



# Instrumentação

Néverton Hofstadler Peixoto

Leandro Silveira Ferreira



Santa Maria - RS  
2014

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Colégio Técnico Industrial de Santa Maria

Este caderno foi elaborado pelo Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

**Equipe de Acompanhamento e Validação**

Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

**Coordenação Institucional**

Paulo Roberto Colusso/CTISM

**Professor-autor**

Néverton Hofstadler Peixoto/CTISM

Leandro Silveira Ferreira/CTISM

**Coordenação de Design**

Erika Goellner/CTISM

**Revisão Pedagógica**

Elisiane Bortoluzzi Scrimini/CTISM

Jaqueleine Müller/CTISM

**Revisão Textual**

Carlos Frederico Ruviaro/CTISM

**Revisão Técnica**

José Carlos Lorentz Aita/CTISM

**Ilustração**

Marcel Santos Jacques/CTISM

Rafael Cavalli Viapiana/CTISM

Ricardo Antunes Machado/CTISM

**Diagramação**

Cássio Fernandes Lemos/CTISM

Leandro Felipe Aguilar Freitas/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt – CRB 10/737

Biblioteca Central da UFSM

P379i

Peixoto, Néverton Hofstadler  
Instrumentação / Néverton Hofstadler Peixoto,  
Leandro Silveira Ferreira.– Santa Maria :  
Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico  
Industrial de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil, 2014.

151 p. : il. ; 28 cm

ISBN 978-85-63573-59-9

1. Trabalho 2. Segurança do trabalho 3. Ruído  
4. Controle de ruído 5. Ruído – medição I. Rede e-Tec Brasil  
II. Ferreira, Leandro Silveira III. Título

CDU 331.471

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,  
Bem-vindo a Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de o acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!  
Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Abril de 2014

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Palavra do professor-autor</b>   | <b>9</b>  |
| <b>Apresentação da disciplina</b>   | <b>11</b> |
| <b>Projeto instrucional</b>   | <b>13</b> |
| <b>Aula 1 – Avaliando o ruído ocupacional: aspectos básicos e uso de decibelímetros</b> | <b>15</b> |
| 1.1 Considerações iniciais  | 15        |
| 1.2 Equipamentos para avaliação do nível sonoro   | 16        |
| 1.3 Classificação dos medidores de nível sonoro   | 18        |
| 1.4 Tempo de resposta para os sonômetros  | 20        |
| 1.5 Curvas de compensação (circuitos de compensação, curvas de ponderação)              | 21        |
| 1.6 Nível equivalente de ruído  | 22        |
| 1.7 Níveis estatísticos de ruído (LN)   | 23        |
| 1.8 Dose de ruído   | 25        |
| 1.9 Nível de critério ( <i>Criterion Level – CL</i> )                                   | 25        |
| 1.10 Fator duplicativo de dose ou incremento de dose ( <i>Exchange Rate – ER</i> )      | 25        |
| 1.11 Limiar de integração ( <i>Threshold Level – TL (TH)</i> )                          | 26        |
| 1.12 Limite de tolerância   | 26        |
| 1.13 Outras nomenclaturas   | 27        |
| 1.14 Calibradores   | 27        |
| 1.15 Recomendações na avaliação de ruído com “decibelímetros”                           | 27        |
| 1.16 Avaliando o ruído com sonômetro não integrador                                     | 29        |
| 1.17 Avaliando o ruído com sonômetro integrador   | 30        |
| <b>Aula 2 – Avaliando o ruído ocupacional com dosímetros de ruído</b>                   | <b>41</b> |
| 2.1 Considerações iniciais  | 41        |
| 2.2 Parâmetros para dosímetros integradores de ruído                                    | 41        |
| 2.3 Medidor integrador portado pelo trabalhador (dosímetro de ruído)                    | 42        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Aula 3 – Instrumentação: avaliação de calor ocupacional .....</b>          | <b>55</b>  |
| 3.1 Considerações iniciais.....   | 55         |
| 3.2 Os fatores ambientais.....  | 55         |
| 3.3 Estrutura física.....   | 56         |
| 3.4 Local de avaliação.....   | 59         |
| 3.5 Guia de operação básica.....  | 61         |
| 3.6 Calibração do instrumento.....  | 65         |
| <b>Aula 4 – Avaliação de particulados.....</b>                                | <b>71</b>  |
| 4.1 Considerações iniciais.....   | 71         |
| 4.2 Avaliação de poeiras.....   | 73         |
| <b>Aula 5 – Avaliação de gases e vapores.....</b>                             | <b>95</b>  |
| 5.1 Considerações iniciais.....   | 95         |
| 5.2 Avaliação com tubos colorimétricos.....                                   | 96         |
| 5.3 Avaliação com tubos adsorventes.....                                      | 101        |
| 5.4 Avaliação de gases e vapores por ar total.....                            | 112        |
| 5.5 Avaliação de gases e vapores com monitores passivos.....                  | 113        |
| 5.6 Avaliação de gases e vapores com equipamentos eletrônicos.....            | 114        |
| <b>Aula 6 – Avaliação de espaços confinados.....</b>                          | <b>121</b> |
| 6.1 Considerações iniciais.....   | 121        |
| 6.2 Estrutura física.....   | 121        |
| 6.3 Guia de operação básica de detector multigás.....                         | 123        |
| 6.4 Calibração do instrumento.....  | 125        |
| 6.5 Fatores de correção e erros comuns.....                                   | 128        |
| <b>Aula 7 – Outros equipamentos utilizados em avaliação ocupacional .....</b> | <b>135</b> |
| 7.1 Avaliação do nível de iluminamento com luxímetro.....                     | 135        |
| 7.2 Avaliação da temperatura, umidade e velocidade do ar.....                 | 138        |
| 7.3 Avaliação com termovisor.....   | 139        |
| 7.4 Vibrações.....  | 140        |
| <b>Referências.....</b>   | <b>146</b> |
| <b>Curriculum do professor-autor.....</b>                                     | <b>151</b> |

# Palavra do professor-autor

Quando estudamos a Segurança do Trabalho, podemos perceber que a prevenção é uma ação essencial para a redução dos acidentes do trabalho. Estudamos sobre os riscos ambientais e sua divisão, bem como a importância das inspeções de segurança. Mas como reconhecer e quantificar os riscos ocupacionais?

No estudo da Higiene Ocupacional, aprendemos os conhecimentos necessários para que o técnico em segurança do trabalho possa pautar suas ações tanto qualitativas como quantitativas.

Na disciplina de Instrumentação estudaremos a utilização dos equipamentos de avaliação ocupacional, ou seja, aprenderemos os aspectos básicos de como funcionam e como utilizar os principais equipamentos de avaliação quantitativa. Aprenderemos, também, a interpretar as informações fornecidas pelos relatórios emitidos por esses equipamentos.

Você poderá observar que realizaremos uma breve revisão dos conteúdos estudados até essa etapa, visando facilitar a dinâmica de entendimento das operações básicas de utilização dos referidos equipamentos.

A disciplina de Instrumentação é aquela que permitirá a você, futuro técnico em segurança do trabalho, compreender a complexa atividade de realização de amostragens de avaliação dos riscos ambientais. Lembre-se que, como disciplina complementar, é fundamental que você revise e entenda as informações apresentadas no material didático das disciplinas de Higiene Ocupacional I, II e III, pois elas serão muito importantes no decorrer dessa disciplina.

Você, a partir de agora, estará começando a aprender sobre uma das áreas fundamentais do exercício profissional e, portanto, é necessário muito empenho e dedicação. Não se esqueça de fazer as atividades propostas e desenvolver seus conhecimentos com leituras e pesquisas nos diversos sites da área.

Acreditamos no seu sucesso como prevencionista, mas reforçamos que o que diferencia um bom profissional dos outros é, sem dúvida, o conhecimento. Estaremos ao seu lado, colaborando com seu desenvolvimento.

Néverton Hofstadler Peixoto  
Leandro Silveira Ferreira



# Apresentação da disciplina

A disciplina de Instrumentação tem por objetivo apresentar ao aluno os principais equipamentos de avaliação dos riscos ocupacionais e seus aspectos básicos operacionais. Aprenderemos sobre a realização de amostragem de agentes físicos e químicos, os principais riscos presentes nos ambientes de trabalho.

Os equipamentos que apresentaremos nessa disciplina são aqueles que temos disponíveis no laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Citamos isso, para deixar claro que, em nenhum momento, estaremos fazendo apologia a essa ou aquela marca de equipamento, mas sim disponibilizando informações sobre aqueles equipamentos presentes no referido laboratório e disponíveis para as atividades de ensino.

Também, é importante ressaltar que existe variação na operação de equipamentos de diferentes fabricantes. Da mesma forma que, a operação de uma televisão de um determinado fabricante é muito diferente da de outro fabricante, os equipamentos de avaliação ocupacional possuem suas metodologias de regulagem e operação próprias. O importante é que você entenda os aspectos teóricos básicos, pois a partir disso, o restante será apenas aprender as rotinas de operação.

Antes de iniciar essa disciplina, revise os conteúdos apresentados nas disciplinas de Higiene Ocupacional I, Higiene Ocupacional II e Higiene Ocupacional III do Curso Técnico em Segurança do Trabalho do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, pois elas fornecem importantes conhecimentos que facilitarão o aprendizado dessa disciplina. Você vai perceber que, a partir de agora, os conhecimentos serão mais específicos e aprofundados, pois cada um deles será estudado com mais detalhamento.

Não atrasse estudos, realize exercícios, navegue em *sites* indicados para realizar leituras extras. Lembre-se que é necessário estudar regularmente e acompanhar as atividades propostas. Para um bom aproveitamento, serão necessárias muita disciplina, comprometimento, organização e responsabilidade. Planeje corretamente seus estudos, concentre-se nas leituras, crie estratégias

de estudo, interaja com o ambiente virtual e administre seu tempo, só assim será possível obtermos o sucesso necessário na aprendizagem.

Esperamos atender às suas expectativas e o convidamos a participar conosco na construção, desenvolvimento e aperfeiçoamento desse curso, visto que a sua participação através de perguntas, dúvidas e exemplos, com certeza contribuirá para torná-lo cada vez mais completo.

Seja bem-vindo!  
Bons estudos!

# Projeto instrucional

**Disciplina:** Instrumentação (carga horária: 60h).

**Ementa:** Conhecimentos básicos sobre equipamentos utilizados em higiene ocupacional.

| AULA   | OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM   | MATERIAIS  | CARGA HORÁRIA (horas) |
|--|---|--|-----------------------|
| 1. Avaliando o ruído ocupacional: aspectos básicos e uso de decibelímetros | Revisar algumas definições básicas sobre ruído.<br>Conhecer os tipos de som e suas características.<br>Conhecer aspectos básicos dos medidores de nível sonoro, suas aplicações e operações de ajuste.                                    | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 09                    |
| 2. Avaliando o ruído ocupacional com dosímetros de ruído                   | Conhecer os procedimentos básicos de operação de dosímetros de ruído, o ajuste de parâmetros normatizados e a interpretação dos relatórios técnicos dos equipamentos.   | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 09                    |
| 3. Instrumentação: avaliação de calor ocupacional                          | Uma breve revisão de alguns fatores que influenciam nos mecanismos de trocas térmicas.<br>Estrutura física do monitor de estresse térmico (IBUTG).<br>Instrumentação para avaliação de calor ocupacional por monitor de estresse térmico. | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 09                    |
| 4. Avaliação de particulados   | Aprender sobre equipamentos e dispositivos empregados na avaliação de particulados, bem como características e procedimentos de calibração.   | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 09                    |
| 5. Avaliação de gases e vapores  | Aprender sobre os equipamentos e dispositivos empregados na avaliação de gases e vapores, bem como características e procedimentos de calibração.   | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 09                    |
| 6. Avaliação de espaços confinados   | Aprender sobre metodologias e utilização de equipamentos multigases para avaliação de espaços confinados.   | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 08                    |
| 7. Outros equipamentos utilizados em avaliação ocupacional                 | Aprender aspectos básicos sobre a utilização de luxímetros, termovisores, analisadores de vibrações e termohigroanemômetros.  | Ambiente virtual:<br>plataforma Moodle.<br>Apostila didática.<br>Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios. | 07                    |



# Aula 1 – Avaliando o ruído ocupacional: aspectos básicos e uso de decibelímetros

## Objetivos

Revisar algumas definições básicas sobre ruído.

Conhecer os tipos de som e suas características.

Conhecer aspectos básicos dos medidores de nível sonoro, suas aplicações e operações de ajuste.

### 1.1 Considerações iniciais

O ruído é um dos mais comuns problemas de saúde ocupacional presente nos ambientes de trabalho e tem gerado a maior parte das preocupações dos profissionais da área prevencionista. Controles administrativos, técnicos e, sobretudo, dispositivos de proteção aos trabalhadores são fundamentais para reduzir ou neutralizar a exposição que, na maioria das vezes, envolve ações complexas. A partir de agora, você receberá informações básicas importantes a fim de capacitá-lo a avaliar melhor esse tipo de risco físico e, então, trabalhar no seu controle.

Ruído e vibrações são flutuações de pressão de ar (ou em outros meios de propagação). A sucessão dessas zonas comprimidas e rarefeitas no tempo constitui o movimento ondulatório. O ouvido humano percebe essas variações na pressão, em intensidade e períodos definidos pela fonte do som.

A energia sonora não se propaga livremente a partir da fonte sonora em situações industriais. Quando um som se propaga em um ambiente ocupacional, uma parte dele é refletida, outra absorvida e outra é transmitida. O estudo do comportamento do som é um aspecto importante no projeto de dispositivos que atenuem e/ou neutralizem a propagação.

Paredes duras e lisas refletem mais um som (paredes de cimento, mármore, azulejos, vidro). Um ambiente que contenha paredes com muita reflexão sonora, produzirá dificuldade para a comunicação.

A absorção é a propriedade dos materiais em não permitir que o som seja refletido por uma superfície. A absorção vai depender do tipo do material e da frequência do som (normalmente é grande para altas frequências, caindo para valores muito pequenos para baixas frequências).

A transmissão é a propagação do som de um lado para o outro de uma superfície. Quanto mais rígida e densa for a superfície, menor será a energia transmitida.

### **1.1.1 Tipos de ruído**

Para estabelecermos qual o equipamento mais indicado para a avaliação do som, devemos conhecer os tipos de sons presentes no ambiente de trabalho. De um modo geral, o ruído pode ser classificado em contínuo, intermitente e de impacto.

#### **1.1.1.1 Ruído contínuo**

É aquele cuja variação de nível de intensidade sonora varia  $\pm 3$  dB, durante um período longo de observação (maior que 15 minutos). São ruídos característicos de condicionadores de ar, motores elétricos, compressores, etc., quando funcionando isoladamente.

#### **1.1.1.2 Ruído intermitente**

São aqueles que apresentam grandes variações de nível em função do tempo. São geradores deste tipo de ruído, os trabalhos manuais, afiação de ferramentas, trânsito de veículos, conversação, equipamentos funcionando simultaneamente, etc. São os ruídos mais comuns, característicos da maioria das exposições ocupacionais.

#### **1.1.1.3 Ruído de impacto**

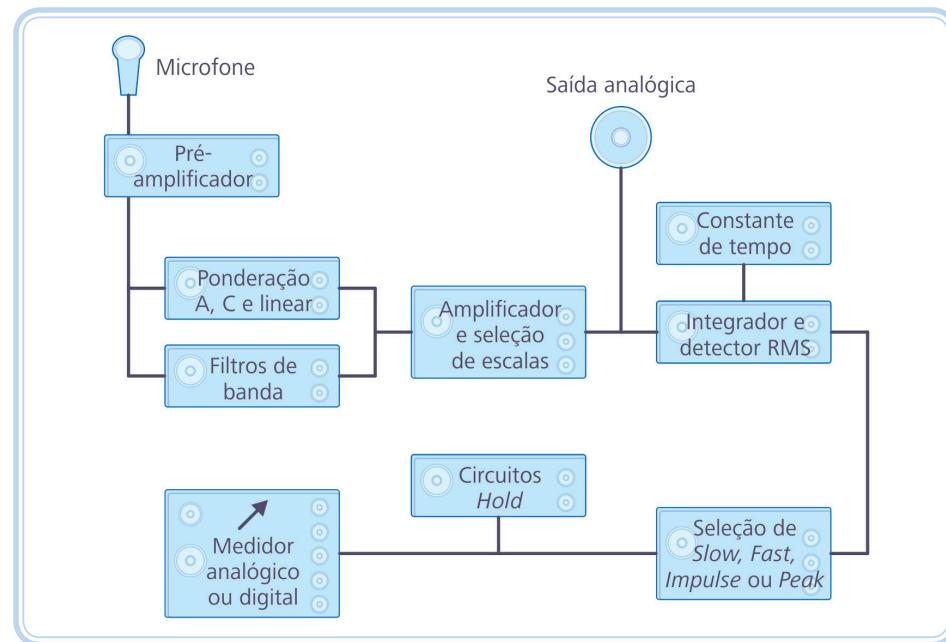
É aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

## **1.2 Equipamentos para avaliação do nível sonoro**

Os equipamentos utilizados para se medir o nível de pressão sonora são denominados medidores de nível sonoro ou sonômetros. Na prática, são conhecidos popularmente como decibelímetros (ou dosímetros de ruído para avaliações pessoais).

Vários fatores podem afetar a leitura do nível de ruído, tais como: a distância entre o medidor e a fonte do som, a direção da fonte de ruído em relação ao medidor e se a medição é feita ao ar livre (onde o ruído pode dissipar) ou dentro de um ambiente (onde o ruído pode refletir ou reverberar). Portanto, é necessário ao profissional de segurança do trabalho estar atento a essas variáveis e seguir a normalização prevista nas legislações aplicáveis.

