagem original |
| Amostrador inadequado para o agente químico solicitado | Antes de sair ao campo para coletar as suas amostras, verifique qual o amostrador adequado. Nunca colete amostras sem saber o que deseja avaliar |
| Falta informar tempo de coleta para o monitor passivo | Sem o tempo de coleta, o seu resultado será informado apenas como uma massa do analito e não servirá para comparar com os limites de tolerância |
| Amostra não consta no pedido de análise | Confira o número de amostras contra sua relação na solicitação de análise |
| Amostra consta no pedido de análise mas não foi recebida | Idem |
| Amostra coletada em amostrador vencido | Alguns amostradores, tais como os monitores passivos, têm prazo de validade. Assegure-se de que não esteja vencido, pois amostradores vencidos não são analisados |
| Monitor passivo 3520 recebido com as duas seções ligadas | Mantendo ligadas as seções, os vapores amostrados tendem a se distribuir em equilíbrio e dessa forma você não poderá verificar se o amostrador não foi saturado |
| Impinger recebido quebrado (falha de transporte) | Coloque na embalagem fornecida de forma adequada. Evite que fique tensionado. Assinale a embalagem como contendo vidro |

Fonte: Cedido pela Environ Científica Ltda.

6 AGENTES QUÍMICOS EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

AQ – 1

Gostaria de saber sobre a roupa de herbicida, tecido em algodão com proteção especial. Serve também para os cortadores de cana?

(Cristina – DR/AC)

Resposta: Se o tecido de algodão tiver tratamento que impeça a respiração do algodão, não permitindo que a evaporação do suor seja liberada, então é bastante prejudicial do ponto de vista da sobrecarga térmica. Não existiria nenhuma vantagem no seu uso, pois além de não ser necessária proteção contra o herbicida, estaríamos piorando a exposição ao calor.

AQ – 2

Como apresentado para cinzas, cimento, sílica, no 15º slide (poeira respirável), existe um padrão de dimensões para poeira de madeira, principalmente as originadas nos processos de fabricação de móveis? Nesse caso, deve-se considerar como uma partícula comum ou como uma fibra?

Resposta: As poeiras de madeiras estão abaixo de 100 micrometros e são consideradas como partículas (consultar a pág. 48 do livro da ACGIH/2003 e também a pág. 77, onde consta uma proposta específica para poeiras de madeira “Proposta de Adição do Seguinte Anexo”).

AQ – 3

Na definição de riscos químicos apresentada no 11º *slide*, não faltaria algum complemento para englobar agentes químicos não oriundos de produtos químicos, como poeiras e fumos de solda?

(GSST/SP)

Resposta: No item 9.1.5.2 da NR-9 está bem definido o que é o agente químico, ou seja:

“Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que pela sua natureza da atividade de exposição possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo por meio da pele ou por ingestão.”

AQ – 4

A professora Cleide mencionou a poeira de algodão como exemplo de fibra.

Como fazer a análise, uma vez que o limite de tolerância para o algodão estabelecido pela ACGIH é $0,2 \text{ mg/m}^3$, portanto, gravimetria, e não contagem de fibras?

(DR/SC)

Resposta: Algodão, Cânhamo e Sisal são fibras vegetais, mas a técnica analítica para realizar a determinação da concentração é por gravimetria, utilizando-se um equipamento diferenciado chamado “Elutriador Vertical”, em que este terá a função de separar as partículas e o resultado será expresso em mg/m^3 .

AQ – 5

Gostaria de saber da professora qual o equipamento mais indicado para reconhecimento e avaliação quantitativa de gases vendido no Brasil?

(SESI/SENAI/PB)

Resposta: O mercado oferece vários tipos de equipamentos; temos que saber qual o tipo de gases que queremos amostrar. No caso dos amostradores de ar, podemos ter bombas tipo fole ou bombas de amostragem com baterias de Ni e Cd, que, uma vez carregadas, têm

autonomia para trabalhar até oito horas ou um pouco mais, porém temos que saber qual o contaminante para que se possa selecionar o meio de amostragem correto conforme métodos analíticos específicos.

Acredito que na aula do dia 21/11 teremos oportunidade de explorar mais esse assunto e posteriormente, nas aulas presenciais, trabalhar com exemplos de cada Regional.

AQ – 6

A poeira da madeira pode ser considerada poeira química? Quais são os riscos que ela oferece ao trabalhador?

(Edson Barbosa – Téc. Segurança – DR/RO)

Resposta: Sim, é considerada poeira química e consta no livreto da ACGIH/2003 e os riscos originados dessas poeiras vão depender do tipo de cada madeira. Ver a pág. 48 e pág. 77, em que constam limites de tolerância para poeiras de madeira e “proposta de adição do seguinte anexo”.

AQ – 7

Somos do Acre e temos uma pergunta.

Especificações Básicas para EPIs e EPCs na lavra e processo de carvão mineral e pedra britada, e norma recomendada.

(Obrigada, Cristina)

Resposta: A NR-22 cuida especificamente da área de mineração e tem como base o PGR. Também cita a NR-9 (PPRA).

A Instrução Normativa n° 1, de 11 de abril de 1994 (Proteção Respiratória) trata do assunto, e recentemente foi lançado um livro, “Manual de Proteção Respiratória”, em que temos muitas opções para implantar esse tipo de EPI (vendas – ABHO secretaria@abho.com.br).

Recomendamos consultar a enciclopédia da OIT para a identificação de riscos e medidas de controle em processos industriais.

AQ – 8

Os fumos também podem ser originados pela extrusão do plástico? Esse tipo de fumo, se é que se pode chamar assim, é prejudicial à saúde humana? *(Gisella Menezes – SESI – Vitória da Conquista/BA)*

Resposta: Os fumos de plásticos são compostos por gases, vapores e material particulado originado da decomposição térmica e/ou combustão dos plásticos.

A natureza dos gases e vapores depende, principalmente, dos tipos de plásticos (polímero) em questão. Os compostos são formados devido a rearranjos das moléculas formadas e reações que ocorrem entre si e também com os gases atmosféricos (oxigênio e nitrogênio). São inúmeras as substâncias formadas entre elas; principalmente na combustão, ocorrem o monóxido de carbono e o dióxido de carbono, vapores e gases tais como o formaldeído, fenol, acetaldeído, vários hidrocarbonetos, óxidos nitrosos; cloreto de vinila e ácido clorídrico são formados na decomposição e/ou combustão de alguns plásticos. Essas substâncias são, em sua maior parte, irritantes e muitas delas têm limites de tolerância; para avaliarmos, temos que consultar métodos analíticos específicos para cada substância.

AQ – 9

Ao efetuarmos uma inspeção de segurança em determinada empresa e nela detectarmos a presença de diversos produtos químicos, além da NR-15 e anexos, que outros critérios ou normas devemos seguir e qual a prioridade de umas sobre as outras?

(Eng. Pedro Carvalho – DR/RO)

Resposta: Quando se trata de substâncias químicas, devemos procurar por informações nas FISPQ; nelas encontraremos dados em relação à composição/formulação. Sabemos que na NR-15 não temos limites de tolerância para a maioria das substâncias; como a NR-9 propõe que se utilize dos limites de tolerância da ACGIH e ainda trabalha o conceito de nível de ação, devemos consultar a NR-9. Quanto à prioridade de uma sobre a outra, temos que levar em consideração qual o enfoque: vamos atender apenas ao disposto legalmente para a insalubridade ou fazer um PPRA e trabalho técnico mais abrangente?

AQ – 10

Gostaria de saber, se possível, qual a influência das condições climáticas nas amostragens de agentes químicos e poeiras. Se puderes informar, gostaria de saber a fonte ou normas que tratam do assunto. Como exemplo, pergunto: qual a umidade máxima para se fazer uma amostragem de poeira, em ambiente interno? 60%, 90%?

(Eldio – DR/SC)

Resposta: Esta pergunta foi respondida ao vivo e o resumo é o seguinte: Devemos atentar para o fato de que a umidificação é um processo de controle de poeiras. Dessa forma, a umidade excessiva reduzirá um pouco a concentração do particulado, sendo esse processo dependente de vários fatores.

Se a realidade desse ambiente de trabalho for uma umidade alta (tipicamente), assim deverá ser avaliado. Se não, buscar os dias mais típicos para fazer a avaliação. Deve-se ainda observar que a umidade alta compete com vários contaminantes ao se utilizarem os tubos de carvão ativo. Dessa forma, se no ambiente também existirem gases e vapores, sua concentração na amostra pode ser reduzida por essa competição. Consultar o laboratório analítico para avaliar essa influência.

AQ – 11

Qual o LT que deve ser considerado quando o trabalhador tiver exposição por via cutânea e respiratória?

(Unidade de SST/CDI – DR/SP)

Resposta: Não há sentido em se verificar a concentração ambiental se o trabalhador estiver exposto à absorção cutânea do contaminante.

Mesmo que o valor ambiental esteja adequado (o que já será bem difícil), ele está exposto ao contaminante pela via cutânea, havendo risco à sua saúde.

Uma vez que ele esteja protegido adequadamente, verifica-se a exposição via respiratória comparando-se com o limite de tolerância, que prevê apenas essa via de ingresso.

AQ – 12

Produtos químicos para os quais utilizamos o LT de Valor Teto são geradores de insalubridade?

(Dr. Klécio Ornellas da Silva – DR/MG)

Resposta: Estando esses “produtos” no Quadro 1 do Anexo n° 11 da NR-15, e sendo o limite tipo valor teto ultrapassado, caracterizam insalubridade. Ver o texto legal, anexo 11, NR-15.

AQ – 13

No caso de vazamento de amônia em uma indústria de bebidas, por exemplo, o que fazer e como fazer para saber se o ambiente é IPVS?

Edson – Técnico em Segurança – DR/RO

Resposta: O gás amônia, como o gás cloro, são altamente irritantes e podem produzir risco de vida, de acordo com a concentração e o tempo de exposição. Se ocorrer um vazamento, acredito que pouca coisa será possível fazer, não é o caso de se pensar em avaliação. Substâncias como essa devem ser gerenciadas na prevenção, principalmente com equipamentos fixos acoplados a sensores de alerta. Quando se trabalha com essas substâncias, normalmente tem-se uma brigada de emergência com todos os equipamentos ao lado da área, para fuga e evacuação da área atingida (máscaras autônomas).

AQ – 14

Devo utilizar o método dos efeitos combinados somente quando os agentes a serem avaliados provocarem danos do mesmo tipo?

(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança – DR/MG)

Resposta: Sim. Quando duas ou mais substâncias perigosas que atuam sobre o mesmo sistema orgânico estiverem presentes, deverão ser considerados seus efeitos combinados e não os individuais.

Consultar as págs. 81 e 82 do livro da ACGIH/2003, Anexo C: Limites de Exposição (TLVs) para misturas.

AQ – 15

Como poderia ser feita a avaliação de fumos metálicos em que existem cinco tipos diferentes de agentes químicos?

(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança –DR/MG)

Resposta: Bem, espero que eu possa responder a esta pergunta de duas maneiras:

a) Se forem cinco tipos de agentes químicos em um mesmo processo de solda ou fundição, ou seja, caso esse processo tenha cinco metais

diferentes, vamos utilizar a metodologia para metais, a qual será mais detalhada na próxima aula.

b) Se no mesmo ambiente houver outras substâncias que façam parte de um processo galvânico, contendo banhos alcalinos e ácidos, vamos utilizar para cada família ou substância em particular as metodologias específicas.

Temos métodos para muitas substâncias ou famílias químicas e podemos utilizar meios de amostragem e equipamentos específicos para cada caso.

AQ – 16

Posso “misturar” na avaliação de efeitos combinados os resultados dos limites de tolerância da NR-15 e da ACGIH?

(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança – DR/MG)

Resposta: Quando duas ou mais substâncias que atuam sobre o mesmo sistema orgânico estiverem presentes, deverão ser considerados seus efeitos combinados e não os individuais. Esse conceito é um conceito tecnicamente aceito, embora não esteja na NR-15. Ao usar esse conceito, recomenda-se utilizar os valores da ACGIH, ajustados para a nossa jornada de trabalho, se for diferente de quarenta horas semanais.

AQ – 17

O que se pode concluir com o resultado da análise do branco de campo? Seria a qualidade do amostrador? Isso não deveria ser garantido pelo laboratório?

(DR/PR)

Resposta: Os brancos podem ser abertos ou fechados. Brancos fechados ou “brancos de meio” se destinam à verificação de contaminação no próprio meio original de coleta. Brancos abertos são feitos em campo, quando a montagem também é feita em campo. Se a montagem é feita

em área seguramente não contaminada, não são necessários. Os brancos de campo devem ser submetidos à mesma chance de contaminação que os monitores na sua montagem normal, isto é, no mesmo local e com o mesmo procedimento, durante o mesmo tempo.

AQ – 18

Em substituição ao pentaclorofenol usado no banho da madeira para conservação, está sendo usado o tribromofenol. Como avaliar este tribromofenol?

(Eldio – DR/SC)

Resposta: Em pesquisa realizada na Fundacentro e laboratório especializado, não foi encontrado nenhum Limite de Tolerância para Tribromofenol, nem metodologia desenvolvida. Para saber se a substituição é válida, seria necessário, antes, conhecer os dados toxicológicos do substituto. Para sua avaliação, consultar métodos NIOSH ou laboratórios da área. Como são da mesma família (halogenados do fenol), é provável que seja o mesmo método analítico para ambos.

AQ – 19

Nos banhos de madeira são usados os pentaclorofenol (conhecido por pó da China) e mais atualmente o pentaclorofenato de sódio, que dizem é menos tóxico. Como avaliar esses produtos químicos?

(Sakae – DR/SC)

Resposta: Mesmo conhecendo o Limite de Tolerância do Pentaclorofenol na ACGIH 2003, não há metodologia desenvolvida para esta substância. No caso do Pentaclorofenato de Sódio, não foi encontrado Limite de Tolerância pela pesquisa realizada, é recomendável que se consulte o laboratório analítico, uma vez que pode desenvolver métodos quando solicitado pelo cliente.

AQ – 20

No caso de poeiras totais contendo sílica livre cristalina, o tempo de amostragem será de 2 horas?

Resposta: Se for utilizado simplesmente o método de Poeira Total NIOSH-0500, a vazão é de 1,0 a 2,0 l/min; se for utilizar 1,0 l/min X 2 horas, teremos 120 litros; caso se utilize a vazão de 2,0 l/min X 1 hora, teremos 120 litros e também estaremos atendendo ao método, mas, como a pergunta já diz que a amostra contém sílica livre, é recomendável que se utilize o método NIOSH 0600 - gravimétrico amostrador com ciclone. Ambos estão citados na apostila da aula de número 11.

Como classificar a exposição dos empregados que utilizam inseticidas à base de piretróides? Como avaliar? Existem limites de tolerância?

(Elinor e toda a equipe de saúde – DR/ES)

Resposta: Os piretróides são a família menos tóxica desses produtos. Verificar a toxicologia e consultar os laboratórios sobre método de avaliação e análise desenvolvido. Conheça como é aplicado, como é diluído, qual é o solvente (água ou algum hidrocarboneto, lembrando que este hidrocarboneto também deveria ser avaliado). Habituem-se a consultar a bibliografia de referência IRVING SAX, NIOSH, ACGIH, Enciclopédia da OIT. Consulte um bom laboratório, ele poderá ajudar diretamente na questão.

AQ – 21

É importante que a professora faça uma observação dizendo que os DRs que utilizam o Laboratório do SESI, CTA ou São Paulo, sigam as vazões e métodos recomendados por eles.

(Eldio – DR/SC)

Resposta: De pleno acordo, isso deverá ser reforçado nas aulas de laboratório.

AQ – 22

Qual a margem de erro do amostrador passivo?

(Rinaldo – DR/MS)

Resposta: Conforme resposta da própria 3M, os monitores passivos cumprem com os requisitos da OSHA, que são erro máximo de 5% em exatidão e 25% em precisão.

Obs.: Entre em contato com a 3M do Brasil: (11) 0800-550705.

Peça pelo Guia de Amostragem e Análise Monitores para Vapores Orgânicos Modelos 3500 e 3520 de outubro de 1998.

AQ – 23

Pode-se amostrar poeira ou solvente do ambiente deixando a bomba com cassete em um ponto específico da fábrica ou somente deve-se amostrar no trabalhador individualmente?

Resposta: Sim, pode-se amostrar poeira ou solventes em pontos fixos, tudo dependerá de qual é a finalidade da amostragem e como serão utilizados os dados obtidos; para exposição ocupacional do trabalhador, a amostra deve ser coletada o mais próximo do nível respiratório do trabalhador. Lembramos que amostras de ponto fixo ou de área não podem ser utilizadas para se tirar conclusões a respeito da exposição de trabalhadores. Seu uso se refere ao controle dos processos e para base de planejamento das amostras pessoais. Isso foi bastante discutido nas aulas teóricas.

Qual o método de amostragem para poeira de madeira?

(DAM/USST/Vila Leopoldina – DR/SP)

Resposta: O método utilizado e que consta da apostila da aula de n° 11 é o NIOSH 0500 gravimétrico.

AQ – 24

Existe literatura que demonstre substituição de produtos químicos tóxicos por outros menos tóxicos?

(DR/CE)

Resposta: Após pesquisa na Fundacentro de São Paulo, não existe nada específico, porém alguns estudos de possibilidades de substituição de produtos mais tóxicos por menos tóxicos foram sendo conseguidos em processos gerados principalmente nas indústrias. Temos como exemplos:

- Nas indústrias de calçados, muitas substituíram o tolueno por outros solventes à base de acetatos.
- Jatos de areia em fundições substituíram os jatos de granalha em processos de limpeza de peças.
- Solventes clorados utilizados em limpeza de peças para desengraxe foram substituídos por famílias à base de limonenos e pentenos.
- Amianto por fibras de vidro ou material cerâmico.
- Benzeno por Etilbenzeno etc.

AQ – 25

Riscos biológicos. Qual o método? Isso vai ser tratado no curso?

(DR/CE)

Resposta: A quantificação de agentes biológicos ainda é muito limitada para os casos da área de saúde e ar condicionado (ver legislação a respeito e consultar o eng. Francisco Kulcsar, da Fundacentro de São Paulo – Fone: (11) 3066-6220). Para fins de insalubridade, não existem limites de tolerância sugeridos ou consolidados de agentes biológicos, ou seja, microorganismos.