O esquema básico dos medidores de nível sonoro está apresentado na Figura 1.1.



**Figura 1.1: Diagrama simplificado de um medidor de nível sonoro**

Fonte: CTISM

Os aparelhos de boa qualidade atendem aos padrões da IEC (*International Electrotechnical Commission*). Portanto, ao comprar ou usar um equipamento de medida de som, verifique se ele atende as seguintes normas:

- IEC 61672 (2003) – *Electroacoustics – sound level meters* (padrão para sonômetros).
- IEC 60942 (1998) – *Electroacoustics – sound calibrators* (padrão para calibradores de nível sonoro).
- IEC 61260 (1996) – *Octave and fractional octave filters* (padrão para filtros de frequência).
- IEC 61094 (2000): *Measurement microphones* (microfones).

Em função de sua precisão nas medições (tolerâncias), os medidores são classificados pela IEC em duas classes, como mostra a tabela 01 da IEC 61672 (Quadro 1.1).

| <b>Quadro 1.1: Padrões dos medidores de nível sonoro conforme a aplicação</b> |   |
|---|---|
| <b>Padrão IEC 61672</b>   | <b>Aplicação</b>                                      |
| Classe 1  | Uso em laboratório ou campo em condições controladas. |
| Classe 2  | Uso geral em campo.                                   |

Fonte: IEC 61672

A precisão do equipamento varia de acordo com a frequência do som medido. Na classe 1 os instrumentos têm uma gama mais ampla de frequências e uma incerteza menor na medida. Uma unidade da classe 2 é de menor custo, isto se aplica tanto a sonômetros quanto calibradores.

A NHO 01 especifica que os equipamentos utilizados na avaliação da exposição ocupacional devem ter classificação mínima do tipo 2 (ANSI S1.25 (1991) – *Specification for personal noise dosimeters*, ANSI S1.4 (1983) – *Specification for sound level meters* e ANSI S1.51.40 (1984) – *Specification for acoustical calibrators*). A NR 15 não especifica essa característica. Para os profissionais prevencionistas, fica implícito o uso de medidores de nível de pressão sonora e calibradores classe 2 (tipo 2), no mínimo.



Para saber mais sobre laboratórios credenciados, acesse:  
[www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)

Recomenda-se a calibração dos sonômetros e calibradores em laboratórios da Rede Brasileira de Calibração (RBC), credenciados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), a cada dois anos (NBR 10151).

## 1.3 Classificação dos medidores de nível sonoro

Basicamente existem três classificações para os medidores de nível de pressão sonora que consideram se os equipamentos integram ou não os valores da medição (calculam um valor equivalente médio) e se são portados pelo avaliador ou pelo usuário.

### 1.3.1 Medidor de nível sonoro não integrador (*not integrating sound level meter*)

Apresentam normalmente a resposta: lenta (*slow*) e a rápida (*fast*), e as curvas de ponderação “A” e “C”. Não calculam o nível equivalente, medem simplesmente o nível de ruído em dado momento e são utilizados apenas para determinar se mais avaliações serão necessárias. Suficiente só para avaliações com níveis de ruído contínuo. É um medidor de nível sonoro simples e mede

o ruído de forma pontual, sem levar em consideração o tempo efetivo de exposição à fonte. São os de menor custo.

### **1.3.2 Medidor integrador de nível de som (integrating averaging sound level meter)**

Medidor de nível de som que acumula a energia total do som ao longo de um período de medição e calcula uma média (nível equivalente). São equipamentos mais completos e indicados para avaliação do ruído ocupacional. São também conhecidos como medidor integrador portado pelo avaliador. Podem executar também a análise por bandas de frequência (quando incluído).

### **1.3.3 Medidor integrador de nível de som de uso pessoal (personal integrating averaging sound level meter)**

São conhecidos como dosímetros de ruído. São os mais adequados para a avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído. Os dosímetros são integradores de uso pessoal (portados pelo trabalhador), que acumulam os níveis sonoros e o tempo ao longo da jornada e fornecem a dose (%) acumulada durante o tempo em que o equipamento se encontra em funcionamento. Como os níveis de pressão sonora ocupacional têm característica muito variável, a realização da avaliação de ruído com a utilização do dosímetro é a mais indicada.

Os dosímetros fornecem o valor total da exposição, expressado em termos de dose (%) ou ainda o nível equivalente em dB (LEQ, LAVG, TWA, TWA8h, dose projetada), dependendo do equipamento. Um dosímetro de ruído, além da integração dos níveis ao longo do tempo, também permite avaliar os níveis sonoros instantâneos.

Recomenda-se a calibração dos dosímetros, em laboratórios certificados, a cada dois anos (NBR 10151).

Por ocasião da compra do equipamento, o profissional da segurança deve observar se este atende as normalizações e qual a finalidade ao qual se destina o equipamento:

- Se o objetivo for um mapeamento geral, e não uma análise mais rigorosa do perfil do ruído, podemos optar por:
  - a) No mínimo a existência de 2 curvas de ponderação – os circuitos de equalização devem fornecer ao usuário a opção de escolha para as curvas A ou C.

- b)** No mínimo, 2 constantes de tempo: lenta (*slow*) ou rápida (*fast*).
    - c)** Faixa de medida de 30 a 140 dB.
    - d)** Calibrador acústico.
  - Se o objetivo for a busca de soluções (isolamento e/ou absorção sonoras), ou para avaliar atenuação de protetores auriculares, ou ainda, avaliar o ruído para fins de conforto e incômodo, devemos optar por equipamentos de medição que indiquem, além do nível médio equivalente, que tenham, também, a capacidade de medir e registrar os níveis equivalentes de ruído por banda de uma oitava (ou um terço de oitava) e que apresentem os valores estatísticos LX%.
  - Se o objetivo for avaliar ruído de impacto com mais precisão, acrescentar ainda as respostas ***impulse*** e ***peak***.
  - Se o objetivo for a avaliação da exposição do trabalhador ao ruído ocupacional, são mais indicados os **dosímetros de ruído**. Além de permitir o ajuste dos parâmetros normatizados (incremento de dose, nível de critério, limiar de integração, curva de compensação, resposta, limite superior), alguns dosímetros permitem a avaliação do ruído simultaneamente pela NR 15 e NHO 01, fornecendo informações sobre a dose de ruído (nível equivalente) em função do período de medição ou por projeção para a jornada de trabalho.

## 1.4 Tempo de resposta para os sonômetros

Determina a rapidez com que o sonômetro acompanha as variações dos níveis sonoros, ou seja, como o ruído pode ter variações rápidas. Foram criados os “tempos de resposta”, que traduzem o modo como o equipamento acompanha as flutuações do som medido. Quanto menor for o tempo de resposta, maior a velocidade de detecção, ou seja, permite obter os valores mais elevados do ruído.

O Quadro 1.2 apresenta os tempos de respostas dos equipamentos em função dos circuitos de resposta e sua aplicação principal.

**Quadro 1.2: Tempo de resposta para sonômetros**

| Resposta      | Período            | Observações  |
|---------------|--------------------|--|
| Slow (lento)  | 1 segundo          | Para situações de grande flutuação no ruído, expressa valores que tendem para a média. |
| Fast (rápido) | 125 milisegundos   | Para determinar valores extremos de ruídos intermitentes.                              |
| Impacto       | 35 milisegundos    | Para ruído de impacto em virtude da maior velocidade de detecção.                      |
| Pico          | < 50 microsegundos | Para pico absoluto do som.   |

Fonte: <http://www.noisemeters.com/help/faq/time-weighting.asp>

Na avaliação do ruído contínuo ou intermitente a resposta padrão, segundo a NR 15 e a NHO 01 é a **slow** (lenta).



## 1.5 Curvas de compensação (circuitos de compensação, curvas de ponderação)

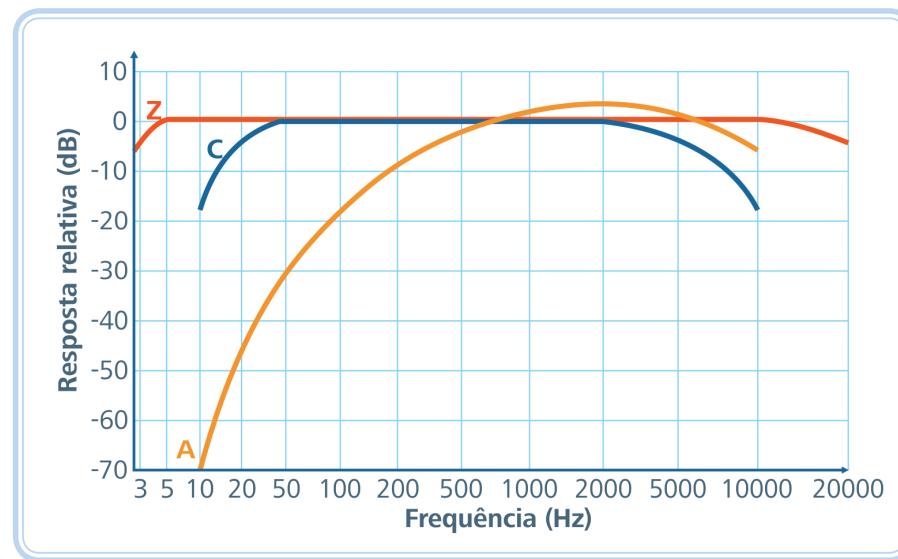
Os instrumentos de medição do ruído são ajustados para apresentar uma resposta linear, ou seja, apresentam o mesmo número de decibels para sons de igual amplitude de pressão sonora, não importando a frequência do som. Mas o ouvido humano tem sensibilidade diferente para frequências diferentes. Isso se deve às limitações do sistema auditivo, que impede a audição de sons muito graves e/ou muito agudos.

Baseado em estudos científicos, foram desenvolvidas curvas padronizadas internacionalmente, que procuram corrigir as leituras dos instrumentos de medição, simulando, o mais real possível, o comportamento da audição humana. Os níveis de pressão sonora são, então, alterados e compensados para cada faixa de frequências, através de filtros incluídos nos equipamentos de medição.

Das curvas apresentadas, aquela que mais se aproxima à resposta humana é a curva A, sendo a curva padrão para a avaliação do ruído contínuo e intermitente. Os valores de medição devem ser, portanto, indicados como dB(A).

Na avaliação do ruído contínuo ou intermitente a curva padrão, segundo a NR 15 e a NHO 01 é a 'A'.



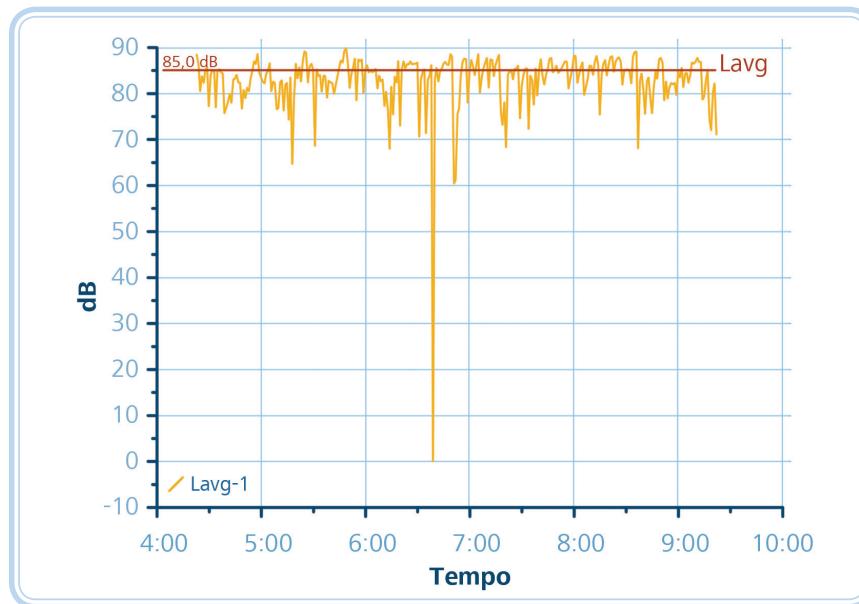


**Figura 1.2 : Curvas de compensação**

Fonte: CTISM

## 1.6 Nível equivalente de ruído

O ruído ocupacional é um conjunto de sons complexos e variáveis ao longo do tempo. O nível equivalente pode ser definido como um nível de pressão sonora constante, que tem a mesma energia acústica de um ruído que varia no tempo (esse ruído equivalente constante produziria o mesmo efeito sobre o ouvido humano que o ruído variável apresentado). O valor equivalente (médio) é aquele utilizado para fins de comparação com os limites de tolerância legalmente estabelecidos para o ruído.



**Figura 1.3: Ruído variável ao longo do tempo e seu respectivo nível equivalente**

Fonte: CTISM, adaptado de relatório SoundPro 3M

### **1.6.1 Nível equivalente (level equivalent – Leq)**

O Leq é um valor único que contém a mesma energia de som, com o som variando no tempo, ou seja, é o valor único que representaria o mesmo dano auditivo produzido por um som variável ao longo de determinado período. O termo Leq tem o mesmo significado que Lavg, só que o Leq é assim apresentado quando utilizado o fator duplicativo de dose igual a 3 dB.

### **1.6.2 Nível médio (level average – Lavg)**

O Lavg é um valor único que contém a mesma energia de som, com o som variando no tempo, ou seja, é o valor único que representaria o mesmo dano auditivo produzido por um som variável ao longo de determinado período. O termo Lavg tem o mesmo significado que Leq, só que o Lavg é assim apresentado quando utilizado o fator duplicativo de dose igual a 5 dB.

### **1.6.3 Média ponderada no tempo (Time Weighted Average – TWA)**

Representa um nível de ruído constante equivalente a energia sonora do ruído avaliado, sempre para um período de oito horas. Se você avaliar um ruído por duas horas, o TWA executará a média do ruído de oito horas, ou seja, as duas horas medidas e as outras seis como sendo iguais a zero (exposição zero).

### **1.6.4 Média ponderada no tempo projetada (Projected Time Weighted Average – PTWA)**

Representa um nível de ruído constante, equivalente a energia sonora do ruído avaliado para um período projetado (geralmente de oito horas). Se você avaliar um ruído por duas horas, o PTWA8h executará a média do ruído de oito horas projetando como se o valor medido das duas horas se repetisse ao longo das oito horas.

Em uma avaliação, utilizando-se incremento de dose igual a 5 dB(A) o TWA8h = Lavg.

Em uma avaliação utilizando-se incremento de dose igual a 3 dB(A) o TWA8h = Leq.

## **1.7 Níveis estatísticos de ruído (LN)**

Quando da avaliação de uma exposição, os níveis de ruído frequentemente flutuam ao longo do tempo, por isso, encontraremos os níveis estatísticos de ruído, que são os níveis sonoros ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição, ou ainda, um nível equivalente dessa exposição.

Assim, se o equipamento de avaliação fornecer um comportamento estatístico do ruído, pode apresentar os denominados níveis LN.

### Exemplos

$L_{10}$  = nível excedido durante 10 % do tempo de medição.

$L_{90}$  = nível excedido durante 90 % do tempo de medição.

O nível estatístico  $L_{90}$ , normalmente é aceito como sendo um ruído de fundo, pois ele indica o nível de ruído que foi ultrapassado durante quase todo o tempo de medição.

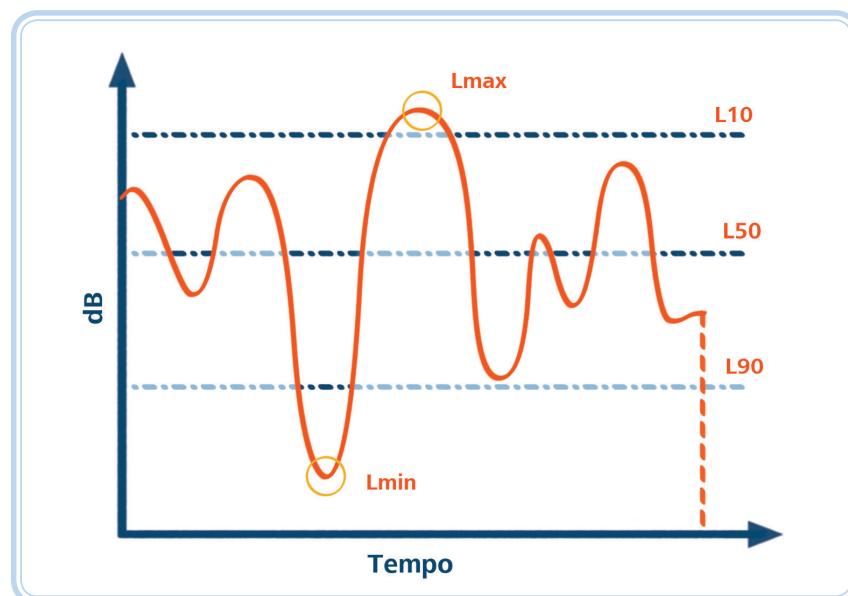
Observe que sempre  $L_{10} > L_{50} > L_{90}$ .

Outros níveis podem vir indicados, dentre os principais citamos:

- $L_{max}$  = nível mais intenso da amostra de som.
- $L_{min}$  = nível menos intenso da amostra de som.
- $L_{eq}$  (ou  $L_{avg}$ ) = nível sonoro tempo médio (ou nível de som equivalente) durante o período de medição.

  
A letra "L" é empregada como nomenclatura nos equipamentos  
pois é derivada, do inglês, da  
palavra "**level**", que quer dizer  
**nível** em português.

O  $L_{eq}$  ( $L_{avg}$ ) é a representação  
em  $dB(A)$  da energia acústica  
média, não a média dos níveis  
sonoros em  $dB(A)$  ( $L_{50}$ ).