AQ – 26

Como fazer o organofosforato em caso de pernicida?
(DR/CE)

Resposta: São várias as substâncias entre as famílias de organofosforato (organofosforados); temos que saber exatamente o nome da substância para que se possa fazer a pesquisa se existem ou não limites de tolerância e métodos de análise já desenvolvidos. Uma das fontes a se ter em mãos é a Ficha de Segurança do produto utilizado. Quanto ao caso de pernicida, será que os colegas não querem dizer bernicida, compostos que são utilizados em gado, em banhos ou pulverizações, para evitar doenças?

AQ – 27

Seria possível disponibilizar a relação de laboratórios que fazem essa análise química?
(DR/CE)

Resposta: Consulte a Fundacentro em São Paulo – Fone: (11) 3066-6000.

REFERÊNCIAS

AMERICAN MUTUAL INSURANCE ALLIANCE. **Manual de Solventes Orgânicos Industriais**. Rio de Janeiro: Fundacentro, 1974.

ANJOS, Alcinéa Meigikos Santos. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Spel, 2001.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>. Acesso em: 22 jul. 2005.

CARRIL, José Luiz Montserrat Alonso; *et al.* **Manual de higiene industrial**. Madrid: Mapfre. (Curso de Higiene Industrial).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS. **Limites de Exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição**. São Paulo, 2002.

SALGADO, Paulo Eduardo Toledo; *et al.* **Noções gerais de toxicologia ocupacional**. São Paulo: De Paula Guimarães, 1989.

SOTO, José Manoel Osvaldo Gana; *et al.* **Riscos químicos**. 2. ed. São Paulo: Fundacentro, 1985.

TUFFI, Messias Saliba *et al.* **Higiene do trabalho e PPRA**. São Paulo: Ltr, 1997.

OUTRAS NORMAS CONSULTADAS DE HIGIENE OCUPACIONAL

NBR 10.562/1988 – Calibração de Vazão pelo Método da Bolha de Sabão.

NBR 14.725/2001 – FISPQ – Ficha de Informação Segurança de Produtos Químicos.

NHO 03 – Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados Sobre Filtros e Membranas. Fundacentro, 2001.

NHO 04 – Método de Coleta e Análise de Fibras em Locais de Trabalho. Fundacentro, 2001.

NHO 07 – Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão. Fundacentro, 2002.



CAPÍTULO VIII

CAPÍTULO VIII

ELEMENTOS DE ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

1 ASPECTOS CONCEITUAIS

Objetivos da Gestão das Exposições em Higiene Ocupacional

Quais as metas e os objetivos de um trabalho de Higiene Ocupacional? O leitor pode ter achado que este capítulo trata da avaliação de agentes ambientais. Bem, ele de fato trata, e fazer determinações ambientais é um passo importante, um passo de um processo. Mas nós devemos ir além disso e entender todos os passos desse processo. Eu quero chamar a atenção, inicialmente, para o termo AVALIAR. Nós desejamos abrir e recuperar a semântica que se esconde nele. Avaliar, para nós, é mais do que medir.

Avaliar, para o higienista, deve ser julgar, apreciar tecnicamente. Significa apreender e entender, avaliando no sentido amplo, ou seja, emitindo um julgamento profissional sobre a exposição do trabalhador.

É sobre este processo de entendimento e avaliação (julgamento) que queremos chamar a atenção, e este processo se confunde com o que chamaremos de Estratégia de Amostragem, em senso amplo.

Os objetivos de um trabalho de higiene ocupacional podem ser desdobrados de várias maneiras:

- Entender (avaliar), controlar e monitorar todas as exposições a agentes ambientais dos trabalhadores, dado que nem sempre é possível sua completa eliminação.

- Manter as exposições dos trabalhadores dentro de critérios de tolerabilidade previamente estabelecidos.
- Identificar e controlar também todas as exposições agudas a agentes ambientais, além dos requisitos relativos às exposições crônicas, representadas pelas médias amostrais de longo prazo (ver glossário).
- Adotar as melhores práticas para a definição dos critérios de tolerabilidade de exposição a agentes ambientais, tendo como mínimo os requisitos legais e buscando a melhoria contínua.

Metas Conceituais X Objetivos Operacionais

A meta conceitual para o monitoramento das exposições seria: avaliar todos os trabalhadores, todos os dias, para todos os agentes. Entretanto, essa é uma tarefa difícil de se concretizar, dada a escassez de recursos humanos e materiais disponíveis. Devemos, então, adotar um objetivo operacional, e trabalhar de forma amostral (freqüentemente a única opção).

Se pudermos usar os conceitos de higiene ocupacional e de estatística aplicada de forma que o objetivo operacional seja equivalente à meta, realizamos nosso trabalho. Este é o ponto.

Este livro busca ser um documento abrangente envolvendo todos os passos qualitativos e quantitativos para a condução do gerenciamento das exposições a agentes ambientais dentro de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.

Tem, ainda, como escopo orientar o trabalho de abordagem, estruturação, conhecimento da exposição, julgamento de tolerabilidade desta e ações de controle, tecnicamente fundamentadas, a respeito de uma população exposta a agentes ambientais e estruturada em Grupos Homogêneos de Exposição.

Conceituação do Termo

Este texto precisa ser iniciado com esclarecimentos sobre o significado do seu título. Estratégia de Amostragem não significa coletar um contaminante ou fazer uma medição de ruído, com um certo procedimento (não apenas). O ato de avaliar representa que vamos obter uma determinação de um dado ambiental, um valor isolado. Estratégia de Amostragem é mais que isso, uma simples medição (imediate ou não), ou seja, uma determinação numérica. A estratégia de amostragem começa muito antes de qualquer medição. Começa quando nos debruçamos sobre uma população exposta e iniciamos pelo primeiro passo, que se chama Caracterização Básica. É quando vamos determinar quais os expostos, a quais agentes, em quais tarefas ou funções, em quais locais. Claro, dentro do processo, vamos fazer determinações de agentes ambientais, mas com um propósito definido, sabendo-se qual o parâmetro desejado, qual a forma de proceder e qual a significância dos resultados.

O processo do conhecimento da exposição de trabalhadores envolve uma série de considerações, abordagens, planificação e desenvolvimento de um trabalho de obtenção e análise de dados, que, em seu conjunto, pode ser chamado de estratégia de amostragem.

Estratégia de Amostragem é um **processo**, no qual adquirimos um conhecimento progressivo da exposição de trabalhadores, que se inicia com uma adequada abordagem do ambiente (processo, pessoas, tarefas, agentes) e termina com afirmações estatisticamente fundamentadas sobre essa exposição, para que o ciclo da higiene ocupacional possa prosseguir, a caminho do controle do riscos.

As ações de controle devem prosseguir até que a exposição seja eliminada ou reduzida a valores toleráveis.

Por que Estratégia de Amostragem

A demanda por uma adequada estratégia de amostragem evoluiu e se consolidou quando se verificou, de forma crescente, que o simples ato de medir, intuitivamente, não assegurava certeza sobre uma situação de exposição. Nos Estados Unidos, o NIOSH percebeu que os empresários tinham dificuldade em provar que estavam respeitando os limites de exposição, assim como os fiscais tinham dificuldade em provar que os limites estavam sendo desrespeitados. Não era aceitável que aquele particular tipo de avaliação, a da exposição de um trabalhador, não fosse tão confiável e fundamentada como qualquer outra medição. Como ela apresentava suas particularidades, e o NIOSH reuniu estatísticos e higienistas para que se gerasse uma abordagem específica, realizando inclusive adaptações em ferramentas tradicionais da estatística. Foram criados novos conceitos, válidos ainda hoje. Estamos falando do Manual de Estratégia de Amostragem do NIOSH, lançado em 1977!!! Hoje, há outras publicações de fundo que tratam do tema, notadamente o livro de mesmo objetivo da AIHA, de 1991, e que já possui uma segunda edição, de 1998.

PRIMEIROS CONCEITOS E BENEFÍCIOS

Iniciando Processo: a Caracterização Básica

Caracterização Básica é um conceito presente no livro de Estratégia de Amostragem da AIHA, e representa um processo inicial de conhecimento, em higiene ocupacional, que vai permitir a estruturação das amostragens para todos os trabalhadores de uma empresa.

Trata-se de conhecer as três dimensões da questão: os ambientes de trabalho, os expostos e os agentes ambientais.

Conhecer o **ambiente** significa conhecer os processos principais, secundários e complementares, como o de manutenção, com detalhe suficiente para a inferência dos agentes ambientais que podem produzir.

Também significa conhecer todos os materiais utilizados nesses processos, seja como matéria-prima, subprodutos, produtos acabados e rejeitos. Conhecer os **expostos** significa apreender todas as funções desempenhadas, as atividades e tarefas realizadas, relacionando-as em termos de exposições ocupacionais aos processos e aos agentes identificados. Também significa conhecer essa população em termos de características que podem ser importantes ocupacionalmente para certos agentes e atividades, como predominância de sexo, obesidade, gravidez, por exemplo.

Conhecer os **agentes** significa correlacioná-los às tarefas, aos processos e aos expostos, pois é centrado nos agentes que deve começar o estudo. Também significa conhecer bem os efeitos que podem ser causados, os limites de exposição aplicáveis e as características físico-químicas relevantes.

Deste estudo integrado, devemos ser capazes de definir nossa **unidade de trabalho**, que são os grupos homogêneos de exposição (este é um conceito do NIOSH, a AIHA prefere o termo “grupos de exposição similar”, que consideraremos equivalentes). Os grupos homogêneos de exposição deverão ser identificados com relativa facilidade a partir da caracterização básica. Eles são definidos por agente ambiental, e por local (edificação) de trabalho, ou sítio operacional (em plantas de processo, por exemplo).

Chamamos ainda a atenção para o fato de a terminologia ocupacional já contemplar “Grupo Homogêneo de Exposição” como termo a ser usado, pelas suas aparições no Anexo 13-A da NR-15, na NR-22 e nas Instruções Normativas do INSS.

Grupos Homogêneos de Exposição (GHEs) ou Grupos de Exposição Similar ¹

Os grupos homogêneos de exposição são obtidos, como visto na parte anterior, a partir da caracterização básica, que é dada pela observação e conhecimento do processo, das atividades e dos agentes, ou seja, das exposições que ocorrem nos ambientes de trabalho. Existe uma grande vantagem técnica, gerencial e econômica em identificar tais grupos, como veremos.

Observando e conhecendo as exposições, podemos reunir os trabalhadores em grupos que possuem as mesmas características (perfil) de exposição a um dado agente.

Essa característica provém do desenvolvimento de rotinas e tarefas consideradas essencialmente idênticas do ponto de vista da exposição.

A definição inicial dos GHEs é assegurada pela observação e julgamento do profissional de higiene ocupacional em relação ao perfil de exposição ambiental que apresentam seus componentes.

Definição de Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) - Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo.

Antes que se pense que identificar os GHEs é uma tarefa complexa e incerta, vamos colocar alguns pontos básicos:

- Inicie pela função, pois na mesma função é de se esperar que as atividades sejam essencialmente iguais e, portanto, há chance de exposição associada.

¹ Grupos Homogêneos de Exposição (GHE), Grupos de Exposição Similar, Grupos Homogêneos de Risco, ou, simplesmente, Grupos Homogêneos. (Modelo SESI). (NHO 01 - Avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Fundacentro, 2001 e adotado pelo Modelo SESI em SST).

- Tenha atenção para com os desvios de função; não se fixe no nome do cargo mas sim no que realmente é feito, do ponto de vista operacional; faça uma boa entrevista com o chefe de turno, visando conhecer o que se faz, **quem** (funções) faz.
- Tenha atenção às nuances que a função tem, se há subgrupos com atividades diferenciadas (serão outros GHEs).
- Tenha atenção quanto às variantes entre turnos (ambientes, operações e equipamentos podem variar).
- Os GHEs só fazem sentido numa mesma edificação ou sítio operacional (em áreas de processamento aberto, por exemplo). Não se pode agrupar trabalhadores que estejam em locais diferentes. O GHE se inicia pelo ambiente (edificação ou sítio), e pelo agente; dentro dessas premissas, as funções ou subgrupos, cujas atividades tornam a exposição similar.

Um grupo é homogêneo no sentido estatístico, e isso permite que um número relativamente pequeno de amostras possa definir as tendências de exposição de todo o grupo.

A exposição dos trabalhadores não será idêntica, pois quem é homogêneo é o caráter estatístico do grupo, e as variabilidades serão normais dentro dele. Mas o poder de conhecimento que decorre daí é muito grande.

Os GHEs são uma expectativa formulada pelo higienista ocupacional, baseada no conhecimento e na experiência, dentro de um julgamento profissional. Mais tarde, no processo de avaliação da exposição dos grupos, isso será validado.

CARACTERIZAÇÃO DO EXPOSTO DE MAIOR RISCO (EMR)

Introdução

O conceito de Exposto de Maior Risco (EMR) é importante para a otimização de ações de Estratégia de Amostragem. Grupos Homogêneos inteiros podem ser caracterizados preliminarmente e de forma ágil a partir da avaliação da exposição do EMR, sob circunstâncias adequadas.

Definição

Exposto de Maior Risco, ou EMR, é o trabalhador de um grupo homogêneo de exposição (GHE) que é julgado como possuidor da maior exposição relativa em seu grupo.

O entendimento de “mais exposto” do grupo é dado no sentido qualitativo.

Caracterização e Determinação

Por Julgamento Profissional

O EMR será determinado por possuir uma ou mais das seguintes características, que lhe conferem o maior potencial de exposição:

- Exercer suas atividades mais próximo da fonte do agente.
- Exercer suas atividades em região do ambiente onde ocorre maior concentração ou intensidade aparente do agente.
- Exercer suas atividades de maneira a se expor por mais tempo ao agente.
- Exercer as rotinas operacionais (*modus operandi*) de forma a se expor mais ao agente.

A determinação será feita por observação de campo, sendo importante o conhecimento acurado das operações e atividades, assim como a experiência e o conhecimento do profissional relativamente ao agente e à forma de exposição.

Por Ferramenta Estatística

Existe uma ferramenta estatística para determinação do EMR, descrita no Manual de Estratégia de Amostragem do NIOSH. Nesse texto, não se recomenda o uso dessa ferramenta.

Procedimento nos casos em que o EMR não puder ser evidenciado por observação:

Como o procedimento estatístico para determinação do EMR normalmente implica um grande número de amostras, e a caracterização referencial de um GHE pode envolver um número de amostras freqüentemente inferior, deve-se iniciar imediatamente o estudo amostral do grupo.

CONCEITO E USO DO NÍVEL DE AÇÃO (NA)

Conceito

Este conceito existe na NR-9. O nível de ação de um agente ambiental, segundo a NR-9, é um valor de 0,5 do seu limite de exposição (Limite de Tolerância, em termos legais), para agentes químicos, e dose de ruído de 50%, para este agente físico.

O nível de ação é um valor referencial, a partir do qual certas ações devem ser tomadas, num programa de higiene ocupacional; por essa razão, há ações específicas previstas na norma regulamentadora, ao ser excedido o valor do NA.

No Manual de Estratégia de Amostragem do NIOSH, o conceito original resultou da seguinte questão: como fazer afirmações sobre as exposições experimentadas ao longo dos dias por um grupo homogêneo de exposição (GHE), a partir de uma dada determinação da exposição de um integrante do grupo, em um dia típico?

Para responder isso, os estatísticos assumiram certas premissas para a distribuição estatística que se ajusta às exposições interdias (ao longo dos dias) de um grupo homogêneo, considerada como uma distribuição

lognormal, e sua variabilidade, expressa pelo desvio-padrão geométrico dela, o qual foi fixado em 1,22.

Também foi predefinido o coeficiente de variação dos métodos de medição da exposição, que exprime sua precisão (variabilidade dos procedimentos e instrumentos), em 0,1 ou 10%. A partir daí, resultou um nível de ação de 0,5 – tal qual o conhecemos, com um significado bem específico, ou seja:

“Se o nível de ação for excedido em um dia típico, existe uma probabilidade maior que 5% de que o limite de exposição será excedido em outros dias de trabalho”.

Uso do Nível de Ação neste Texto

Colocando o conceito de outra forma, pode-se dizer:

“Se o nível de ação for respeitado em um dia típico, existe uma probabilidade maior ou igual a 95% de que o limite de exposição será respeitado, em outros dias de trabalho”.

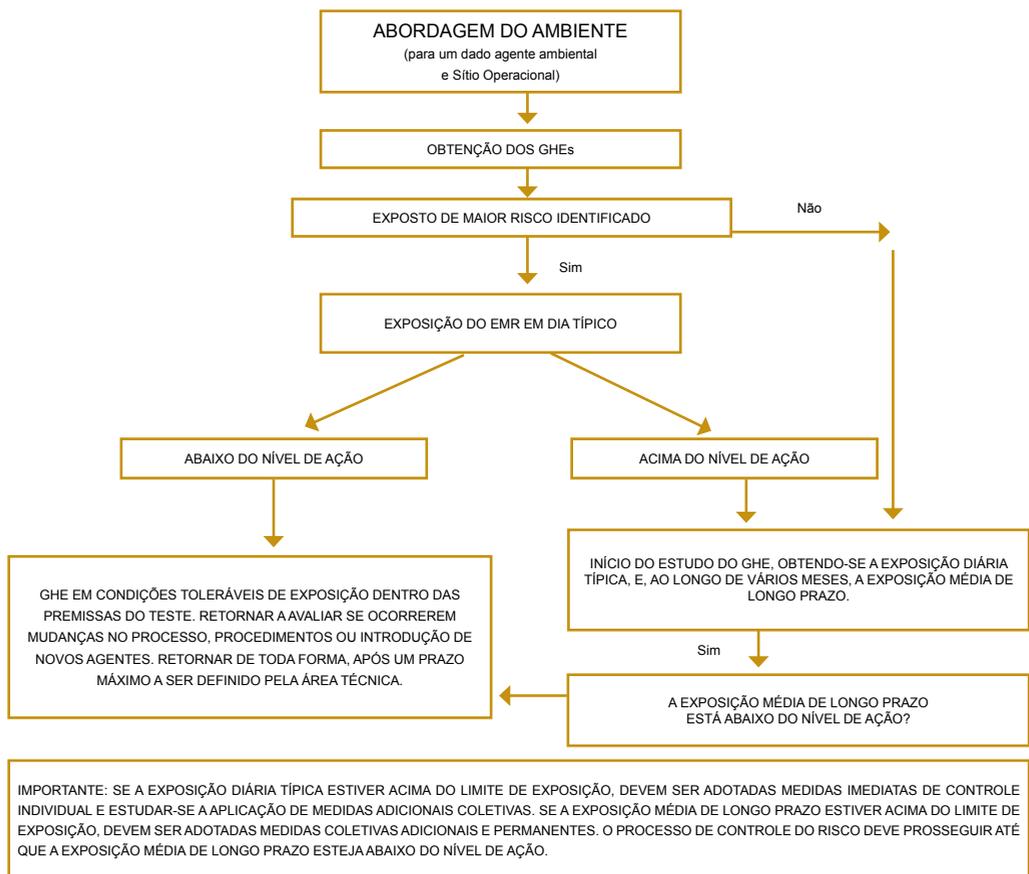
Agora fica clara a utilidade do conceito, pois, resguardadas as premissas, a conclusão vale para todo o GHE. Este grupo teria 95% ou mais de probabilidade de suas exposições respeitarem o limite de exposição em outros dias de trabalho.