**Figura 1.4: Níveis de ruído**

Fonte: CTISM

## 1.8 Dose de ruído

Representa a quantidade da exposição ao ruído, em percentual, que o trabalhador foi exposto em função do nível sonoro e do tempo. A dose é o valor em % de um nível equivalente em dB. Uma dose de 100 % corresponde ao valor máximo que um trabalhador pode ficar exposto, ao qual se acredita que não produzirá danos auditivos. A dose é calculada em função do nível de critério e do incremento de dose.

A dose de ruído é calculada através da expressão:

$$\text{Dose} = \sum \frac{C_n}{T_n} < 1,0$$

Onde: Dose – dose de ruído da exposição em decimais (para transformar em % basta multiplicar por 100)

$C_n$  – tempo de exposição a determinado nível de pressão sonora

$T_n$  – tempo máximo de exposição a esse mesmo nível de pressão sonora, normalizado segundo a NR15 ou NHO 01

## 1.9 Nível de critério (*Criterion Level – CL*)

É a exposição máxima permitida para a exposição ao ruído para a jornada de oito horas diárias. É o valor que resulta em 100 % de dose.

O nível de critério estabelecido pela NR 15 e NHO 01 é de 85 dB(A) para uma exposição de oito horas.



## 1.10 Fator duplicativo de dose ou incremento de dose (*Exchange Rate – ER*)

Você pode reparar que nos itens anteriores citamos várias vezes a NR 15 e a NHO 01. Isso porque, estas normas, no estabelecimento dos limites de tolerância, usam diferentes fatores duplicativos de dose. Este valor, conhecido também como incremento de duplicação de dose ( $q$ ), é o valor que, quando acrescido a um determinado nível de ruído, mantido o tempo de exposição, implica na duplicação da dose de exposição ou a redução pela metade do tempo máximo permitido.



O fator duplicativo de dose pela NR 15 é de 5 dB(A) e para a NHO 01 é de 3 dB(A).

## 1.11 Limiar de integração (*Threshold Level – TL (TH)*)

Para obtermos o nível contínuo equivalente da exposição de um trabalhador ao ruído (dosimetria de ruído), é necessário, por normalização, definir um valor para o qual todos os sons, que se situem abaixo do nível normatizado, não sejam considerados, quando da integração para obtenção dos valores médios (Leq, Lavg, TWA e Dose). Também é conhecido como “***cut off***”.



O valor normatizado é de 80 dB(A), ou seja, na realização de uma dosimetria de ruído nenhum valor abaixo de 80 dB(A) entrará no cálculo.

O limiar de integração é utilizado quando da avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído. Para avaliações cujo objetivo é o levantamento do perfil do ruído de determinado ambiente não é necessário a aplicação do limiar (decibelímetros).

## 1.12 Limite de tolerância

Como visto na disciplina de Higiene Ocupacional I, representa o nível equivalente de ruído máximo, ao qual **se acredita**, que não produzirá dano à saúde do trabalhador, durante toda sua vida laboral.



Revise esses conteúdos  
relendo: PEIXOTO, et al.  
Higiene Ocupacional II.

Santa Maria: UFSM, CTISM;  
Rede e-Tec Brasil, 2013.

O limite de tolerância ao ruído está relacionado ao tempo de exposição, ou seja, ao se aumentar o tempo de exposição necessariamente se reduzirá o valor do nível de pressão sonora permitido.

No Brasil, o limite de tolerância estabelecido para oito horas de trabalho diárias é de 85 dB(A), correspondendo a uma dose de 100 %.

Quando estudarmos a avaliação do ruído, veremos os demais valores estabelecidos para a exposição segundo a NR 15 e a NHO 01.



Os profissionais prevencionistas trabalham com o limite baseado no nível de ação, ou seja, 80 dB(A).

## 1.13 Outras nomenclaturas

Na utilização dos sonômetros, podem aparecer nomenclaturas (ícones, abreviações) no *display* do equipamento, que irão indicar alguma atenção na operação do equipamento.

### 1.13.1 Abaixo da escala (*Under Range* – UR)

O som medido é muito baixo para a faixa de medição (escala) atual. Altere a escala de medição. Pode também aparecer a indicação UR%, ou seja, qual o percentual das medidas que ficaram abaixo da escala de medição.

### 1.13.2 Nível máximo (*Upper Limit* – UL)

É o valor acima do qual não é permitida a exposição para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Para a legislação brasileira esse valor corresponde a 115 dB(A). Alguns equipamentos apresentam um ícone semelhante a um protetor auricular tipo concha quando ultrapassado o limite máximo. Outros ainda apresentam o percentual das medições que ultrapassaram o nível máximo.

### 1.13.3 Sobrecarga (*Overload* – OL)

O som medido extrapola a escala de medição escolhida. Troque a escala (faixa de medição).

## 1.14 Calibradores

Têm a finalidade de conferir a resposta dos equipamentos de avaliação do nível de pressão sonora. Os calibradores emitem um sinal conhecido (normalmente 94 ou 114 dB a 1000 Hz), com o qual se verifica a leitura do equipamento.

A calibração dos equipamentos de medição deve ser realizada antes das avaliações, com base nas instruções e nos parâmetros especificados (NHO 01).

Recomenda-se a calibração anual dos calibradores em laboratórios certificados.

## 1.15 Recomendações na avaliação de ruído com “decibelímetros”

Se a avaliação tiver como objetivo determinar o risco de dano auditivo, devem ser levadas em consideração algumas recomendações práticas para assegurar a boa qualidade das informações recolhidas:

- Utilizar um medidor de nível de pressão sonora, no mínimo, classe 2 (tipo 2).

- b)** Posicionar-se de modo a evitar interferências com a medição (o avaliador não pode se tornar uma barreira na propagação do som). Diferenças importantes podem, também, ser geradas se o equipamento for colocado excessivamente próximo ao corpo do operador.
- c)** O microfone deve ficar próximo da zona auditiva dos expostos, mas não imediatamente do lado. Se possível, o exposto deve ser retirado da área por alguns instantes e, nesse caso, a medição deve ser feita à altura da cabeça, no mesmo local da zona auditiva. Se não for possível retirar o pessoal exposto, deve-se prestar atenção para não deixar o microfone na zona de “sombra sonora” provocada pelo corpo, isto é, para não colocá-lo após as ondas sonoras sofrerem alteração.
- d)** O microfone do aparelho deve ser orientado de maneira a captar o maior nível sonoro existente.
- e)** Não devem ser levadas em consideração medições não significativas de barulhos. Por exemplo, o barulho de um avião passando pelo local não deve ser registrado, a menos que aconteça frequentemente e represente valores importantes em relação com que está sendo medido.
- f)** Em cada ponto de medição, deve-se permanecer o tempo suficiente para assegurar que todas as variações do ruído sejam devidamente registradas, cobrindo ciclos completos de trabalho. Deve-se ter presente que, quando se utiliza equipamento simples de medição (o que é mais comum), quanto menor for o número de medições, maior será a probabilidade de se cometer erros na interpretação e real avaliação, especialmente quando os ruídos forem intermitentes.
- g)** Situações especiais podem surgir quando as medições são feitas perto de campos eletromagnéticos, que podem alterar a indicação dos aparelhos. É o caso de medições nas cercanias de fornos elétricos de fusão, máquinas de solda elétrica e assemelhados. O efeito pode ser detectado através da observação cuidadosa dos valores registrados pelo equipamento (resultados absurdos) e pode ser minimizado reorientando-se o aparelho para desfazer a interferência eletromagnética.
- h)** Erros importantes podem ser cometidos se as leituras forem feitas quando o microfone estiver exposto às correntes de ar, como as provocadas por ventiladores, movimento rápido de objetos ou vento. Para evitá-los,

deve-se utilizar um anteparo, acessório geralmente fornecido pelos fabricantes e que é composto de uma “espuma plástica” em forma de bola, especialmente adaptada para ser colocada no microfone.



**Figura 1.5: Avaliando o ruído com decibelímetro**

Fonte: CTISM

## 1.16 Avaliando o ruído com sonômetro não integrador

O primeiro passo é calibrar o equipamento. Para tanto, o calibrador deve ser inserido ao microfone e o ajuste do valor do nível sonoro, normalmente, é feito através da ação manual sobre o parafuso de ajuste do equipamento. A Figura 1.6, a seguir, apresenta a sequência de calibração para este tipo de sonômetro.



**Figura 1.6: Calibração do sonômetro não integrador**

Fonte: CTISM

Na sequência, é necessário apenas posicionar adequadamente o equipamento (veja instruções para avaliação do ruído com decibelímetros) e registrar as leituras encontradas.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria, portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

## 1.17 Avaliando o ruído com sonômetro integrador

O sonômetro integrador vai nos fornecer o valor do nível equivalente. Podemos realizar a medição em determinado tempo e analisar a exposição equivalente ao período. Permite uma avaliação mais precisa em função do aspecto muito variável do ruído ocupacional.

O primeiro passo é calibrar o equipamento. Para tanto o calibrador deve ser inserido ao microfone e o ajuste do valor do nível sonoro pode ser realizado mecanicamente através do ajuste por parafuso ou eletronicamente direto por

alteração nas teclas do equipamento. A foto, a seguir, apresenta a sequência de calibração para este tipo de sonômetro.



**Figura 1.7: Calibração do sonômetro integrador. Observe que o ajuste é feito eletronicamente sobre as teclas do equipamento**

Fonte: CTISM

Lembre-se que cada fabricante aplica metodologias de ajuste próprias. O que você deve saber são os aspectos teórico/práticos da avaliação e ajuste e, a partir do manual do equipamento, estudar como fazer os ajustes para proceder a avaliação.

Na sequência, é necessário apenas posicionar adequadamente o equipamento (veja instruções para avaliação do ruído com decibelímetros) e registrar as leituras encontradas.

Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.





Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando:

<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 1.8: Avaliação do ruído com sonômetro integrador**

Fonte: CTISM

### 1.17.1 Relatório das informações da avaliação

Cada equipamento fornece uma série de informações relevantes durante a execução da avaliação do ruído, normalmente via software. De nada adianta você ter disponível um equipamento de qualidade superior, se não fizer uso dessas informações.

Apresentamos, a seguir, o relatório do sonômetro integrador SoundPro 3M. Podemos observar que são várias as informações disponíveis. Para simplificação, apresentaremos apenas o relatório do medidor 01 com alguns parâmetros avaliados (o equipamento permite fazer duas medições simultâneas, ajustando parâmetros diferentes) e o gráfico da variação do Lavg ao longo da medição.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

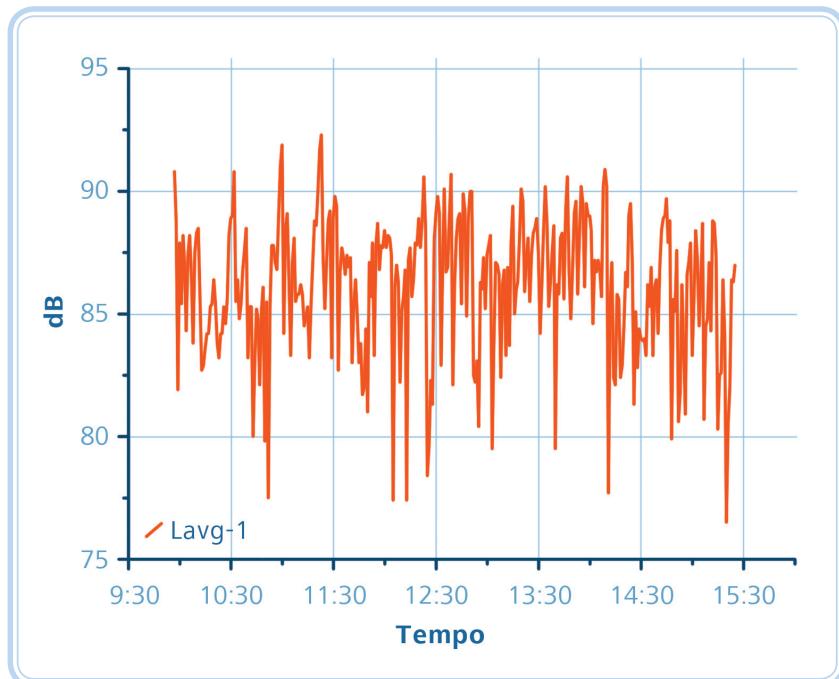
**Quadro 1.3: Extrato do relatório de medições do equipamento SoundPro 3M, extraído de 3M™ Detection Management Software**

| Descrição                   | Medidor/ sensor | Valor                  | Significado  |
|-----------------------------|-----------------|------------------------|--|
| Ponderação                  | 1               | A                      | Curva de compensação segundo a NR 15.  |
| Resposta                    | 1               | SLOW                   | Resposta segundo a NR 15.  |
| Taxa de troca               | 1               | 5 dB                   | Incremento de dose segundo a NR 15.  |
| Dose                        | 1               | 85,9 %                 | Dose para o tempo de medição.  |
| Dose8                       | 1               | 125 %                  | Dose projetada para 8 horas (corresponde 86,6 dB(A)).  |
| L50                         | 1               | 86,3 dB                | 50 % das medidas ficaram acima ou igual a 86,3 dB(A).  |
| L90                         | 1               | 78,9 dB                | 90 % das medidas ficaram acima ou igual a 78,9 dB(A).  |
| Lavg                        | 1               | 86,6 dB                | Nível médio equivalente em dB(A).  |
| Lmax                        | 1               | 95,5 dB                | Nível sonoro máximo em dB(A).  |
| Lmin                        | 1               | 48,8 dB                | Nível sonoro mínimo em dB(A).  |
| Lpk                         | 1               | 110,6 dB               | Nível de pico.   |
| Mntime                      | 1               | 15/01/2014<br>12:03:58 | Data/hora/minuto/segundo da ocorrência do nível sonoro mínimo.   |
| Mxtime                      | 1               | 15/01/2014<br>11:22:52 | Data/hora/minuto/segundo da ocorrência do nível sonoro máximo.   |
| OL%                         | 1               | 0 %                    | Nenhum das medições (0 %) ultrapassou o valor máximo da escala escolhida.  |
| Pdose (8:00)                | 1               | 125 %                  | Dose projetada para 8 horas (corresponde a 86,6 dB(A)).  |
| PKtime                      | 1               | 15/01/2014<br>10:27:44 | Data/hora/minuto/segundo da ocorrência do nível de pico.   |
| Projected TWA (8:00)        | 1               | 86,6 dB                | TWA projetada para 8 horas (igual a Lavg).   |
| Rtime                       | 1               | 05:29:46               | Tempo de medição.  |
| TWA                         | 1               | 83,9 dB                | TWA para 8 horas considerando exposição igual a zero a partir de 05:29:45 ( <i>run time</i> ). Corresponde a dose de 85,9 %. |
| UR%                         | 1               | 0 %                    | Nenhuma das medições (0 %) ficou abaixo da escala escolhida.   |
| Período de critério         | 1               | 8 hrs.                 | Período de critério segundo a NR 15.   |
| Limite de integração        | 1               | 80 dB                  | Limite de integração.  |
| Ativar limite de integração | 1               | False                  | Limite de integração desativado.   |
| ULL                         |                 | 115 dB                 | Nível sonoro máximo previsto na NR 15.   |
| Limite de exposição         |                 | 85 dB                  | Nível de critério estabelecido pela NR 15.   |

Fonte: Autores, adaptado de relatório SoundPro 3M

Não esqueça de fazer a calibração do equipamento antes da avaliação.





**Figura 1.9: Variação do Lavg ao longo da medição**

Fonte: CTISM, adaptado de Relatório SoundPro 3M extraído de 3M™ Detection Management Software



**Figura 1.10: Histórico de calibração**

Fonte: Relatório SoundPro 3M extraído de 3M™ Detection Management Software

## 1.17.2 Avaliando o ruído com sonômetro integrador com avaliação por bandas de oitavas e terço de oitavas



Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando:

<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>

Para fins práticos, mais precisão na análise do comportamento do ruído e devido ao fato que o ouvido humano considera semelhante (igual sensação auditiva) sons numa determinada faixa de frequência, estas faixas foram divididas nas denominadas “bandas de oitavas”. Assim, a energia acústica é agrupada para dentro da banda de oitava que é representada pelo seu valor central (exemplo: a banda de oitava de 500 Hz representa uma faixa de frequências que variam de 354 a 708 Hz).

Quando as bandas de oitavas não são suficientemente adequadas para análise, existem ainda as bandas de 1/3 de oitava, onde as bandas de oitava são divididas em 3 frequências permitindo uma descrição mais detalhada do conteúdo de frequência do ruído.

As frequências centrais para as bandas de oitava geralmente são: 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz e 16 kHz.

As frequências centrais para as bandas de 1/3 de oitava geralmente são: 25, 31.5, 40 Hz – 50, 63, 80 Hz – 100, 125, 160 Hz – 200, 250, 315 Hz – 400, 500, 630 Hz – 800, 1000, 1250 Hz – 1600, 2000, 2500 Hz – 3150, 4000, 5000 Hz – 6300, 8000, 10000 Hz.

A análise por bandas de freqüência é muito importante quando da elaboração de projetos de medidas de controle de ruído em máquinas (seleção de isolamento acústico ou amortecedores de vibrações). As bandas de oitava são utilizadas nas avaliações de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes (NBR 10152), referidos na NR 17.

Na Figura 1.11 apresentamos um sonômetro integrador realizando a avaliação do ruído em bandas de oitava. Lembre-se que, sempre o primeiro passo será calibrar o equipamento.



**Figura 1.11: Avaliando o ruído em bandas de oitava (1/1)**

Fonte: CTISM

Os relatórios da avaliação apresentarão os níveis equivalentes por cada frequência de banda.



Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 1.12: Avaliando o ruído em bandas de terço de oitavas (1/3)**

Fonte: CTISM

Os relatórios da avaliação apresentarão os níveis equivalentes por cada frequência de banda.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

## Resumo

Nessa aula, além de revisar alguns conteúdos, podemos conhecer um pouco mais sobre os equipamentos utilizados na avaliação do ruído ocupacional, as curvas de ponderação, os tempos de resposta, os tipos e os cuidados necessários que se devem considerar quando da realização das avaliações. Conhecemos, também, os parâmetros de ajuste e as informações disponibilizadas pelo equipamento.

## Atividades de aprendizagem



A seguir, apresentamos uma série de exercícios para a fixação dos conteúdos apresentados. Tente resolvê-los:

**1.** O TST necessita avaliar um ambiente onde está presente ruído intermitente com decibelímetro, para tanto, precisa ajustar o tempo de resposta e curva de ponderação. Estes ajustes são, respectivamente:

**a)** Slow; A.

**b)** A; slow.

**c)** A; fast.

**d)** Fast; A.

**e)** Fast; C.

**2.** Quando no sonômetro aparecer  $UR\% = 0\%$  isto significa:

**a)** O ruído é máximo.

**b)** O ruído é mínimo.

**c)** Não houve *overload*.

**d)** Nenhuma das medições ficou abaixo do limite inferior da escala escolhida.

**e)** Nenhuma das medições ficou acima do limite inferior da escala escolhida.

**3.** Analise as afirmativas relativo a avaliação do ruído com incremento de dose igual a 5 dB(A).

I - Para uma determinada avaliação o  $L_{avg} = TWA8h$ .

II - A  $Dose8$  corresponde em % ao valor em dB(A) do  $L_{avg}$  e do  $TWA8h$ .

III - O  $L_{pk}$  corresponde ao valor de pico máximo do som avaliado.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e III somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.
- 4.** Um medidor de nível sonoro apareceu no relatório de avaliação OL% = 0 %. Isto significa que:
- a)** Nenhuma das medições ficou abaixo do limite superior da escala escolhida.
- b)** Nenhuma das medições ficou acima do limite superior da escala escolhida.
- c)** Houve *overload*.
- d)** Nenhuma das medições ficou abaixo do limite inferior da escala escolhida.
- e)** Nenhuma das medições ficou acima do limite inferior da escala escolhida.
- 5.** Para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído (dosimetria de ruído) é necessário utilizar (mais adequado e preciso):
- a)** Medidor integrador portado pelo trabalhador.
- b)** Medidor de nível sonoro não integrador.
- c)** Qualquer medidor integrador de nível de som.
- d)** Todo e qualquer medidor de nível sonoro.
- e)** Medidor de leitura instantânea apenas.
- 6.** O sonômetro que realiza, além da avaliação pontual do nível sonoro, também o nível médio equivalente, e é o mais indicado para avaliações gerais do nível sonoro ambiental, denomina-se:

- a)** Medidor integrador portado pelo trabalhador.
  - b)** Medidor de nível sonoro não integrador.
  - c)** Medidor integrador de nível sonoro.
  - d)** Todo e qualquer medidor de nível sonoro.
  - e)** Dosímetro de ruído.
- 7.** Verifica se os sonômetros estão respondendo corretamente a um sinal sonoro conhecido:
- a)** Calibrador.
  - b)** Filtro de frequências.
  - c)** Amplificador.
  - d)** Integrador.
  - e)** Circuito de compensação.
- 8.** Especificação mínima para sonômetros de uso geral em campo (avaliação do ruído em ambientes ocupacionais):
- a)** Classe 0.
  - b)** Classe 1.
  - c)** Classe 2.
  - d)** Tipo 1.
  - e)** Tipo 0.
- 9.** Dadas as afirmativas quanto à avaliação do ruído com sonômetro (decibelímetro):

I - O microfone deve ser orientado de maneira a captar o maior nível sonoro.

II - Quanto maior o número de medições, maior será a precisão da avaliação da exposição, desde que o conjunto das medições seja representativo da exposição.

III - Correntes de ar produzidas por ventiladores não interferem nas leituras de um sonômetro.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e II somente.
- d)** I e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

# Aula 2 – Avaliando o ruído ocupacional com dosímetros de ruído

## Objetivos

Conhecer os procedimentos básicos de operação de dosímetros de ruído, o ajuste de parâmetros normatizados e a interpretação dos relatórios técnicos dos equipamentos.

### 2.1 Considerações iniciais

A avaliação do ruído ocupacional com dosímetros de ruído é a mais indicada para obter uma amostra mais representativa da exposição do trabalhador, visto que o equipamento, afixado ao trabalhador, o acompanha durante a execução das atividades permitindo que a avaliação considere as mais diversas variações da exposição, seja por deslocamentos, variação na atividade, flutuações no ruído, desligamento de máquinas, etc. Evidentemente caberá ao profissional de segurança dimensionar a avaliação, principalmente nos aspectos relacionados ao número e tempo de amostragens.



Antes de você prosseguir os estudos revise os conteúdos fazendo uma releitura de PEIXOTO, et al. Higiene Ocupacional II. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.

### 2.2 Parâmetros para dosímetros integradores de ruído

No uso de equipamentos que possuem circuitos integradores de ruído que expressam a dose acumulada durante a jornada de trabalho é fundamental o ajuste dos parâmetros de avaliação, ou seja, o nível limiar de integração (*Threshold Level* – TH ou TL), o critério de referência (*Criterion Level* – CL), o incremento de duplicação de dose (*Exchange Rate* – ER) e o limite superior (*Upper Limit* – UL), além da curva de compensação A e a resposta lenta (**slow**). A realização de uma avaliação **sem** o ajuste desses parâmetros não terá validade, pois constituem as informações necessárias para que os equipamentos calculem os níveis equivalentes e a dose.

O Quadro 2.1 apresenta um comparativo entre os parâmetros estabelecidos pela NR 15 (+ IN 45/2010) e a NHO 01.

**Quadro 2.1: Parâmetros de ajuste em dosímetros de ruído**

| Parâmetro   | NR 15                 | NHO 01                |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Nível limiar de integração ( <i>Threshold Level</i> – TH)     | 80                    | 80                    |
| Critério de referência ( <i>Criterion Level</i> – CL)         | 85                    | 85                    |
| Incremento de duplicação de dose ( <i>Exchange Rate</i> – ER) | 5                     | 3                     |
| Limite superior ( <i>Upper Limit</i> – UL)                    | 115                   | 115                   |
| Curva de compensação  | A                     | A                     |
| Resposta  | lenta ( <i>slow</i> ) | lenta ( <i>slow</i> ) |

Fonte: Autores



São esses os parâmetros que temos de ajustar nos dosímetros antes de realizar as avaliações. Leia atentamente o manual de instruções do equipamento (as ajustagens variam de acordo com os fabricantes) e realize a operação. Uma vez definidos os parâmetros, os equipamentos ficam configurados e não serão mais necessários ajustes.



Como os equipamentos calculam a dose em função desses parâmetros o ajuste incorreto, principalmente do nível de critério, do incremento de dose, da curva de ponderação e da resposta, inutiliza a avaliação.

Você pode verificar que os critérios da **NR 15** e da Norma da Fundacentro **NHO 01** são divergentes. Alguns dosímetros permitem realizar, simultaneamente, avaliações segundo as duas normas.

## 2.3 Medidor integrador portado pelo trabalhador (dosímetro de ruído)

Recomendações na avaliação de ruído com medidor integrador portado pelo trabalhador (dosímetro):

- a)** Realizar uma verificação prévia das rotinas de trabalho para assegurar a representatividade da avaliação.
- b)** Ajustar os parâmetros legais (configurações) e calibrar o equipamento.
- c)** Informe ao trabalhador que será monitorado e que o dosímetro não deve interferir com suas atividades normais.
- d)** Explicar o propósito do dosímetro a cada trabalhador e enfatizar que o dosímetro não é um dispositivo de gravação de voz.
- e)** Instrua o trabalhador para não remover o dosímetro ao menos que seja absolutamente necessário e, também, para não cobrir o microfone com um casaco ou vestuário ou, ainda, movê-lo de sua posição de instalação. Informar o empregado quando e onde o dosímetro será removido.



Recomendações para avaliação com dosímetro de ruído:  
[http://www.osha.gov/dts/oshaotm/noise/exposure/workshift\\_protocol.html](http://www.osha.gov/dts/oshaotm/noise/exposure/workshift_protocol.html)

- f)** Adotar medidas necessárias para impedir que o usuário, ou outra pessoa, possa fazer alterações na programação do equipamento, comprometendo os resultados obtidos.
- g)** O microfone deve estar localizado em zona auditiva do trabalhador. A OSHA define a zona de audição como uma esfera com um diâmetro de dois metros em torno da cabeça. Prenda o microfone à roupa do trabalhador de acordo com as instruções do fabricante. A maioria dos fabricantes recomendam que o microfone venha a ser colocado no meio da parte superior do ombro, no lado onde houver o nível mais elevado de ruído com uma inclinação de aproximadamente 70 graus.
- h)** Use a espuma protetora do microfone quando a avaliação for ao ar livre ou em áreas com pó ou sujidade. (A espuma não irá proteger o microfone da chuva ou umidade excessiva).
- i)** Posicionar e fixar qualquer cabo de microfone em excesso para evitar que se prenda em obstáculos ou atrapalhe o trabalhador. Se for viável, o cabo deve ser colocado sob a camisa ou casaco. Já estão disponíveis no mercado, dosímetros com microfone sem cabo de extensão, acoplados diretamente ao aparelho.
- j)** Verifique o dosímetro periodicamente para garantir que o microfone está devidamente orientado.
- k)** O número de leituras (ou avaliações) deve ser suficiente para identificar e caracterizar os ciclos de trabalho. Por razões estatísticas, mais leituras devem ser tomadas quando os níveis de ruído variarem muito. Quando a medição não cobrir toda a jornada de trabalho, a dose determinada para o período medido deve ser projetada para a jornada diária efetiva de trabalho, determinando-se a dose diária (a maioria dos dosímetros efetua a projeção de dose).
- l)** Verifique sempre as pilhas (ou bateria) antes de usar.
- m)** Tenha muito cuidado com o cabo do microfone (se houver). Nunca torcer, apertar, esticar, ou danificar o cabo.
- n)** Nunca utilize qualquer tipo de cobertura sobre o microfone (por exemplo, um saco plástico ou filme plástico) para protegê-lo da umidade. Esses materiais irão distorcer o ruído e as leituras serão inválidas.



Considerações especiais podem incluir:  
[http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/exposure/special\\_considerations.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/exposure/special_considerations.html)

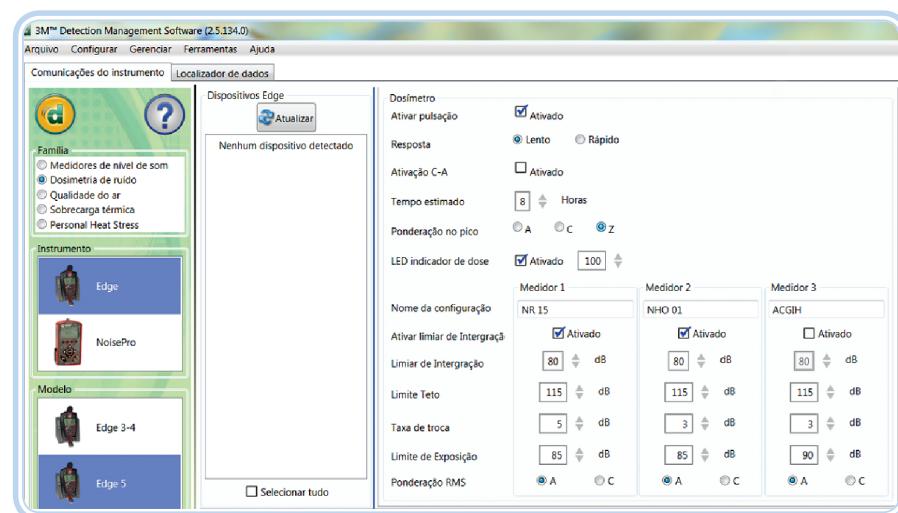
- o)** Nunca tente limpar um microfone, particularmente com ar comprimido, uma vez que pode danificá-lo. Embora a sujidade e a exposição a ambiente industrial possa danificar os microfones, o uso regular de um calibrador acústico irá detectar tais danos, de modo que os microfones poderão ser substituídos.
- p)** Retire as pilhas quando o dosímetro será armazenado por mais de 5 dias.
- q)** Proteger os dosímetros do calor e da umidade extremas.

### 2.3.1 Avaliando o ruído com dosímetro integrador

O dosímetro integrador vai nos fornecer o valor do nível equivalente. Podemos realizar a medição em determinado tempo e analisar a exposição equivalente ao período (nível equivalente e dose de ruído). Permite uma avaliação mais precisa em função do aspecto muito variável do ruído ocupacional.

O primeiro passo é identificar, no manual de operação do equipamento, como ajustar os parâmetros especificados no Quadro 2.1. Cada tipo de equipamento tem uma rotina de ajuste, alguns de forma manual por ação nas teclas do equipamento, e outros, um pouco mais completos, por ajuste diretamente no software do equipamento com envio da configuração por conexão ao computador.

Apresentamos na Figura 2.1 a tela de configuração do dosímetro EDGE 3M, cujos ajustes são realizados através do 3M™ Detection Management Software e enviados ao equipamento via comunicação através do PC.



**Figura 2.1: Tela de configuração do dosímetro Edge 3M**

Fonte: Relatório SoundPro 3M extraído de 3M™ Detection Management Software

O segundo passo é calibrar o equipamento. Para tanto o calibrador deve ser inserido ao microfone e o ajuste do valor do nível sonoro pode ser realizado mecanicamente através do ajuste por parafuso ou eletronicamente direto por alteração nas teclas do equipamento e, em alguns casos o próprio equipamento se ajusta ao nível sonoro do calibrador. A Figura 2.2 apresenta a sequência de calibração para esse tipo de sonômetro.



**Figura 2.2: Calibração do dosímetro de ruído**

Fonte: CTISM

O ajuste do valor correspondente ao calibrador, para esse equipamento, é efetuado eletronicamente via teclas.



**Figura 2.3: Calibração para outro modelo de dosímetro de ruído**

Fonte: CTISM

O ajuste do valor correspondente ao calibrador, para esse equipamento, é efetuado por atuação sobre o parafuso de ajustagem na parte inferior do equipamento.

Lembre-se que cada fabricante aplica metodologias de ajuste próprias. O que você deve saber são os aspectos teórico/práticos da avaliação e ajuste e, a partir do manual do equipamento, estudar como deve fazer os ajustes para proceder a avaliação.

Na sequência, é necessário apenas posicionar adequadamente o equipamento (veja instruções para avaliação do ruído com dosímetros de ruído) e registrar as leituras encontradas.



No ambiente virtual de aprendizagem, apresentamos um vídeo onde demonstramos a utilização dos dosímetros aqui apresentados. Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando: <http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 2.4: Avaliação do ruído com dosímetro**

Fonte: CTISM

Se o dosímetro possuir microfone com fio, devemos ter o cuidado de fixar bem o fio para evitar que se enrosque em superfícies. Lembre-se de, nesse caso, proteger o dosímetro, que será afixado na cintura, contra impactos durante a avaliação.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

## 2.3.2 Relatório das informações da avaliação

Cada equipamento fornece uma série de informações relevantes durante a execução da avaliação do ruído. De nada adianta você ter disponível um equipamento de qualidade superior se não fizer uso dessas informações.