Deve-se ainda chamar a atenção de que o teste em si possui um nível de confiança estatístico de 95%. Ou seja, GHEs com **NA excedido** devem ser estudados até um conhecimento, com adequado detalhe, de sua exposição e GHEs com **NA respeitado** serão considerados preliminarmente de exposição tolerável. Por exemplo, uma dosimetria representativa do exposto de maior risco de um grupo, igual ou inferior a 50% (dose de jornada).

A vantagem dessa forma de dividir os GHEs é podermos concentrar nosso tempo e esforços nos grupos realmente problemáticos, que vão requerer mais amostras para sua caracterização referencial. Do exposto, podemos concluir que uma boa estratégia de amostragem trará, como foi comentado, mais decisão, com menos esforço e fundamentação técnica sólida.

Observe-se, finalmente, que conjugamos três conceitos: Grupos Homogêneos de Exposição, Exposto de Maior Risco e Nível de Ação.

FIGURA 32 – FLUXOGRAMA DE VISÃO DE CONJUNTO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS



Visão de Conjunto (Preliminar)

Podemos resumir os pontos vistos até agora com este diagrama de blocos.

Os GHEs com NA excedido devem ser estudados até um conhecimento, com adequado detalhe, de sua exposição.

Os GHEs com NA respeitado, podem ser considerados como de exposição preliminarmente tolerável, pois não implicam excedência do limite de exposição segundo as premissas do teste e dos critérios estatísticos usados (95% de probabilidade de atendimento da premissa, com 95% de confiança). Seria a forma estatística de se dizer que o limite de exposição está sendo preliminarmente ou provisoriamente respeitado.

Se os condicionantes do teste forem todos atendidos (avaliação de um dia típico de trabalho, desvio-padrão geométrico e coeficiente e variação dentro dos valores citados), então esse GHE não é imediatamente relevante para as prioridades de controle ocupacional, podendo sua exposição ser revisada periodicamente, ou ainda, se houver mudanças no processo, procedimentos ou produtos em uso, índices biológicos de exposição excedidos ou outras evidências de sobreexposição.

TIPOS DE AMOSTRAS DE AGENTES AMBIENTAIS

Introdução

Uma das primeiras coisas a serem discutidas em um texto desta natureza deve ser quais os tipos de amostras que podem ser realizadas em higiene, e sua aplicabilidade para fins ocupacionais e gerais.

Estamos nos referindo à forma como é produzida a amostra, e não sua dimensão temporal, ou seja, se a amostra é de período completo ou não, ou é pontual etc., pois, neste segundo caso, chamaremos tais possibilidades de “formas amostrais”, para distinguirmos do “tipo de amostra”, que é o que trataremos a seguir.

Amostras Pessoais ou Individuais

Conceito – São amostras tomadas de maneira que o amostrador é portado pelo indivíduo amostrado, e situado na zona corporal de interesse (por exemplo, zona auditiva ou zona respiratória).

Aplicabilidade – Tipo preferencial para amostragem de exposição ocupacional, por produzir amostras capazes de fornecer adequada representatividade da exposição experimentada pelo indivíduo ao longo do período amostrado.

Limitações – Apenas restritas aos aspectos de disponibilidade instrumental e recursos econômicos para a amostragem.

Exemplo – Dosimetria de ruído, amostragem de poeiras com bombas pessoais.

Amostras de Zona Corporal de Interesse

Conceito – São amostras tomadas por um terceiro, que mantêm o amostrador junto à zona corporal de interesse (por exemplo, auditiva ou respiratória).

Aplicabilidade – Tipo aceitável para amostragem de exposição ocupacional, podendo representar adequadamente a exposição experimentada pelo indivíduo, respeitadas as limitações amostrais e a análise estatística aplicável.

Limitações – As limitações evidentes são representadas pela relativa mobilidade do indivíduo amostrado (e, portanto, a capacidade do terceiro em manter o amostrador junto à zona de interesse), assim como a duração das amostras, implicando eventuais limitações na análise estatística dos dados. Se tais inconvenientes forem superáveis, este tipo de amostras é perfeitamente válido. No caso geral, as amostras serão limitadas a funções ou tarefas de pouca movimentação em área fisicamente restrita, durante a tomada de cada amostra.

Exemplo – Avaliação da exposição com tubos detetores colorimétricos.

Amostras de Área

Conceito – São amostras tomadas em pontos fixos da área de trabalho, não vinculáveis, como regra, à ocupação espacial real do trabalhador.

Aplicabilidade – No caso geral, tipo não aceitável para amostragem de exposição ocupacional. Amostras de área não guardam correlação específica com a exposição dos trabalhadores. Não é permitida nenhuma inferência sobre a exposição de pessoas a partir de amostras de área. A aplicabilidade está restrita ao controle da emissão de processos, dados para sinalização de áreas e auxílio de referência no planejamento das amostras individuais. Dada a disseminação de uma percepção paratécnica de que as amostras de área seriam ocupacionalmente viáveis, o NIOSH preparou em seu manual um apêndice técnico para evidenciar essa inaplicabilidade. (Apêndice Técnico C. Ver referências).

Limitações – No caso geral, absoluta inadequação para exposições de pessoas.

Exemplo – Avaliação da poeira de um recinto com o amostrador fixado em uma coluna.

Exceção Honrosa – quando o trabalhador permanece estático em um ponto fixo de trabalho (fisicamente no mesmo ponto durante toda a jornada), e o amostrador puder ser situado na zona corporal de interesse, esta amostra passa então a ser assim considerada (amostra de zona corporal de interesse), conforme já discutido no item anterior, possuindo validade representativa. Observe-se, ainda, que alguns tipos de amostradores ocupacionais são fisicamente fixos, como é o caso dos elutriadores para poeira de algodão. Para funções de muita mobilidade ambiental, pode-se perceber que haverá limitações quanto à representatividade das exposições experimentadas pelos trabalhadores.

FORMAS AMOSTRAIS EM HIGIENE OCUPACIONAL

Introdução

Este item descreve as formas amostrais que podem ser utilizadas em HO, assim como sua aplicabilidade, vantagens e desvantagens do ponto de vista estatístico.

Estas formas amostrais se referem a determinações (amostras) feitas ao longo de uma jornada, e o seu tratamento de cálculo fornecerá “uma amostra” da exposição diária do trabalhador.

FORMAS AMOSTRAIS

Amostra única de período completo

Esta amostra é tomada sobre toda a base de tempo do limite de exposição. (ver figura)

A base de tempo do limite de exposição é dependente do tipo de limite. (ver tabela 13)

Esta forma amostral é a segunda melhor forma do ponto de vista estatístico, para decisões sobre a exposição de uma jornada.

Um exemplo desta forma amostral é uma dosimetria de ruído durante toda a jornada.

TABELA 13 – BASE DE TEMPO DE LIMITES DE EXPOSIÇÃO USUAIS

| Tipo de LE | Base de tempo (período completo) |
|---|----------------------------------|
| LE - média ponderada, NR-15 (LT - Limite de Tolerância Legal) | 8 horas |
| LE - TLV/TWA(ACGIH) | 8 horas |
| LE - STEL (ACGIH) | 0,25 horas (15 min.) |

Amostras Consecutivas de Período Completo

Esta forma amostral utiliza várias amostras, sendo que o tempo total destas equivale à base de tempo do limite.

As amostras não se superpõem no tempo, nem há qualquer período da base de tempo que não seja amostrado; ou seja, as amostras são consecutivas e justapostas (ver figura).

As amostras não necessitam ter a mesma duração.

Esta forma amostral é a de melhor benefício do ponto de vista estatístico, para decisão sobre a exposição de uma jornada.

Um exemplo desta forma amostral é o uso de vários filtros consecutivos para a avaliação de poeira em uma atividade que gera concentrações muito elevadas do contaminante.

Amostras de Período Parcial

Consistem em uma ou mais amostras que não cobrem integralmente a base de tempo do limite.

Esta forma amostral é muito limitada do ponto de vista estatístico. Isso se deve ao fato de que o período não amostrado é considerado “desconhecido” (não está contido na amostra). Portanto, não poderia ser uma opção recomendada, a menos que:

- Caso 1 – O higienista possa assegurar, pelo conhecimento das atividades e do processo, e pelo acompanhamento feito durante a amostragem, que o período não amostrado é essencialmente igual ao amostrado do ponto de vista da exposição ao agente.
- Caso 2 – O higienista possa assegurar, pelas mesmas razões supracitadas, que a exposição ocupacional no período não amostrado, foi nula (exposição zero). Esta pode ser uma opção de amostragem (amostras apenas o período com exposição). Nesse caso, a exposição média diária se calcula obedecendo-se tal condição.