Apresentamos, na Figura 2.5, o relatório do dosímetro de ruído integrador Edge da empresa 3M. Podemos observar que são várias as informações disponíveis. Apresentaremos apenas o relatório do medidor 01 (NR 15) e do medidor 02 (NHO 01), pois o equipamento permite fazer duas medições simultâneas ajustando parâmetros diferentes.

| ESI120152_20140122_174814: Painel de dados resumidos |                |                     |
|--|----------------|---------------------|
| Descrição  | Medidor/sensor | Valor               |
| Ativar limite de integração                          | 1              | True                |
| ULL  | 1              | 115 dB              |
| Taxa de troca  | 1              | 5 dB                |
| Rtime  | 1              | 04:17:03            |
| TWA  | 1              | 80,5 dB             |
| UR%  | 1              | 0 %                 |
| Periodo estimado                                     | 1              | 480 mins.           |
| Límite de integração                                 | 1              | 80 dB               |
| Limite de Exposição                                  | 1              | 85 dB               |
| Resposta   | 1              | SLOW                |
| Ponderação no pico                                   | 1              | Z                   |
| Ponderação   | 1              | A                   |
| Lavg   | 1              | 85 dB               |
| Lasmx  | 1              | 94,8 dB             |
| Lasmn  | 1              | 62,1 dB             |
| Lzpk   | 1              | 119,7 dB            |
| Mntime   | 1              | 22/01/2014 17:45:59 |
| Mxtime   | 1              | 22/01/2014 14:49:27 |
| Dose8  | 1              | 100,4 %             |
| Pdose (8:00)   | 1              | 100,4 %             |
| Pkttime  | 1              | 22/01/2014 17:45:13 |
| ProjectedTWA (8:00)                                  | 1              | 85 dB               |
| Dose   | 1              | 53,7 %              |
| OL%  | 1              | 0 %                 |

| ESI120152_20140122_174814: Painel de dados resumidos |                |                     |
|--|----------------|---------------------|
| Descrição  | Medidor/sensor | Valor               |
| Ativar limite de integração                          | 2              | True                |
| ULL  | 2              | 115 dB              |
| Taxa de troca  | 2              | 3 dB                |
| Rtime  | 2              | 04:17:03            |
| TWA  | 2              | 83,3 dB             |
| UR%  | 2              | 0 %                 |
| Periodo estimado                                     | 2              | 480 mins.           |
| Límite de integração                                 | 2              | 80 dB               |
| Limite de Exposição                                  | 2              | 85 dB               |
| Resposta   | 2              | SLOW                |
| Ponderação no pico                                   | 2              | Z                   |
| Ponderação   | 2              | A                   |
| Lavg   | 2              | 86 dB               |
| Lasmx  | 2              | 94,8 dB             |
| Lasmn  | 2              | 62,1 dB             |
| Lzpk   | 2              | 119,7 dB            |
| Mntime   | 2              | 22/01/2014 17:45:59 |
| Mxtime   | 2              | 22/01/2014 14:49:27 |
| Dose8  | 2              | 127,6 %             |
| Pdose (8:00)   | 2              | 127,6 %             |
| Pkttime  | 2              | 22/01/2014 17:45:13 |
| ProjectedTWA (8:00)                                  | 2              | 86 dB               |
| Dose   | 2              | 68,3 %              |
| OL%  | 2              | 0 %                 |

**Figura 2.5: Painel de dados de medição do dosímetro Edge 3M**

Fonte: Relatório SoundPro 3M extraído de 3M™ Detection Management Software

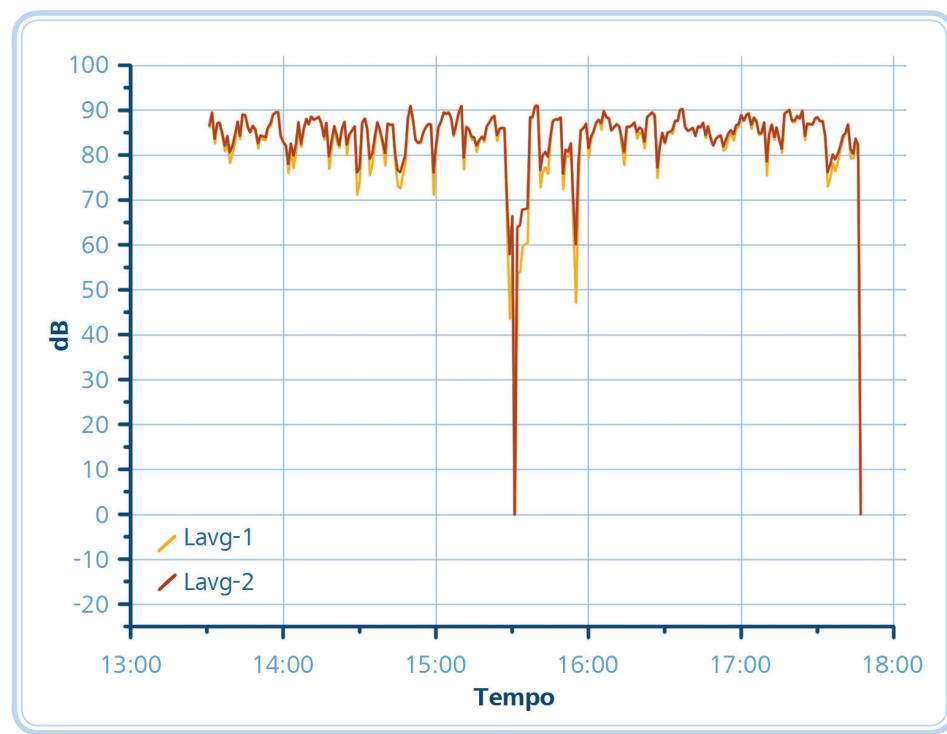
Podemos observar que no gráfico da Figura 2.6, existem momentos em que o Lavg e o Leq (Lavg-2) são iguais a zero. Como isso é possível? Se você se lembrar da definição de *threshold level*, vamos ver que todo o nível sonoro abaixo de 80 dB(A) não será considerado para fins de avaliação, isso implica que, se o equipamento não considerou nenhum valor para o cálculo do nível equivalente, os níveis médios serão iguais a zero.

Outra pergunta seria: Como um Lavg pode ser igual a um valor tão pequeno quanto, por exemplo, 5 dB(A)? A resposta é que, nesse instante medido (60 segundos de registro), alguns valores foram superiores a 80 dB(A), mas a maioria ficou abaixo desse valor, resultando num nível médio equivalente pequeno.



No ambiente virtual de aprendizagem apresentamos um vídeo onde demonstramos a configuração dos parâmetros em dosímetros de ruído. Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando:

<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 2.6: Gráfico dos dados de medição (Lavg e Leq no tempo) do dosímetro Edge 3M**  
Fonte: CTISM, adaptado de relatório SoundPro 3M extraído de 3M™ Detection Management Software

Todas as informações do relatório são importantes, mas você deverá considerar, para análise da exposição, os valores de Lavg (ou Leq representado no relatório como Lavg-2) ou Projected TWA (8:00) em dB(A) ou o correspondente a esse valor em %, apresentado em Dose8 ou Pdose (8:00).

Evidentemente, o valor máximo, mínimo e de pico com seus respectivos instantes de ocorrência são iguais para os dois medidores, pois não são influenciados pelos parâmetros de ajuste. Podemos observar, também, que nenhum valor ficou acima (OL% = 0 %) e nem abaixo (UR% = 0 %) da escala escolhida.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

## Resumo

Nessa aula, aprendemos alguns aspectos básicos na avaliação de ruído com a utilização de dosímetros. Conhecemos os parâmetros de ajuste e as informações disponibilizadas pelo equipamento.

## Atividades de aprendizagem



A seguir apresentamos uma série de exercícios para fixação dos conteúdos apresentados. Tente resolvê-los:

**1.** Dadas as afirmativas quanto à avaliação do ruído:

I - O nível de critério segundo a NR 15 e a NHO 01 tem valor igual a 85 dB(A).

II - O limite de tolerância para exposição ao ruído no Brasil é de 85 dB(A) para uma exposição de 8 horas.

III - O nível de ação é o valor de referência para o trabalho do TST, equivale a 50 % de dose e corresponde a um valor de 80 dB(A) para uma exposição de 8 horas, segundo a NR 15.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
  - b)** II somente.
  - c)** I e II somente.
  - d)** I e III somente.
  - e)** Todas estão corretas.
- 2.** A dose de ruído é obtida pela expressão  $\sum C_n/T_n$ . Se o trabalhador ficar exposto durante 8 horas a um nível sonoro de 85 dB(A) a dose será equivalente a:
- a)** 50 %.
  - b)** 100 %.
  - c)** 20 %.
  - d)** 200 %.
  - e)** 400 %.

**3.** O TST foi solicitado a realizar uma dosimetria de ruído segundo o que estabelece a NR 15. Os valores para limiar de integração, nível de critério, fator duplicativo de dose, resposta e curva de compensação serão, respectivamente:

- a)** 80 dB; 85 dB; 5 dB; *slow*; A.
- b)** 85 dB; 80 dB; 5 dB; *slow*; A.
- c)** 80 dB; 85 dB; 3 dB; *slow*; A.
- d)** 85 dB; 80 dB; 3 dB; *slow*; A.
- e)** 80 dB; 85 dB; 5 dB; A; *slow*.

**4.** O TST foi solicitado a realizar uma dosimetria de ruído segundo o que estabelece a NHO 01. Os valores para limiar de integração, nível de critério, fator duplicativo de dose, resposta e curva de compensação serão, respectivamente:

- a)** 80 dB; 85 dB; 5 dB; *slow*; A.
- b)** 85 dB; 80 dB; 5 dB; *slow*; A.
- c)** 80 dB; 85 dB; 3 dB; *slow*; A.
- d)** 85 dB; 80 dB; 3 dB; *slow*; A.
- e)** 82 dB; 85 dB; 3 dB; *slow*; A.

**5.** Dadas as afirmativas:

I - O fator duplicativo de dose tem o mesmo valor, tanto para a NR 15 quanto para a NHO 01.

II - Sabendo-se que o fator duplicativo de dose da NR 15 é igual a 5 dB(A) e que o nível de critério é igual a 85 dB(A) para 8 horas de exposição, reduzindo à metade o tempo de exposição, mantido o nível sonoro, a dose reduzirá à metade.

III - Quando nos referimos a um limiar de integração de 80 dB(A) podemos concluir que, durante uma avaliação ocupacional de um trabalhador ao ruído, nenhum valor inferior a 80 dB(A) será considerado para fins de exposição.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

**6.** Dadas as afirmativas:

I - Ajustar o nível de critério em 90 dB(A) não altera o cálculo da dose, pois o fundamental é ajustar o incremento de dose.

II - Na leitura de um relatório de avaliação de um dosímetro de ruído o TWA8h será igual ao Lavg (NR 15).

III - Quando de uma avaliação da exposição de um trabalhador com dosímetro de ruído um Leq ou um Lavg, para uma exposição de 8 horas, dará igual a zero se todos os valores medidos forem inferiores a 80 dB(A).

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

**7.** Dadas as afirmativas:

- I - Para uma dosimetria o TWA poderá ser igual ao Leq (NHO 01).
- II - Para uma dosimetria o TWA8h é igual ao Leq (NHO 01).
- III - Para uma avaliação de ruído de 8 horas o TWA é igual ao TWA8h.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

**8.** Dadas as afirmativas:

- I - A calibração de um dosímetro antes da medição não é necessária, pois a precisão dos equipamentos assegura a avaliação.
- II - Se você estiver em um local onde o ruído nunca ultrapassa 75 dB(A) e seu dosímetro estiver operando em uma escala de 80 a 130 dB(A) aparecerá a indicação de UR (*Under Range*).
- III - O posicionamento do microfone do dosímetro de ruído no ombro esquerdo ou no ombro direito não tem influência sobre a medição.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** I e II somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**9.** Dadas as afirmativas:

I - A dose é a expressão em % de um nível equivalente em dB para uma dada exposição.

II - Um valor máximo em dB(A) em resposta lenta pode ser expresso por LASmáx.

III - O valor de 115 dB(A) é denominado de limite máximo e nenhuma exposição é permitida acima desse nível com ouvidos desprotegidos.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** II somente.

**c)** I e II somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**10.** Dadas as afirmativas:

I - Uma dose de 100 % corresponde a uma exposição de 8 horas a 85 dB(A).

II - Se o dosímetro informa Dose e Dose8h (NR 15), a primeira corresponde ao TWA e a segunda ao Lavg.

III - Se o dosímetro informa Dose e Dose8h (NR 15), a primeira corresponde ao TWA e a segunda ao TWA8h.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

- b)** II somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

**11.** Assinale a afirmativa correta.

- a)** A NR 15 é sempre mais rigorosa que a NHO 01.
- b)** A NHO 01 é mais rigorosa para exposições abaixo de 85 dB(A).
- c)** A NHO 01 é sempre mais rigorosa que a NR 15.
- d)** A NR 15 é mais rigorosa para exposição a ruídos abaixo de 85 dB(A).
- e)** A NHO 01 é menos rigorosa para exposição a ruídos acima de 85 dB(A).

# Aula 3 – Instrumentação: avaliação de calor ocupacional

## Objetivos

Uma breve revisão de alguns fatores que influenciam nos mecanismos de trocas térmicas.

Estrutura física do monitor de estresse térmico (IBUTG).

Instrumentação para avaliação de calor ocupacional por monitor de estresse térmico.

### 3.1 Considerações iniciais

Antes de você começar a estudar essa aula, vale lembrar que será necessário ler as lições sobre mecanismos de troca térmica do corpo humano que foram abordadas no caderno de Higiene Ocupacional II, já lecionadas nesse curso.

Para seu conhecimento, informamos que o equipamento que está sendo apresentado nessa aula é usado para atividades de ensino e pesquisa do Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM/UFSM).

Esse guia foi elaborado com o auxílio do manual técnico de operação do instrumento, mas não o substitui, não sendo feito, nessa aula, de forma alguma, qualquer apologia à marca e nem ao modelo do instrumento.

Na parte inicial do nosso estudo, vamos revisar os fatores ambientais que influenciam os mecanismos de troca de calor, entre o ambiente aquecido por fontes de calor externas (artificial). Depois, vamos estudar o monitor de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo) no que se refere ao seu funcionamento e aplicação para estudos ocupacionais.

### 3.2 Os fatores ambientais

De maneira resumida, poderemos revisar os conteúdos já estudados na disciplina de Higiene Ocupacional II, pois foi entendido que os fatores mais comuns de

se estudar nas avaliações de sobrecarga térmica e que interferem nas trocas térmicas são os seguintes:

- A temperatura do ar.
- A velocidade do ar.
- A umidade relativa do ar.
- O calor radiante.
- O tipo de atividade.

Você pode entender melhor como interferem os fatores de trocas térmicas, no meio e com o corpo humano, de forma resumida, revisando o que já foi apresentado na disciplina de Higiene Ocupacional II, no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1: Fatores influentes nos mecanismos de troca térmica**

| Fator influenciador    | Descrição  |
|------------------------|--|
| Temperatura do ar      | Mostra a influência da troca de calor do corpo humano com o ambiente. Medida pode ser feita com um termômetro de bulbo seco (tbs), termopares e termo-resistências. Esta temperatura quando maior do que a temperatura da pele, tem-se a indicação de que existe um ganho de calor do organismo pelos mecanismos de convecção ou condução.   |
| Velocidade do ar       | Responsável por aumentar a troca térmica entre o corpo e o ambiente, por condução/convecção. Existe uma grande variedade de instrumentos para a medida da velocidade do ar. Os aparelhos para medir a velocidade do ar são os anemômetros.   |
| Calor radiante         | Energia emitida pelos corpos aquecidos procedente de fontes de radiação infravermelha. Verifica-se a sua influência pela medida de temperatura de globo (tg). Na avaliação, de acordo com a NHO 06 (FUNDACENTRO), o instrumento usado para essa medida é o termômetro de globo, equipado por uma esfera de cobre com diâmetro de 152,4 mm e 1 mm de espessura, pintada no lado externo de preto fosco. |
| Umidade relativa do ar | Relaciona a quantidade de vapor d'água contida em uma quantidade de ar. Denomina-se por umidade relativa, motivo de interesse na exposição, a relação entre a quantidade de vapor contido no ar e a quantidade de vapor saturado.  |
| Tipo de atividade      | Baseado na análise da atividade física do trabalhador, o calor produzido pelo metabolismo constitui uma parte do total de ganho de calor pelo organismo do trabalhador quando este permanece em ambiente quente.   |

Fonte: Autores, adaptado de Peixoto, et al., 2013, p. 164-170

### 3.3 Estrutura física

O monitor, o qual utilizaremos para uma simulação, é o Quest Temp nº 34, usado para avaliação de exposição ocupacional ao calor. O equipamento apresenta três sensores que podem ser vistos na Figura 3.1, onde cada um deles tem a capacidade de obter medidas de temperatura, tais como a temperatura de

globo (indicado em "1"), a temperatura de bulbo seco (indicada em "3") e a temperatura de bulbo úmido (indicada em "2").

Certifique-se, sempre, que o pavio que cobre o termômetro de bulbo úmido esteja molhado e o reservatório preenchido, ambos, com água destilada.



Além das medidas, o instrumento realiza o cálculo do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG), tanto para os ambientes externos quanto para internos (Quadro 3.2), o índice de calor ou humidex e a umidade realtiva do ar.

#### Quadro 3.2: Fórmulas de cálculo de IBUTG

| Ambientes internos ou externos sem carga solar | Ambientes externos com carga solar   |
|--|--------------------------------------|
| $IBUTG = 0,7 tbn + 0,3 tg$                     | $IBUTG = 0,7 tbn + 0,1 tbs + 0,2 tg$ |

Onde: tbn é a temperatura de bulbo úmido natural

tbs é a temperatura de bulbo seco

tg é a temperatura de globo

Fonte: Autores

O equipamento também dispõe de mais duas entradas para sensores ("5", Figura 3.1), localizadas na parte lateral do monitor, que podem ser usadas para medir mais de uma **situação térmica** ou quando se tem uma temperatura muito elevada no ponto de medição na qual o fabricante não recomende a sua instalação. Nestas condições, necessita-se o uso de tripés para a instalação dos sensores de temperatura e de cabos para conectá-los à distância no monitor.

#### A-Z

##### situação térmica

Cada parte do ciclo de exposição onde as condições do ambiente que interferem na carga térmica a que o trabalhador está exposto podem ser consideradas estáveis.

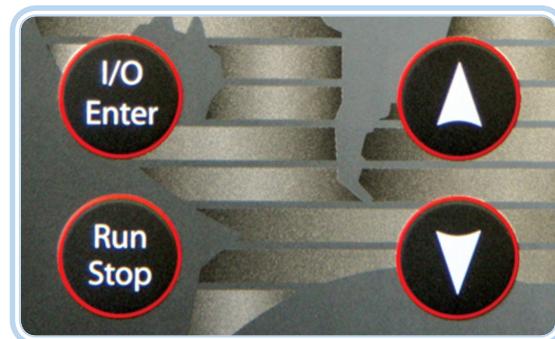


**Figura 3.1: Monitor de IBUTG**

Fonte: CTISM

Na parte frontal do equipamento tem-se o *display* que possibilita o usuário visualizar o estudo que está sendo realizado, bem como a execução da medição e a calibração. Pode-se ler nesta tela as temperaturas que os sensores estão preparados para medir, os índices de bulbo úmido e termômetro de globo, a umidade relativa e o humidex. Estão indicados na Figura 3.1 em “4”.

Abaixo do *display*, o instrumento apresenta um teclado composto por quatro botões, cada um com funções específicas que podemos ver no Quadro 3.3. O entendimento do teclado é necessário para que a operação seja bem realizada, evitando assim, erros que o usuário possa cometer durante uma avaliação em tempo real. O teclado pode ser visto na Figura 3.2.



**Figura 3.2: Teclado do monitor de estresse térmico**

Fonte: CTISM

**Quadro 3.3: Funções do teclado do monitor de estresse térmico**

| Teclas  | Descrição das funções  |
|---|--|
|  | Usada para a operação de ligar e desligar o equipamento. Pressionando, o usuário liga o equipamento, enquanto que para o desligamento, deve-se manter pressionada até que uma contagem regressiva seja feita (aparecendo no lado direito do visor). A tecla também pode ser usada para acessar o modo de configuração e suas alterações. |
|  | No menu principal de visualização, que apresenta os campos View, Print, Setup e Reset, está a tecla que tem a função de executar a medição, bem como, a de interromper, armazenando os dados no equipamento para posterior visualização em software. Entretanto, pode continuar medindo, sem ocorrer a gravação dos dados.               |
|  | Esta tecla faz a rolagem dos itens no visor e altera os itens que aparecem no mesmo.   |
|  | Esta tecla faz a rolagem dos itens no visor e altera os itens que aparecem no mesmo.   |

Fonte: Autores, adaptado de 3M, 2012

### 3.4 Local de avaliação

Para avaliar a exposição ocupacional ao calor, o técnico em segurança do trabalho deve entender todo o processo de trabalho que envolve o trabalhador, descrevendo a tarefa que desempenha e os possíveis locais que correspondem a uma situação térmica para montar um ciclo de exposição (vide Figura 3.3). As condições consideradas penosas, no que se refere à atividade física desenvolvida na tarefa e de temperatura num ambiente de trabalho, são as que devem ser utilizadas para avaliação do calor.

Antes da avaliação, certifique-se que o monitor tenha os sensores padronizados, com especificações atendendo o padrão exigido pela Norma de Higiene Ocupacional nº 06 (NHO 06) e instrumento calibrado por um laboratório que seja credenciado pelo INMETRO.

Não só a padronização deve ser atendida pela NHO 06, mas também o procedimento de amostragem. A norma contém limites de tolerância baseadas em IBUTG médios, associada com a taxa metabólica gasta na atividade do trabalhador. Vale lembrar que esta norma é de caráter prevencionista, numa avaliação de exposição ocupacional ao calor para a verificação de insalubridade sob a visão legal, dessa forma, os limites de tolerância devem ser os fornecidos pela NR 15. As expressões para os cálculo do IBUTG médio é dada pela seguinte expressão:

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{\text{IBUTG}_1 \times t_1 + \text{IBUTG}_2 \times t_2 + \dots + \text{IBUTG}_i \times t_i + \dots + \text{IBUTG}_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_n}$$

Onde:  $\overline{\text{IBUTG}}$  é o índice de bulbo úmido e termômetro de globo médio ponderado no tempo em °C

$\text{IBUTG}_i$  é o índice de bulbo úmido e termômetro de globo da situação térmica "i"

$t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_n = 60 \text{ min}$

Já o tempo  $t_i$ , corresponde ao tempo total da situação térmica "i", que transcorreu dentro dos 60 minutos das condições mais desfavoráveis.

Na avaliação do calor, conforme você acabou de ver nas expressões, a ponderação da média é feita com base em um tempo de 60 minutos. Isto é, por mais que o trabalhador execute suas atividades em uma jornada de 8 horas, somente 60 minutos desta jornada é que são usados no cálculo da exposição.



Norma de Higiene Ocupacional  
06 – Procedimento técnico,  
disponível em:  
[www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene.../NHO06-pdf](http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene.../NHO06-pdf)

Da mesma maneira, a ponderação é realizada para a taxa do metabolismo gasto na atividade física do trabalhador e depois usada para se verificar o limite de tolerância. A expressão para o seu cálculo é dada a seguir:

$$\bar{M} = \frac{M_1 \times t_1 + M_2 \times t_2 + \dots + M_i \times t_i + \dots + M_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_n}$$

Onde:  $M$  é a taxa metabólica média ponderada no tempo, em kcal/h

$M_i$  é a taxa metabólica da atividade “ $i$ ”, em kcal/h

$t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_n = 60$  min

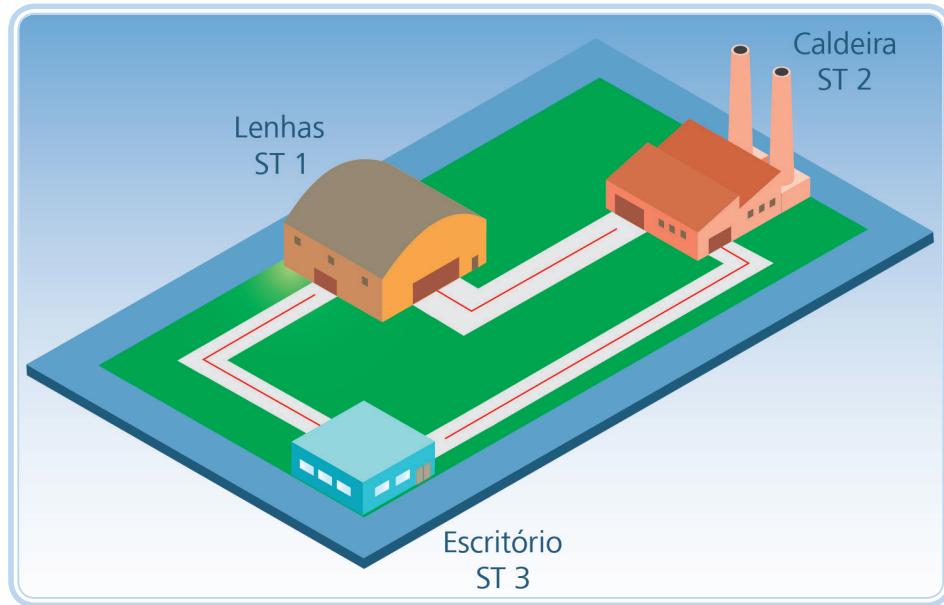
Depois de conhecer como funciona o monitor, este deve ser posicionado na região ou local em que o trabalhador se encontra na respectiva situação térmica. Pode-se, então, ligar o equipamento e esperar estabilizar os sensores por uns 20 minutos e iniciar a amostragem.

Para melhorar o seu entendimento sobre a definição de um ciclo de exposição, a Figura 3.3 e o Quadro 3.4 apresentam um exemplo:

**Quadro 3.4: Exemplo de um ciclo de exposição**

| Situação térmica   | Atividade                             | tbs (°C) | tg (°C) | Ciclo de exposição |
|--|---------------------------------------|----------|---------|--------------------|
| ST 1<br>(15 min)   | Carregamento de lenha                 | 28       | 32      |                    |
| ST 2<br>(15 min)   | Carregamento da fornalha              | 33       | 40      |                    |
| ST 3<br>(30 min)   | Espera efetuar a queima no escritório | 23       | 25      |                    |
| A jornada se repete, quando é necessário reposição de lenha na fornalha. |                                       |          |         |                    |

Fonte: Autores



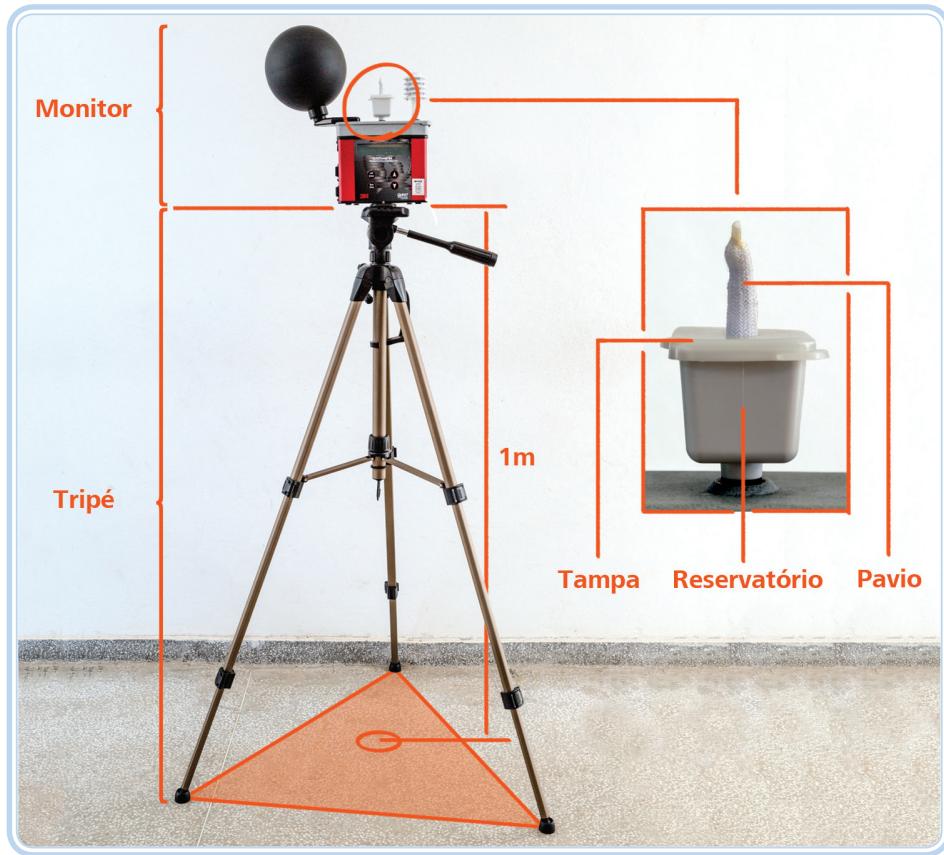
**Figura 3.3: Situações térmicas de pavilhão industrial onde pode ser instalado o monitor**

Fonte: CTISM

### 3.5 Guia de operação básica

Nesse capítulo, vamos aprender como funciona a operação básica do monitor e como o técnico em segurança pode prepará-lo para a avaliação do estresse térmico. Para isso, adota-se o seguinte procedimento:

- Abra a maleta que guarda o monitor e monte-o no tripé, um exemplo desta montagem pode ser visto na Figura 3.4.
- Ajuste o tripé a uma altura, aproximadamente, de 1 m do chão.
- Abra a tampa do reservatório que fica envolta do sensor que mede a temperatura de bulbo úmido natural e preenche-o com água destilada. Este compartimento pode ser visto de forma ampliada na Figura 3.4.
- Verifique se o pavio está limpo, molhando-o em seguida com água destilada. Caso o pavio esteja sujo, troque-o, pois impurezas podem danificar o tecido que o compõe, interferindo na absorção, causando imprecisão na medição.

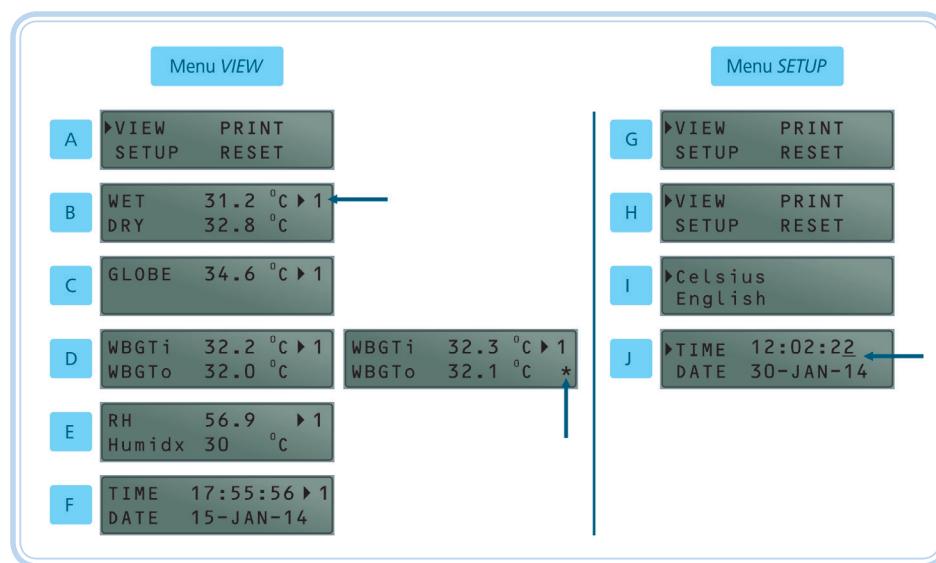


**Figura 3.4: Monitor no tripé e reservatório de água destilada**

Fonte: CTISM

- Neste momento, pressionamos a tecla **I/O Enter** para ligar o monitor. Logo no início, verifique a carga da bateria, que no caso do fabricante do equipamento que estamos apresentando, não deverá ser menor do que 6,4 volts, senão troque a bateria ou faça a recarga.
- Posicione o monitor na situação térmica a qual o trabalhador está exposto, ajustando a altura do monitor ou dos sensores isolados na região do corpo onde o trabalhador tem maior recepção de fluxo de calor.
- Antes de começar a medição de temperatura, é necessário que as leituras da barra de sensores estejam estabilizadas, podendo variar por um período de 20 a 25 minutos.
- Ajuste de data da avaliação que será realizada. Pressionando a tecla **Enter** com o cursor posicionado no menu **Setup**. Em seguida, com o auxílio da tecla de “seta para baixo”, pressionando-a até surgir no visor o cursor posicionado em “hora” e “data” (em inglês, “time” e “date”). Pode-se ter uma breve visualização deste procedimento na Figura 3.5.

- Após realizar o ajuste da hora e data, você pode retornar ao menu principal pressionando a tecla **Run/Stop**.
- Pressione a tecla **Run/Stop** para começar a medição para o estudo e, ao mesmo tempo, ocorrerá o armazenamento dos dados. Caso seja necessário, esta tecla pode ser usada para fazer a pausa da medição e posicionar o equipamento, se houver outra situação térmica. Isto pode ser visualizado de forma breve na Figura 3.5, com a sequência de “A” a “F”, onde as setas indicadas na cor azul mostram em “B” que está sendo utilizado o sensor nº 1 do monitor e o asterisco em “D” que a avaliação foi iniciada incluindo o armazenamento dos dados medidos e calculados.
- Com a mesma tecla, pode-se encerrar o estudo, sendo interrompido o armazenamento de dados e obter o relatório das medidas dos termômetros, os cálculos dos IBUTG (interno e externo).



**Figura 3.5: Visor do monitor de estresse térmico**

Fonte: CTISM

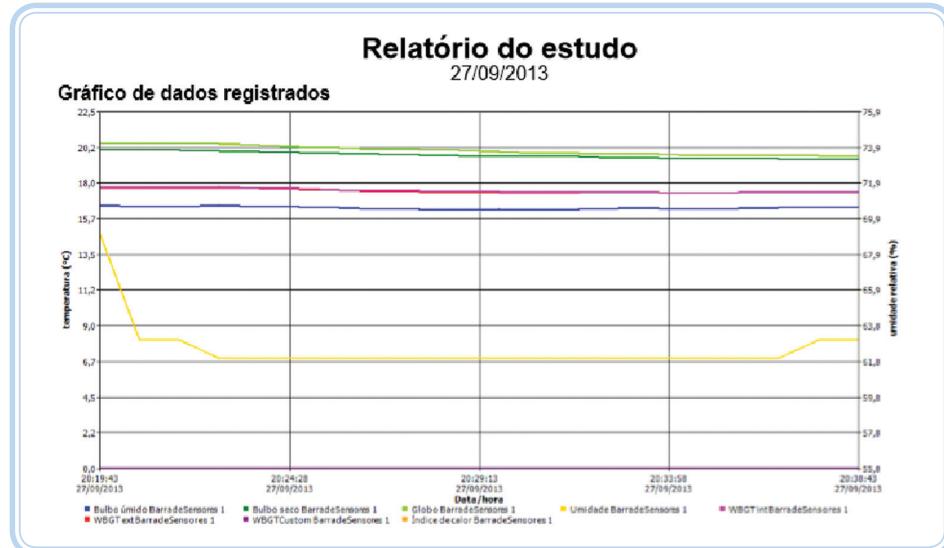
- Com o cabo serial que acompanha o equipamento, realiza-se a transferência dos dados medidos e calculados via programa computacional fornecido pelo fabricante.
- Com o programa, podem-se visualizar os dados medidos e calculados ao longo do tempo com a apresentação de gráficos (vide Figuras 3.6, 3.7 e 3.8).
- O desligamento do monitor é feito pressionando a tecla **Enter** por 3 segundos no menu principal, apresentando a contagem no canto inferior direito do visor.

| Panel de dados geral            |                   |                     |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| Descrição                       | Medidor/sensor    | Valor               |
| taxa de registro                |                   | 50 s                |
| Fluxo de ar líquido             |                   | False               |
| Índice de calor - ligado        |                   | True                |
| Bulbo úmido - máx.              | BarradeSensores 1 | 16.62 C             |
| Bulbo úmido - média             | BarradeSensores 1 | 16.38 C             |
| Bulbo úmido - min.              | BarradeSensores 1 | 16.27 C             |
| Bulbo seco - tempo máx.         | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:43 |
| Bulbo úmido - tempo máx.        | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:43 |
| Bulbo seco - tempo m.           | BarradeSensores 1 | 20 C                |
| Bulbo seco - média              | BarradeSensores 1 | 19.63 C             |
| Bulbo seco - min.               | BarradeSensores 1 | 19.42 C             |
| Bulbo seco - tempo máx.         | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:43 |
| Bulbo seco - tempo m.           | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:20:43 |
| Globo - máx.                    | BarradeSensores 1 | 20.41 C             |
| Globo - média                   | BarradeSensores 1 | 19.99 C             |
| Globo - min.                    | BarradeSensores 1 | 19.81 C             |
| Globo - tempo máx.              | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:43 |
| Globo - tempo m.                | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:33:43 |
| WBGT int. - máx.                | BarradeSensores 1 | 17.75 C             |
| WBGT int. - média               | BarradeSensores 1 | 17.46 C             |
| WBGT int. - min.                | BarradeSensores 1 | 17.31 C             |
| WBGT int. - tempo máx.          | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:52 |
| WBGT int. - tempo m.            | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:34:43 |
| WBGT ext. - máx.                | BarradeSensores 1 | 17.1 C              |
| WBGT ext. - média               | BarradeSensores 1 | 17.43 C             |
| WBGT ext. - min.                | BarradeSensores 1 | 17.29 C             |
| WBGT ext. - tempo máx.          | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:52 |
| WBGT ext. - tempo m.            | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:34:43 |
| WBGT personalizada - máx.       | BarradeSensores 1 | 17.71 C             |
| WBGT personalizada - tempo máx. | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:18:52 |
| Umidade - máx.                  | BarradeSensores 1 | 73 %                |
| Umidade - média                 | BarradeSensores 1 | 62.5 %              |
| Umidade - min.                  | BarradeSensores 1 | 62 %                |
| Umidade - tempo máx.            | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:19:14 |
| Umidade - tempo m.              | BarradeSensores 1 | 27/09/2013 20:22:43 |
| Flame                           | BarradeSensores 1 | 00:20:26            |

**Figura 3.6: Resultados da avaliação do calor fornecidos pelo programa computacional**

Fonte: Relatório Quest Temp 34

Na Figura 3.6, o programa nos fornece resultados para uma avaliação preventivista, não apresentando somente resultados médios para uma análise de insalubridade sob o ponto de vista da legislação, mas também valores máximos e mínimos que podem ajudar o técnico em segurança e engenheiros a adotarem medidas envolvendo a exposição do trabalhador a uma sobrecarga térmica ao longo da jornada, para colocá-lo em situações térmicas mais saudáveis e confortáveis. Já na Figura 3.7, as medidas podem ser vistas em um gráfico com três eixos, onde em um único ponto o usuário pode verificar três informações, as quais são disponíveis: umidade relativa do ar, a temperatura (cada uma delas representada com uma cor diferente) ou IBUTG e o momento da medição, com a respectiva hora e a data.