Se nenhum dos casos acima for aplicável, então, segundo o manual do NIOSH, não há tratamento estatístico definido para a decisão sobre a conformidade de exposição da jornada, sendo recomendável a utilização de outra forma amostral. Este raciocínio será detalhado mais adiante, ao compararmos as formas amostrais.

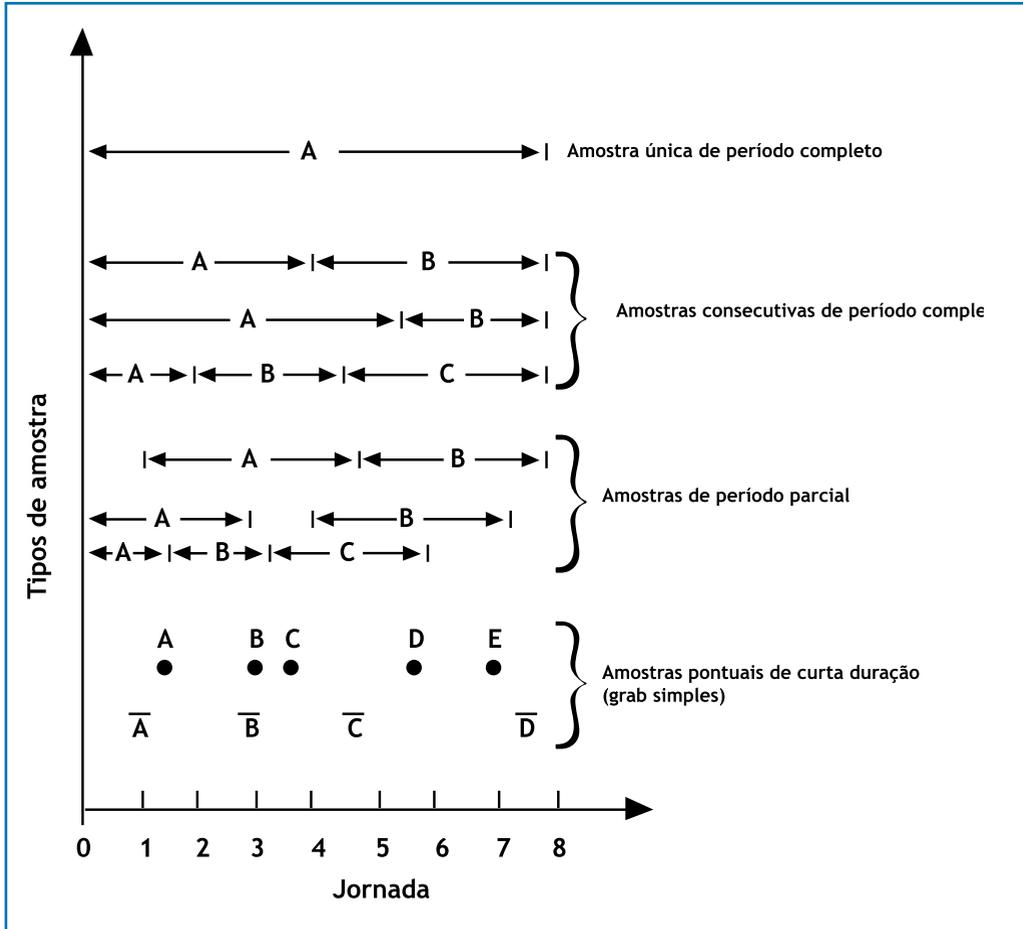
Amostras pontuais de curta duração (grab samples)

Esta forma amostral consiste de várias amostras, de duração breve (de alguns segundos a muitos minutos), aleatórias quanto ao momento da realização de cada amostra, distribuídas pela jornada de trabalho.

A duração da amostra não interfere na precisão da decisão estatística, bastando que haja amostra suficiente para o processamento analítico. Medidores de leitura direta podem ser utilizados, sendo cada leitura uma amostra (determinação).

Esta forma amostral é a de menor poder relativo de decisão estatístico. Um exemplo desta forma amostral é o uso de um medidor de leitura direta, fazendo-se várias amostras (leituras) ao longo da jornada, em momentos aleatórios.

FIGURA 33 – DIFERENTES FORMAS AMOSTRAIS QUE PODEM SER UTILIZADAS



Fonte: Adaptado da Publicação NIOSH 77-173

2 ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

EAM – 1

Se as amostras de área não servem para adotar procedimentos de segurança, como limitar a presença na área e etc.?

Resposta: Não foi dito que as amostras de área não servem para adotar procedimentos de segurança. O que foi dito é que as amostras de área não guardam qualquer relação com a exposição dos trabalhadores e que não é lícito fazer qualquer inferência a partir de amostras de área quanto à exposição individual de quem quer que seja.

As amostras de área servem para acompanhar o processo e ajudam a dimensionar a estratégia de amostragem a ser usada nas avaliações individuais.

EAM – 2

Sou fonoaudióloga e desenvolvo essa função no SESI/PE há 13 anos. Sinto-me honrada em participar de um curso sob sua coordenação e gostaria ainda de parabenizá-lo pela aula clara e objetiva de ontem. Sinto apenas ainda não ter conseguido acessar o manual do NIOSH recomendado. Talvez pela dificuldade na língua, uma vez que “arranho” um pouco no inglês. O manual encontrado foi *NIOSH Manual of Analytical Methods* (NMAM), porém não consegui baixá-lo. Por gentileza, me confirme se está correto.

(Atenciosamente, *Fga. Bettina Poggi*)

Resposta: Não foi o manual que você achou. Mas volte ao *site* e procure pelo *OCCUPATIONAL EXPOSURE SAMPLING STRATEGY MANUAL*, publicação 77-173. Obrigado por suas palavras.

EAM – 3

Para controle do Programa de Controle Auditivo (PCA), regulamentado pela NR-7, PCMSO, o Leq deve ser acima de 80 dB para que seja efetuado o programa PCA, ou mantenho o aparelho programado (Criterion) para 85 dB (anexo = *Sound Analysis Report* = análise de ruído), com o Leq de 83,8 dB?

Resposta: Não. Uma amostra parcial de jornada tem duas opções: OU ela pode ser estendida para toda a jornada, por meio da observação, experiência e julgamento do higienista, que a valida e, portanto, pode afirmar que “a porção não amostrada de exposição é essencialmente igual à porção amostrada”, ou seja, é como se ela fosse uma amostra de período completo, OU ela não pode ser estendida, perdendo em muito a representatividade estatística. Nesse caso, é melhor partir para outra estratégia, como é o caso das *grab samples*. Este assunto deverá retornar mais ao final do curso.

Atenção, pois “representatividade de fato” é algo que só o higienista pode assegurar, não a amostra.

EAM – 4

O professor vai mostrar a tabela de amostra aleatória?

(João Dória/MS)

Resposta: A tabela para amostras aleatórias, assim como o procedimento para seu uso, serão discutidos em uma aula sobre estratégia de amostragem que pretendemos inserir mais ao final do curso, dentro do próprio cronograma.