**Figura 3.7: Gráfico fornecido pelo programa computacional da avaliação realizada**

Fonte: Relatório Quest Temp 34

| Marca de tempo      | Bulbo úmido | Bulbo seco | Globo | Unidades | WBGT Int          |                   | WBGT ext          |                   | WBGT Custom       |                   | Índice de calor |
|---------------------|-------------|------------|-------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                     |             |            |       |          | Barra de Sensores |                 |
|                     |             |            |       |          | Temperatura (°)   | Umidade (%)       | Temperatura (°)   | Umidade (%)       | Temperatura (°)   | Umidade (%)       |                 |
| 27/08/2013 16:58:43 | 16,6        | 20,0       | 20,4  | 68,0     | 17,7              | 17,7              | 17,6              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 16:59:43 | 16,5        | 20,0       | 20,4  | 63,0     | 17,7              | 17,6              | 17,6              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:21:43 | 16,5        | 20,0       | 20,4  | 63,0     | 17,6              | 17,6              | 17,6              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:22:43 | 16,5        | 20,0       | 20,4  | 62,0     | 17,7              | 17,7              | 17,7              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:23:43 | 16,5        | 19,9       | 20,3  | 62,0     | 17,6              | 17,6              | 17,6              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:24:43 | 16,5        | 19,9       | 20,2  | 62,0     | 17,6              | 17,6              | 17,6              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:25:43 | 16,4        | 19,8       | 20,2  | 62,0     | 17,5              | 17,5              | 17,5              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:26:43 | 16,3        | 19,8       | 20,1  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:27:43 | 16,3        | 19,7       | 20,1  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:28:43 | 16,3        | 19,7       | 20,0  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:29:43 | 16,3        | 19,6       | 19,9  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:30:43 | 16,3        | 19,6       | 19,8  | 62,0     | 17,3              | 17,3              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:31:43 | 16,3        | 19,6       | 19,8  | 62,0     | 17,4              | 17,3              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:32:43 | 16,4        | 19,5       | 19,8  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:33:43 | 16,4        | 19,5       | 19,8  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:34:43 | 16,3        | 19,5       | 19,7  | 62,0     | 17,3              | 17,3              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:35:43 | 16,4        | 19,4       | 19,7  | 62,0     | 17,4              | 17,4              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:36:43 | 16,4        | 19,4       | 19,7  | 62,0     | 17,4              | 17,3              | 17,3              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:37:43 | 16,4        | 19,4       | 19,7  | 63,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |
| 27/08/2013 20:38:43 | 16,5        | 19,4       | 19,8  | 63,0     | 17,4              | 17,4              | 17,4              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | N/D             |

**Painel de dados geral**

|                    |                |       |                           |                |       |
|--------------------|----------------|-------|---------------------------|----------------|-------|
| Descrição          | Medidor/sensor | Valor | Descrição                 | Medidor/sensor | Valor |
| Taxa de registro   | --             | 60 s  | Índice de calor – ligado- | True           |       |
| Fluxo de ar ligado | --             | False |                           |                |       |

**Figura 3.8: Tabela fornecida pelo programa computacional mostrando os valores do gráfico**

Fonte: Relatório Quest Temp 34

Antes de conectar o aparato que contém os sensores de temperatura, siga o procedimento de calibração que vai ser explicado na seção 3.6.



O menu principal (**View, Setup, Print** e **Reset**) pode ser acessado pressionando a tecla **Run/Stop**.

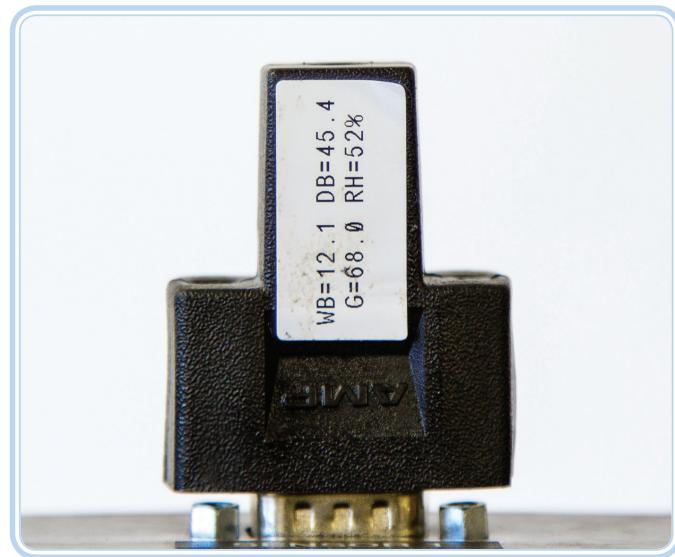
## 3.6 Calibração do instrumento

O procedimento de calibração do monitor está baseado numa operação bastante simples, pois consiste na conexão de uma chave (calibrador), equivalente a um módulo composto de um circuito eletrônico ajustado para indicar, no sensor do equipamento, que será realizado a medição de valores pré-estabelecidos de temperaturas de bulbo úmido natural (do inglês, *wet bulb*), bulbo seco (do inglês, *dry bulb*), de globo (do inglês, *globe*) e de umidade relativa, onde cada um deles deve apresentar os valores de 12,1°C, 45,4°C, 68,0°C e 52 %, respectivamente. Com isso, a calibração é feita através da comparação destes valores com os que são informados no visor do equipamento.

Havendo uma diferença de 0,5°C nas medidas de temperaturas e de 1 % na umidade relativa entre a medida lida no visor com a fornecida pelo calibrador, este monitor deve ser destinado para calibração em laboratório credenciado pelo INMETRO.



Para visualizar o calibrador do equipamento, vide a Figura 3.9 constando os valores recém-mencionados mostrados numa etiqueta.



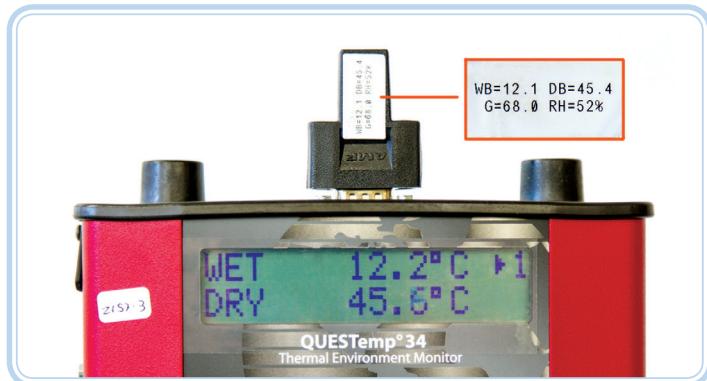
**Figura 3.9: Calibrador do monitor de estresse térmico**

Fonte: CTISM

Este procedimento deve ser feito antes de começar qualquer avaliação, até mesmo para um estudo de conforto térmico. Para executar esta tarefa, você já deve estar com o monitor em mãos numa bancada ou no próprio tripé, ligue-o e espere a operação de inicialização do equipamento. Com isso, siga as etapas abaixo:

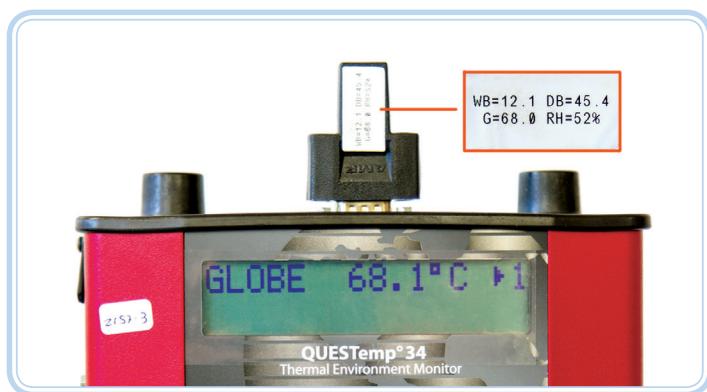
- Posicione o cursor que aparece no visor do monitor na seção **View** e pressione a tecla **Enter**.
- Insira o calibrador na respectiva entrada para os sensores de temperatura e umidade no monitor.
- Neste momento você deve conferir se a medida que consta no visor é semelhante a fornecida no calibrador.

As primeiras medidas fornecidas pelo monitor são as temperaturas de bulbo úmido natural (*wet bulb*) e a de bulbo seco (*dry bulb*), como mostra a Figura 3.10. Como um exemplo didático, usamos o equipamento disponível no Laboratório de Higiene Ocupacional do CTISM e conectamos no mesmo o calibrador, pode-se perceber que a diferença apresentada em comparação com o padrão fornecido pelo calibrador é de 0,1°C (bulbo úmido natural) e de 0,2°C (bulbo seco). Já para a temperatura de globo, como mostra a Figura 3.11, a diferença foi de 0,1°C.



**Figura 3.10: Aferição do monitor de estresse térmico com medidas de bulbo úmido natural e de bulbo seco**

Fonte: CTISM



**Figura 3.11: Aferição do monitor de estresse térmico com medida de temperatura de globo**

Fonte: CTISM

## Resumo

Nessa aula, você conheceu parte do uso e do funcionamento de um monitor de estresse térmico, equipamento necessário para a realização de avaliações de calor ocupacional onde se exige a estimativa do índice de bulbo úmido e termômetro de globo. Equipamentos desta tipologia também podem ser empregados para avaliações visando o conforto térmico para trabalhadores. Você teve a oportunidade de revisar conteúdos já estudados em outra etapa do nosso curso.



## Atividades de aprendizagem

1. Analise as afirmativas abaixo:

I - Para ambientes com carga solar (externos) a temperatura de bulbo úmido natural (tbn) é a medida de maior influência no cálculo do IBUTG.

II - Os locais de descanso não são considerados como situações térmicas.

III - A medida da temperatura ambiente tem menor influência para o IBUTG de ambientes internos.

IV - Os limites de tolerância da NR 15 sobre a exposição ao calor são baseados em valores de IBUTG, em concomitância, apenas, com o metabolismo desenvolvido no trabalhador, quando o mesmo está em repouso.

Está(ão) correta(s) a(s) alternativa(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** IV somente.
- d)** II e III somente.
- e)** II e IV somente.

2. Relacione as colunas:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| (A) Evaporação.           | (   ) Temperatura de bulbo seco.   |
| (B) Vasodilatação.        | (   ) Norma de higiene e insalubridade térmica.                                |
| (C) NHO 06.               | (   ) Mede a influência do calor radiante.                                     |
| (D) Temperatura ambiente. | (   ) Troca de calor por mudança de fase.                                      |
| (E) Termômetro de globo.  | (   ) Efeito do calor que causa aumento do fornecimento de sangue para a pele. |
| (F) Convecção.            |  |

( ) Troca de calor por diferença de densidade de fluidos.

Assinale a alternativa com a sequência correta (de cima para baixo):

**a)** D – F – A – B – C – E

**b)** D – A – C – E – B – F

**c)** D – C – E – A – B – F

**d)** D – C – F – A – E – B

**e)** D – C – E – B – A – F

**3.** Relacione as colunas:

(A) IBUTG (sem carga solar). ( ) Relacionado ao tipo de atividade física do trabalhador.

(B) IBUTG (com carga solar). ( ) 10 % do seu resultado é influência da tbs.

(C) Situação térmica. ( ) Cada parte de um ciclo de exposição.

(D) NHO 06. ( ) Procedimento técnico para avaliação do calor.

(E) Metabolismo. ( ) Condição térmica à qual o trabalhador está exposto.

( ) 30 % do seu resultado é influência da tg.

**Obs:** tbs – temperatura de bulbo seco

tg – temperatura de globo

Assinale a alternativa com a sequência correta (de cima para baixo):

**a)** D – C – C – B – A – D

**b)** D – B – C – B – A – D

**c)** E – C – B – C – A – D

**d)** E – B – C – D – C – A

**e)** B – C – E – D – D – A

# Aula 4 – Avaliação de particulados

## Objetivos

Aprender sobre equipamentos e dispositivos empregados na avaliação de particulados, bem como características e procedimentos de calibração.

### 4.1 Considerações iniciais

Encontramos poeiras sempre que uma movimentação ou manipulação de um material produza partículas em suspensão. Por exemplo, produz-se poeira, ao varrer o chão, ao moer ou cortar uma pedra, tijolo ou outro material qualquer, ao trabalhar com grãos vegetais, etc.

Quando inalamos a poeira, as partículas maiores normalmente ficam retidas nas defesas naturais do trato respiratório, nos pelos do nariz, no muco existente na traqueia, brônquios e nos bronquíolos. As partículas menores podem atingir as partes mais profundas dos pulmões (alvéolos pulmonares) sendo as mais nocivas.

Avaliações da exposição do trabalhador são feitas através da coleta e mensuração das poeiras presentes (silicosas e não silicosas) na zona de respiração do trabalhador durante a jornada de trabalho.

A sílica cristalina é um dos mais abundantes minerais encontrados na crosta terrestre e os ambientes devem ser inspecionados para se determinar a necessidade ou não da amostragem. Por este motivo, daremos atenção especial a este agente, e nos basearemos na sua avaliação para a descrição dos métodos de amostragem de poeiras.

Para a efetivação das amostragens, é necessário a aquisição dos elementos filtrantes (filtro + cassete) e será necessário envolver um laboratório credenciado para o fornecimento dos cassetes pré-pesados e para a análise de amostras (determinação da quantidade de poeira recolhida no filtro e determinação da quantidade de sílica cristalina ou outro particulado no pó).



Antes de você prosseguir os estudos revise os conteúdos fazendo uma releitura de PEIXOTO, et al. Higiene Ocupacional III. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.



Na avaliação de particulados a vazão empregada é bem superior àquelas utilizadas para avaliação de gases e vapores. Por esse motivo na avaliação de particulados utilizamos as denominadas bombas de alto fluxo, enquanto que para a amostragem de gases e vapores com tubos de carvão ativado utilizamos as bombas de baixo fluxo.

Para coletar um determinado volume de ar padronizado são utilizadas as **bombas de amostragem de alto fluxo** e para ajustar a vazão padronizada, os **calibradores**.

Os laboratórios normalmente fornecem uma planilha com todos os dados necessários de procedimentos para a coleta dos particulados, segundo os métodos normatizados, bastando ao profissional de segurança amostrar corretamente e registrar os parâmetros de coleta, além de enviar ao laboratório para análise.

As coletas de agentes químicos são realizadas de acordo com as exigências legais, utilizando os métodos analíticos preconizados por órgãos internacionais, principalmente, a NIOSH e a OSHA.

A NHO 08 apresenta, em seu Anexo D, tabelas de critério para a coleta de particulados suspensos no ar. Apresentamos a seguir a cópia dessas tabelas.