REFERÊNCIAS

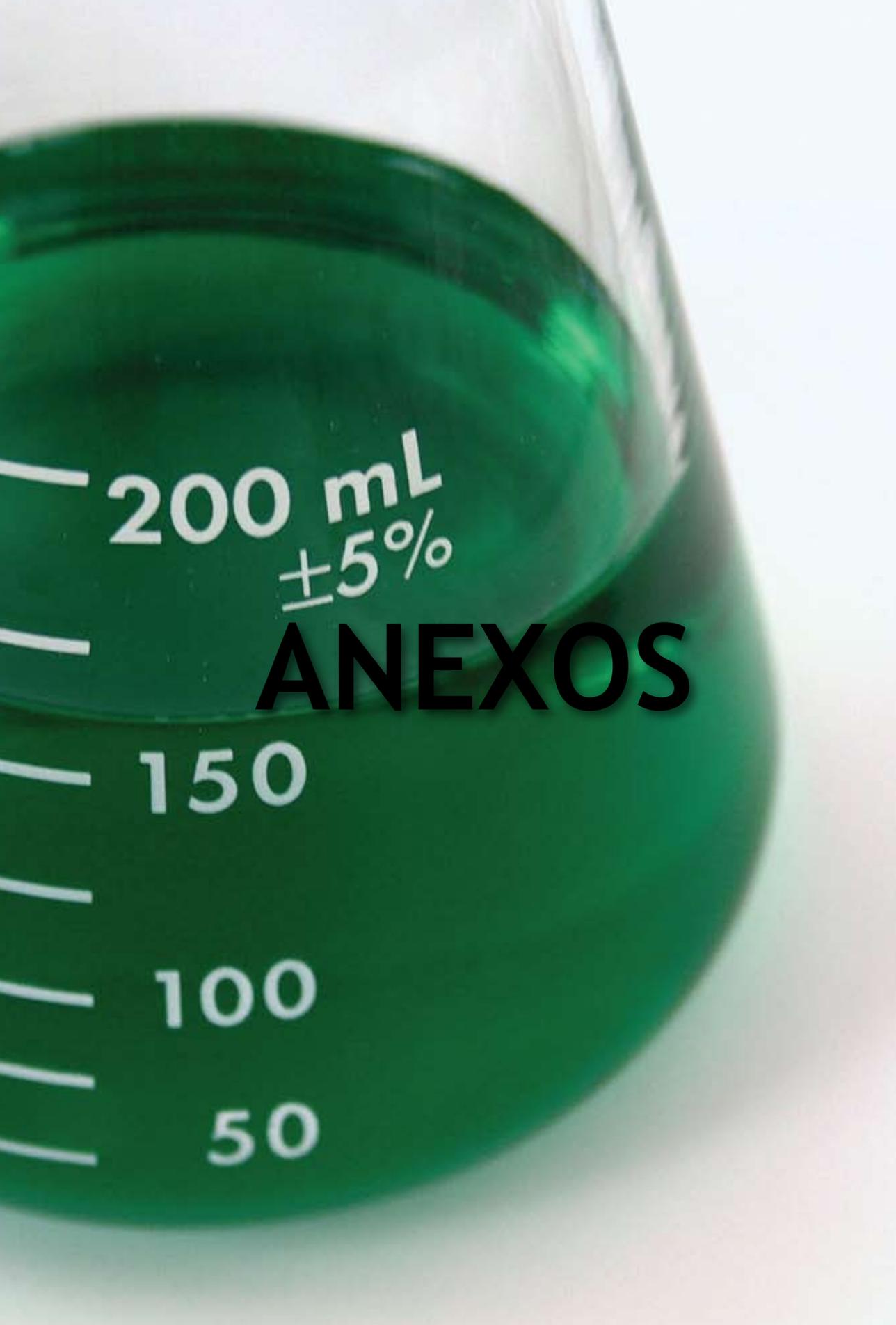
AIHA. **A strategy for assessing and managing occupational exposures.** Fairfax, 1998.

FANTAZZINI, Mario L. **Introdução à estratégia de amostragem de agentes ambientais.** Material didático da disciplina “Estratégia de Amostragem”. Curso de Higiene Ocupacional. PECE -USP. São Paulo, 2003.

_____; Módulos didáticos do curso higiene ocupacional 1992 - 2003. **Anais.** [S.l]: Itsemap do Brasil, 2003.

_____. Prevenção de Riscos. **Revista Proteção**, n. 141/143, set./nov. 2003. (Série Estratégia de Amostragem).

NIOSH 77-173. **Occupational Exposure Strategy Sampling Manual.**



200 mL
 $\pm 5\%$

ANEXOS

150

100

50

ANEXOS

Anexo A - Glossário de Higiene Ocupacional

| GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL | |
|---------------------------------------|--|
| ACGIH | <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists.</i> www.acgih.org |
| Agente Biológico | Consideram-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros. (NR-9 do MTE, item 9.1.5.3). |
| Agente Físico | Consideram-se agentes físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infra-som e o ultra-som. (NR-9 do MTE - item 9.1.5.1). |
| Agente Químico | Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo por meio da pele ou por ingestão. (NR-9 do MTE - item 9.1.5.2). |
| Ajuste | Operação destinada a fazer com que um instrumento de medição tenha desempenho compatível com o seu uso. Observação: o ajuste pode ser automático, semi-automático ou manual. |
| Amostra de Área | Amostras feitas com equipamento de higiene ocupacional ou não, em locais fixos de uma área. |
| Amostra de Zona Corporal de Interesse | Amostras tomadas por um terceiro, que mantém o amostrador na zona corporal de interesse (por exemplo, auditiva, respiratória). |
| Amostra Individual | Ver "Amostra Pessoal". |
| Amostra Pessoal | Amostra tomada de maneira que o amostrador é portado pelo indivíduo amostrado e situado na zona corporal de interesse (por exemplo, zona auditiva ou zona respiratória). |
| Amostra Pontual de Curta Duração | Forma amostral que consiste de várias amostras, de duração breve (de alguns segundos a vários minutos), aleatórias quanto ao momento de realização de cada amostra, distribuídas pela jornada de trabalho. Cada amostra é considerada uma determinação. |

Continua

GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL

| | |
|---|--|
| Amostragem Aleatória | Amostragem na qual todos os itens possuem a mesma chance de serem amostrados. |
| Análise Global | Análise crítica do PPRA (referente à gestão do programa), conforme requerido na NR-9, item 9.2.1.1. |
| Antecipação | Toda ação antecipada de reconhecimento de agentes físicos, químicos e biológicos, visando à eliminação, à avaliação ou ao controle, tendo como mínimo o disposto na NR-9, item 9.3.2. |
| APR - HO | Análise Preliminar de Riscos para Higiene Ocupacional. Adaptação da Técnica APR para o reconhecimento de riscos em Higiene Ocupacional, conforme apresentado em artigo de M. Fantazzini, Revista Proteção, julho de 1995, nº 43. |
| Base de Tempo de um Limite de Exposição | Período sobre o qual um Limite de Exposição é verificado. |
| Calibração | Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões. (Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia, Portaria INMETRO no. 29, de 10 de Março de 1995.) Nota: o termo "aferição" deve cair em desuso. |
| Caracterização Básica | Processo inicial de conhecimento em higiene ocupacional, que vai permitir a obtenção dos Grupos Homogêneos de Exposição (*), assim como a estruturação de amostragens representativas dos trabalhadores da empresa. (* no Sistema SESI, usa-se apenas o termo "Grupos Homogêneos". Considerar essa forma, se conveniente. |
| Coeficiente de Variação (CV) | O mesmo que desvio-padrão relativo. É obtido dividindo-se o desvio-padrão pela média, podendo ser expresso em porcentagem. |
| Critério de Tolerabilidade | Critério orientativo para a decisão acerca da tolerabilidade de uma determinada exposição a um agente ambiental e o desencadeamento de ações de controle sobre os riscos. |
| Critério de Tolerabilidade Preliminar | Critério para a exposição diária típica do Exposto de Maior Risco de um Grupo Homogêneo de Exposição. Essa exposição deverá ser igual ou inferior ao respectivo Nível de Ação do agente ambiental presente. |

Continua

GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL

| | |
|------------------------------|--|
| Desvio-Padrão | Medida de dispersão de uma distribuição. |
| Desvio-Padrão Geométrico | Medida da variabilidade de uma distribuição lognormal. Antilogaritmo do desvio-padrão aritmético de um conjunto de dados transformados pela aplicação do mesmo logaritmo aos dados originais. |
| Determinação | Uma avaliação (medição instrumental) da exposição ambiental. Quando são utilizadas várias determinações ao longo de uma jornada, dentro de uma estratégia recomendada, estas, como um todo, comporão uma amostra da exposição diária. Individualmente, porém, uma determinação é uma amostra. Deve-se buscar a diferenciação do termo “amostra” para “determinação”, quando estas são combinadas para compor uma exposição diária. |
| Distribuição Lognormal | Distribuição tal que, se ao conjunto de dados for aplicado o logaritmo, transforma-se em uma distribuição normal. |
| Distribuição Normal | Distribuição estatística definida por uma específica função de densidade de probabilidade. |
| EMR - Exposto de Maior Risco | É o trabalhador de um Grupo Homogêneo de Exposição que é julgado como possuidor da maior exposição relativa em seu grupo. |
| Estratégia de Amostragem | Processo de conhecimento progressivo das exposições dos trabalhadores, incluindo todos os passos qualitativos e quantitativos para a condução de seu julgamento e controle, de forma a assegurar a todos os expostos um padrão de proteção, mantendo tais exposições dentro de critérios de tolerabilidade definidos. |
| Exposição Diária Típica | Exposição avaliada em uma jornada em que as condições operacionais (rotinas e tarefas) e ambientais (processos de geração de agentes ambientais e condições que interferem em sua intensidade ou concentração) são consideradas habituais e em torno de médias históricas de observação. São fatores (temporários) de exposição ATÍPICA, entre outros: <ul style="list-style-type: none"> • Aumento do ritmo de trabalho, mudanças de procedimentos, frequência de tarefas. • Aumento ou queda de produção, mudanças de tecnologia, mudanças de materiais, experimentos, paradas, emergências. • Variação de parâmetros de processo que interferem na geração de agentes ambientais. • Fontes não usuais, como geradas por manutenções, transportes, obras civis, atividades extra-empresa. • Desligamento de sistemas de ventilação, mudanças físicas que promovam aumento ou redução da ventilação natural, condições climáticas extremas (não sazonais). A definição de uma jornada típica é ação de julgamento profissional do técnico em higiene ocupacional. |

GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL

| | |
|---|--|
| Exposição Referencial de Curto Prazo | Exposição caracterizada pelos parâmetros estatísticos de um conjunto de amostras obtidas em um período curto de tempo, cerca de nove semanas, de forma aleatória. |
| Exposição Referencial de Longo Prazo / Exposição Média de Longo Prazo | Exposição caracterizada pelos parâmetros estatísticos de um conjunto de amostras obtidas em um período longo de tempo, de seis ou mais meses, de forma aleatória. |
| Fator de Proteção Atribuído (no âmbito de um PPR - Programa de Proteção Respiratória) | Nível de proteção que se espera alcançar no ambiente de trabalho, quando um trabalhador treinado usa um respirador (ou classe de respirador) em bom estado e ajustado de modo correto. |
| Fator de Proteção Requerido (no âmbito de um PPR - Programa de Proteção Respiratória) | É o quociente entre a concentração do contaminante presente e o seu limite de exposição. |
| FIS PQ | Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos, NBR 14725. |
| Função Higiene Ocupacional | Função que insere a disciplina Higiene Ocupacional nas atividades de Saúde Ocupacional. Representa o conjunto total de ações, em todos os processos e por todas as formas técnico-administrativas previstas em um empreendimento, capaz de assegurar a saúde dos trabalhadores. |
| GHE - Grupo Homogêneo de Exposição | Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo. (IN 01 - Anexo 13-A, NR-15 e NR-22). |
| Grab Samples | Ver "Amostras Pontuais de Curta Duração". |
| Higiene Ocupacional | Higiene Ocupacional é a ciência e a arte dedicada à antecipação, ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, visando à preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores (OIT). |

| GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL | |
|---|--|
| IPVS | Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde. Qualquer atmosfera que apresente risco imediato à vida ou produza efeito imediato debilitante e irreversível à saúde. |
| Julgamento Profissional | Utilização da experiência, especialização e conhecimento para, de forma sistemática, estabelecer a aplicação de conceitos dentro de um programa de higiene ocupacional. |
| LE - MP | Limite de Exposição - Média Ponderada no Tempo. |
| LE - VT | Limite de Exposição - Valor Teto. |
| Limite de Exposição | <p>Valor referencial, técnico ou legal, o qual, se observado, assegura à maioria dos expostos a ocorrência limitada ou nula de determinados efeitos à saúde. O conceito legal se denomina Limite de Tolerância, definido em legislação específica (Lei nº 6.514/77 e Portaria nº 3.214/78). São premissas de um Limite de Exposição:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A base de tempo sobre o qual se aplica (ver Base de Tempo, neste glossário). • A porcentagem de protegidos implícita no termo “maioria”. • Os efeitos específicos à saúde aos quais oferece proteção. • O nível de ocorrência de efeitos que será evitado (nulos ou limitados, especificamente definidos). • Os efeitos à saúde aos quais não oferece proteção. |
| Limite de Tolerância | Concentração ou intensidade, máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral. (NR-15 do MTE, item 15.1.5). |
| Média Geométrica | Medida de posição de uma distribuição lognormal. Raiz enésima do produto de “n” fatores. |
| Meta Operacional de Longo Prazo | Tradução da Meta Conceitual em uma meta objetiva e de alcance viável em longo prazo, que possa ser equivalente, para todos os fins, à Meta Conceitual, representada por um alto grau de confiança estatístico de que uma alta porcentagem das exposições diárias são consideradas toleráveis. |
| Monitoramento Periódico de Riscos Ambientais (NR-9) | Avaliação sistemática e repetitiva da exposição a um dado risco, visando à introdução ou à modificação das medidas de controle, sempre que necessário. (NR-9 do MTE, item 9.3.7). |
| MTE | Ministério do Trabalho e Emprego. |

GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL

| | |
|---|--|
| Nível de Ação | Valor referencial a partir do qual certas ações devem ser tomadas, num programa de higiene ocupacional. Conceito estatístico desenvolvido pelo NIOSH, representando o valor, verificado por meio de um procedimento específico, o qual, se respeitado, assegura uma probabilidade maior ou igual a 95% de que o limite de exposição é respeitado ao longo dos dias de trabalho. Conceito da NR-9 do MTE, item 9.3.6. |
| PCA | Programa de Conservação Auditiva. (NR-7, Anexo 1, item 6, subitem c). |
| PCMSO | Programa de Controle Médico em Saúde Ocupacional. (NR-7 do MTE). |
| Plano de Ação (NR-9) | Plano que contém o planejamento anual do PPRA, com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma. Conceito discutido no Padrão 1, item 12. Conceito implícito na NR-9 do MTE, item 9.2.1.a. |
| PPEOB | Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno. (Anexo 13-A da NR-15 do MTE). |
| PPR | Programa de Proteção Respiratória, conforme instituído pela Instrução Normativa nº 1 da DSST de 11/4/1994. |
| PPRA | Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, definido na NR-9 do MTE. |
| Probabilidade de Atendimento do Limite de Exposição | Probabilidade obtida pelo processamento estatístico dos dados ambientais, indicando a fração esperada do tempo de exposição, ou do número de expostos, na qual é respeitado numericamente o Limite de Exposição aplicável. ($\text{Exposição} \leq \text{LE}$). |
| Probabilidade de Excedência do Limite de Exposição | Complemento da Probabilidade de Atendimento do Limite de Exposição, em relação a 1 (100%). Indica a fração esperada do tempo de exposição, ou do número de expostos, na qual é numericamente excedido o Limite de Exposição aplicável. |
| Risco Ambiental (NR-9) | Consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. (NR-9 do MTE, item 9.1.5). |

Continua

GLOSSÁRIO DE HIGIENE OCUPACIONAL

| | |
|-------------------|--|
| TLV | Limite de Exposição “Threshold Limit Value” (Valor Limite de Limiar), utilizado pela ACGIH, conforme definido na publicação <i>Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agent</i> ”, com edição em português pela ABHO. Nota: para este e os três termos que se seguem, deve ser consultada a obra citada, para o entendimento completo do respectivo conceito. |
| TLV - C | “Threshold Limit Value - Ceiling” (Limite de Exposição, valor teto), valor que não pode ser excedido em nenhum momento da jornada de trabalho, conforme definido na publicação <i>Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agent</i> ”, com edição em português pela ABHO. |
| TLV - STEL | “Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit” (Limite de Exposição - Limite de Exposição - Exposição de Curta Duração), valor que se refere a uma conceituação específica, conforme definido na publicação <i>Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agent</i> ”, com edição em português pela ABHO. |
| TLV - TWA | “Threshold Limit Value - Time Weighted Average” (Limite de Exposição - Média Ponderada pelo Tempo), valor médio ponderado na jornada, conforme definido na publicação <i>Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agent</i> ”, com edição em português pela ABHO. |
| VM - Valor Máximo | Valor que não pode ser excedido em nenhum momento da jornada de trabalho, associado a um Limite de Tolerância tipo Média Ponderada, conforme definido no Anexo 11 da NR-15 do MTE. |

Anexo B – Lista dos Principais Sites da Web na Área de Higiene Ocupacional

Agency for Toxic Substances and Disease Registry

<http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080>

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

<http://www.ACGIH.org>

American Industrial Hygiene Association (AIHA)

<http://www.aiha.org>

American National Standards Institute (ANSI)

<http://www.ansi.org>

American Society for Testing and Materials (ASTM)

<http://www.astm.org>

Asian-Pacific Regional Network on Occupational Safety and Health Information

<http://www.ilo.org/public/english/270asie/asiaosh/index.htm>

Canadian Center for Occupational Health and Safety (CCOHS)

<http://www.ccohs.ca>

Environmental Chemicals Data and Information Network

<http://ulisse.ei.jrc.it/Ecdin.html>

US Environmental Protection Agency (EPA)

<http://www.epa.gov>

EPA Methods for Sampling Toxic Chemicals in Ambient Air

<http://www.epa.gov/ttn/amtic/airox.html>

Enviro-Net MSDS Index

[http:// environet-net.com/msds/msds.html](http://environet-net.com/msds/msds.html)

UK Health and Safety Executive

<http://www.open.gov.uk>

Mexican Health and Safety Executive

<http://www.stps.gob.mx/index.html>

MSDS On-Line from University of Utah

<gopher://atlas.chem.utah.edu:70/11/MSDS>

US Mine Safety and Health Administration

<http://www.msha.gov>

US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

<http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>

NIOSH Air Sampling Methods

<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/nmammenu.html>

National Pesticide Telecom Network

<http://www.ace.orst.edu/info/nptn>

US Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

<http://www.osha.gov>

US OSHA Air Sampling Methods Inorganic Methods

<http://www.osha-slc.gov/SLTC/analyticalmethods/methodsinorganic.html>

Organic Methods

<http://www.osha-slc.gov/SLTC/analyticalmethods/methodsorganic.html>

Partially Validated Methods

<http://www.osha-slc.gov/SLTC/analyticalmethods/methodspartial.html>

Rocky Mountain Center for Occupational and Environmental Health

<http://rocky.utah.edu>

SKC Air Sampling Guide

<http://www.skcinc.com>

Western Australia's Department of Occupational Health, Safety and Welfares

Safety Line On-Line Lecture Series

<http://safetyline.wa.gov.au/institute>

World Health Organization

<http://www.who.ch>

SESI/DN

Unidade de Saúde e Segurança do Trabalho – Unisaúde

Fernando Coelho

Gerente-Executivo

Coordenação do Curso

Sylvia Regina Trindade Yano

Katyana Aragão Menescal

Walkyria Porto Duro

Coordenação Editorial

Sylvia Regina Trindade Yano

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Marmenha Rosário

Normalização

Mario Luiz Fantazzini e Maria Cleide Sanchez Oshiro

Elaboração

Cely Curado

Revisão Gramatical

Projects Brasil Multimídia

Projeto Gráfico



*Confederação Nacional da Indústria
Serviço Social da Indústria
Departamento Nacional*

ISBN 978-85-7710-086-6



9 788577 100866