**Quadro 4.1: Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar**

| Material particulado                                 | Coleta   | Análise              |
|--|--|----------------------|
| Fração   | Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem.  | Técnica analítica    |
| Inalável   | <ul style="list-style-type: none"><li>a) Filtro de membrana de PVC, 5 <math>\mu\text{m}</math> de poro, 25 mm de diâmetro para porta-filtro tipo IOM ou 37 mm de diâmetro para dispositivo cônico.</li><li>b) Porta-filtro tipo IOM com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min.</li></ul>   | Método de referência |
| Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS) | <ul style="list-style-type: none"><li>a) Filtro de membrana de PVC, 5 <math>\mu\text{m}</math> de poro, 25 mm de diâmetro para o separador de partículas HD ou 37 mm de diâmetro para os outros separadores.</li><li>b) Porta-filtro.</li><li>c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou Dorr-Oliver de nylon de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou GK2,69, com vazão de 4,2 L/min.</li></ul> | Gravimetria          |
| Respirável   | <ul style="list-style-type: none"><li>a) Filtro de membrana de PVC, 5 <math>\mu\text{m}</math> de poro, 37 mm de diâmetro.</li><li>b) Porta-filtro.</li><li>c) Separador de partículas Dorr-Oliver de nylon de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min.</li></ul>  | HSE-MDHS 14/3        |
|  |  | NIOSH 0600           |

Fonte: Adaptado de Anexo D da NHO 08

**Quadro 4.2: Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar**

| Material particulado | Coleta     |   | Análise   |                           |
|----------------------|------------|---|---|---------------------------|
|                      | Fração     | Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem.   | Técnica analítica   | Método de referência      |
| Sílica cristalina    | Respirável | a) Filtro de membrana de PVC, 5 $\mu\text{m}$ de poro, 37 mm de diâmetro.<br>b) Porta-filtro. Verificar a recomendação do método analítico.<br>c) Separador de partículas Dorr-Oliver, de <i>nylon</i> , de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min.                                  | Difratometria de raios X  | NHO 03 e Santos (1989)    |
|                      |            | a) Filtro de membrana de PVC, 5 $\mu\text{m}$ de poro, 37 mm de diâmetro.<br>b) Porta-filtro de 2 ou 3 corpos.<br>c) Separador de partículas Dorr-Oliver, com vazão de 1,7 L/min.   |   | NIOSH 7500<br>OSHA ID-142 |
|                      |            | a) Filtro de membrana de PVC, 5 $\mu\text{m}$ de poro, 37 mm de diâmetro.<br>b) Porta-filtro de 2 corpos.<br>c) Separador de partículas Dorr-Oliver de <i>nylon</i> , de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min.   | Espectrofotometria no infravermelho                             | NIOSH 7602                |
|                      |            | a) Filtro de membrana de PVC ou PVC copolímero de acrilonitrila, 5 $\mu\text{m}$ de poro, 25 mm de diâmetro.<br>b) Porta-filtro. No método do HSE-MDHS 14/3, o porta-filtro e o separador de partículas são uma única peça.<br>c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou outro tipo, conforme recomendado no método HSE-MDHS 14/3. | Espectrofotometria no infravermelho ou difratometria de raios X | HSE-MDHS-101              |

Fonte: Adaptado de Anexo D da NHO 08

## 4.2 Avaliação de poeiras

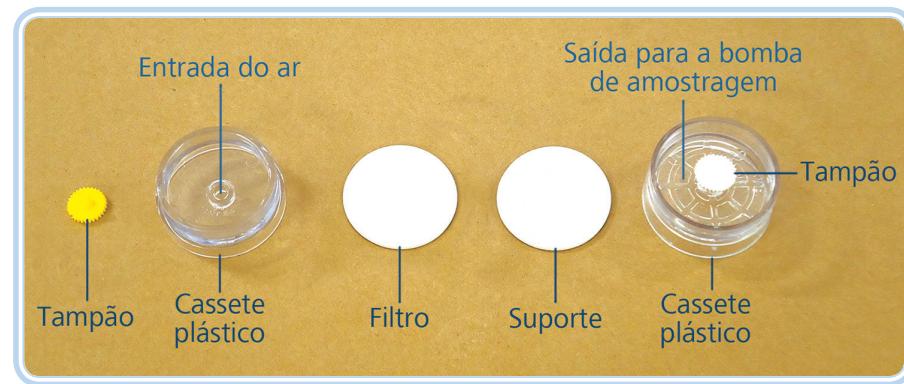
Para a avaliação de poeira total e respirável serão necessários: cassete, suportes de filtros, filtros, um separador de partículas (para poeira respirável), instrumentos capazes de coletar um determinado volume de ar padronizado (bombas de amostragem) e um calibrador de vazão.

### 4.2.1 Cassete, suporte de filtro e filtro

Na avaliação de poeira total e respirável, utilizamos um cassete de plástico pré-montado que contém um filtro de cloreto de polivinila (PVC), pré-pesado normalmente de 37 milímetros, com um tamanho de poro de 5,0 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). Um suporte de papelão é usado para apoiar o filtro PVC dentro do cassete.



Antes de você prosseguir os estudos revise os conteúdos fazendo uma releitura de PEIXOTO, et al. Higiene Ocupacional III. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.



**Figura 4.1: Cassete para avaliação de poeiras**

Fonte: CTISM

Tipicamente, o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório para o qual o cassete será devolvido após a amostragem. Os laboratórios vão indicar os parâmetros da avaliação e realizar os procedimentos de análise necessários:

- A especificação do método de coleta (vazão, volume, técnica de análise).
- A determinação da quantidade de poeira recolhida no filtro.
- A determinação da quantidade de sílica cristalina no pó.

Na montagem dos cassetes para a amostragem, a parte ranhurada sempre será conectada ao tubo que irá para a bomba de amostragem.



**Figura 4.2: Sentido de montagem do cassete para avaliação**

Fonte: CTISM

## 4.2.2 Avaliação da poeira total

Consideramos poeira total, todas aquelas partículas que ficam retidas no trato respiratório superior e mais aquelas que podem atingir o trato respiratório inferior.

Para a avaliação de poeira total, serão necessários cassette, suportes de filtros, filtros, instrumentos capazes de coletar um determinado volume de ar padronizado (bombas de amostragem) e um calibrador de vazão.

A amostragem tipo poeira total está prevista na NR 15. A NHO 08 e a ACGIH especificam coleta de fração inalável.

Os cassetes são semelhantes aos usados para a coleta de poeira respirável. A coleta da amostra é feita sem o emprego do separador/seletor de partículas.

O método de amostragem consiste em captar o material particulado com uma bomba de aspiração, ligada diretamente ao filtro de PVC através de uma mangueira (normalmente tipo Tygon®). O método de avaliação é a análise gravimétrica que consiste na dessecagem e pesagem inicial e final do filtro. O filtro normalmente possui um diâmetro de 37 mm.

Nesta amostragem, utilizaremos as mesmas bombas e calibradores utilizados na avaliação de poeira respirável, e a calibração é semelhante, para tanto que o conjunto cassette/filtro é inserido entre o calibrador e a bomba. Esta calibração, em função da metodologia empregada, deverá ser numa razão de 1,0 a 3,0 L/min (litros por minutos). Em avaliações em higiene ocupacional normalmente utilizamos vazões entre 1,5 e 2,2 L/min. O volume de ar amostrado segue a padronização e deve ser de acordo com o método de análise que será empregado.

As Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 ilustram os procedimentos de calibração e amostragem de poeira total.

Insira o cassette no porta cassette. Lembre-se que a parte ranhurada deve ser conectada à mangueira que vai para a bomba de amostragem. A parte lisa do cassette deve ser conectada com o calibrador.



A coleta de fumos metálicos totais é muito semelhante a coleta de poeira total, a diferença está no uso do cassette com filtro de ester de celulose (EC). A vazão e o volume vão depender do método normatizado empregado.



**Figura 4.3: Calibração amostragem de poeira total**

Fonte: CTISM

Após realizada essa configuração, verifique e ajuste a vazão de acordo com a metodologia normatizada (os ajustes variam de acordo com o fabricante da bomba).



O método de ajuste da vazão da bomba de amostragem vai variar em função do fabricante do equipamento. Algumas são por ação sobre um parafuso de ajuste (Figura 4.4) e outras são eletronicamente ajustadas pelas teclas do equipamento. É necessário ao técnico em segurança estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.



**Figura 4.4: Ajuste da vazão por ação sobre parafuso de ajustagem**

Fonte: CTISM



**Figura 4.5: Ajuste eletrônico da vazão**

Fonte: CTISM

O ajuste eletrônico de vazão se dá acionando as teclas do equipamento.

Existem vários tipos de calibradores de vazão, os mais utilizados são os do tipo eletrônico.



**Figura 4.6: Calibrador eletrônico**

Fonte: CTISM

Os calibradores de vazão da bomba de amostragem variam em função do fabricante do equipamento. É necessário ao técnico em segurança estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.



A Figura 4.7 apresenta o conjunto de amostragem fixado ao trabalhador. O tempo de amostragem vai depender da vazão escolhida e do volume a ser coletado (metodologia empregada). Não se esqueça de posicionar a bomba de amostragem de modo a evitar impactos e evitar que as mangueiras possam sofrer obstruções por amassamentos ou, até mesmo, que possam ser desconectadas por engancharem em obstáculos.



**Figura 4.7: Conjunto pronto para a amostragem de poeira total**

Fonte: CTISM

Ao final da amostragem, calibrar novamente a taxa de fluxo para verificar se o fluxo não foi alterado em mais de 5 %.

Não se esqueça de enviar, também, os brancos de campo do mesmo número de lote dos cassetes de amostragem. Os brancos de campo devem ser submetidos a exatamente o mesmo tratamento que as amostras (aberto, selo, e transporte), exceto que nenhum ar é puxado através deles.



No ambiente virtual de aprendizagem apresentamos um vídeo onde demonstramos os procedimentos para calibração e amostragem de poeira total. Assista às aulas para complementar seus estudos, acessando:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higienico-ocupacional-iii>

Agora você pode estar perguntando: E o cálculo da concentração? Como o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório para o qual o cassete será devolvido após a amostragem, os parâmetros de amostragem (vazão, volume, técnica de análise) e a determinação da quantidade de poeira e sílica cristalina recolhida no filtro serão verificados pelo próprio laboratório, que calculará a concentração e o limite de tolerância, devolvendo essas informações ao técnico em segurança do trabalho que, por sua vez, adotará as medidas de controle necessárias, se for o caso.

Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.



### 4.2.3 Avaliação de poeira respirável

Para a avaliação de poeira respirável serão necessários: cassete, suportes de filtros, filtros, um separador de partículas, instrumentos capazes de coletar um determinado volume de ar padronizado (bombas de amostragem) e um calibrador de vazão.

#### a) Cassete, suporte de filtro e filtro

Na avaliação de poeiras respiráveis, utilizamos um cassete de plástico pré-montado que contém um filtro de cloreto de polivinila (PVC) pré-pesado, normalmente de 37 milímetros, com um tamanho de poro de 5,0 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). Um suporte de papelão é usado para apoiar o filtro PVC dentro do cassete.

#### b) Dispositivo seletivo de tamanho de partículas

Como o interesse são as partículas menores que 10  $\mu\text{m}$ , será necessária a utilização de um separador de partículas, que é um componente do dispositivo de coleta utilizado para separar partículas dentro de uma faixa de tamanhos pré-determinada. Estes dispositivos são denominados ciclones.

O ciclone funciona de maneira semelhante a uma centrífuga. A rápida circulação de ar dentro de sua câmara separa as partículas de poeira de acordo com seu diâmetro aerodinâmico equivalente. As partículas de poeira respirável (menores) são coletadas sobre um filtro na parte superior (no cassete) enquanto as partículas maiores, por centrifugação, são conduzidas para a parte inferior do ciclone e recolhidas em um recipiente acoplado (câmara de coleta).



Existem dois tipos de ciclone: Higgins Dewell (HD) e Dorr-Oliver (DO). Ambos estão disponíveis em plástico condutivo e metal (alumínio), e são produzidos por diversos fabricantes (CASELLA, SKC, BGI e ZEFON).

As amostras de poeira respirável são coletadas no Brasil, normalmente, por meio de um ciclone de *nylon* ou de alumínio.

O ciclone de *nylon* e de alumínio apresentados nessa disciplina, muito utilizados no Brasil nas avaliações ocupacionais, são do tipo Dorr-Oliver, mas para diferenciá-lo dos demais modelos o denominamos apenas ciclone de *nylon* e ciclone de alumínio.

Os principais ciclones utilizados no Brasil são o ciclone de alumínio e o ciclone de *nylon*. Por esse motivo apresentaremos a metodologia de utilização desses dispositivos.

#### 4.2.3.1 Avaliação de poeira respirável com ciclone de alumínio

Na avaliação com ciclone de alumínio, deveremos adquirir um cassete (+filtro), normalmente 37 mm, de três secções. Para a montagem do dispositivo desmontaremos o cassete de três secções e introduziremos o ciclone. A parte a ser removida para a instalação do ciclone é a parte da entrada do ar de amostragem (parte inferior lisa do cassete).

É muito importante que o ciclone seja corretamente inserido no cassete, porque o fluxo de ar deve percorrer um sentido determinado, ou seja, da parte lisa do cassete (baixo), onde será captado o ar, para a parte ranhurada (linhas radiais ao longo da base de plástico). Não inserir o ciclone corretamente no conjunto do filtro-cassete (lado errado ou selo solto) resultará numa amostra desperdiçada.



**Figura 4.8: Ciclone de alumínio**

Fonte: CTISM



Para vedação do ciclone no cassete, existe um anel de borracha. Verifique se esse anel não ficou deslocado ou fora de posição, o que vai inutilizar a avaliação por entrada falsa de ar.

Na parte inferior do ciclone (com tampa vermelha) ficarão retidas as partículas maiores.

Nessa amostragem, utilizaremos as mesmas bombas e calibradores utilizados na avaliação de poeira total, e a calibração é semelhante, para tanto o conjunto cassette/filtro é inserido entre o calibrador e a bomba. Essa calibração deverá ser numa razão de 2,5 L/min (litros por minutos). O volume de ar amostrado segue a padronização e deve ser de acordo com o método de análise que será empregado.

Procedimentos de calibração e amostragem de poeira respirável com ciclone de alumínio.

- a)** Retire a parte inferior (lisa) do cassette de três secções (Figura 4.9)



**Figura 4.9: Retirada da parte inferior (lisa) do cassette de três secções**

Fonte: CTISM

- b)** Insira o ciclone no lugar dessa secção e instale o conjunto no porta cassette. Assegure a perfeita vedação através do anel de borracha do ciclone (Figura 4.10).



**Figura 4.10: Montagem do ciclone no cassette e no porta cassette**

Fonte: CTISM

- c) Insira a câmara de calibração do ciclone (Figura 4.11).



**Figura 4.11: Montagem da câmara de calibração do ciclone**

Fonte: CTISM



Durante a calibração e durante a amostragem, nunca retire a tampa vermelha da câmara de retenção do ciclone.

Para calibração, insira o cassete no porta cassete. Lembre-se que a parte ranhurada deve ser conectada à mangueira que vai para a bomba de amostragem. O orifício de entrada do ar no ciclone deve estar voltado para frente (no porta cassete existe um encaixe que combina com um ressalto no ciclone. Isso assegura o posicionamento correto). Conecte a parte ranhurada do cassete à bomba e conecte a parte inferior da câmara de calibração ao calibrador. Ligue a bomba e o calibrador, verifique e ajuste a vazão.



**Figura 4.12: Esquematização de calibração na avaliação de poeira respirável com ciclone de alumínio**

Fonte: CTISM

O método de ajuste da vazão da bomba de amostragem vai variar em função do fabricante do equipamento. Algumas são por ação sobre um parafuso de ajuste e outras são eletronicamente ajustadas pelas teclas do equipamento. É necessário ao técnico em segurança estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.



Os calibradores de vazão da bomba de amostragem variam em função do fabricante do equipamento. É necessário ao técnico em segurança estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.

A Figura 4.13 apresenta o conjunto de amostragem afixado ao trabalhador. O tempo de amostragem vai depender da vazão escolhida e do volume a ser coletado (metodologia empregada). Não se esqueça de posicionar a bomba de amostragem de modo a evitar impactos e evitar que as mangueiras possam sofrer obstruções por amassamentos ou, até mesmo, que possam ser desconectadas por engancharem em obstáculos.



**Figura 4.13: Conjunto pronto para a amostragem de poeira respirável utilizando ciclone de alumínio**

Fonte: CTISM



Não esqueça que o orifício de entrada do ar do ciclone de alumínio deve ficar voltado para frente, de modo a não criar obstáculos para a entrada do ar. No porta cassette existe, inclusive, um encaixe para o ciclone de alumínio de modo a assegurar esse posicionamento.

Ao final da amostragem, calibrar novamente a taxa de fluxo, para verificar se o fluxo não foi alterado em mais de 5 %. Essa será uma informação muito importante para o laboratório calcular a vazão média para determinar o volume amostrado.

Terminado os procedimentos retire o ciclone de alumínio, remonte a secção inferior retirada e remeta ao laboratório para análise.

Não se esqueça de enviar também os brancos de campo do mesmo número de lote dos cassetes amostragem. Os brancos de campo devem ser submetidos a exatamente o mesmo tratamento que as amostras (aberto, selo e transporte), exceto que nenhum ar seja puxado através deles.

Agora você pode estar perguntando: E o cálculo da concentração? Sendo que o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório, para o qual o cassette será devolvido após a amostragem dos parâmetros de amostragem (vazão, volume, técnica de análise) e quanto a determinação da quantidade de poeira e sílica cristalina recolhida no filtro, serão verificados pelo próprio laboratório, que calculará a concentração e o limite de tolerância, devolvendo essas informações ao técnico em segurança do trabalho que, por sua vez, adotará as medidas de controle necessárias, se for o caso.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

#### **4.2.3.2 Avaliação de poeira respirável com ciclone de *nylon***

Na avaliação com ciclone de *nylon*, podemos adquirir um cassette (+ filtro), normalmente 37 mm (de três secções ou duas secções) e uma jarra de calibração. Para a montagem do dispositivo basta inserir o cassette no ciclone (ele já vem com um dispositivo de fixação do cassette).

É muito importante que o ciclone seja corretamente inserido no cassette, porque o fluxo de ar deve percorrer um sentido determinado, ou seja, da parte lisa

do cassete (baixo), onde será captado o ar, para a parte ranhurada (linhas radiais ao longo da base de plástico). Não inserir o ciclone corretamente no conjunto do filtro-cassete (lado errado ou selo solto) resultará numa amostra desperdiçada.

Na parte inferior do ciclone ficarão retidas as partículas maiores.

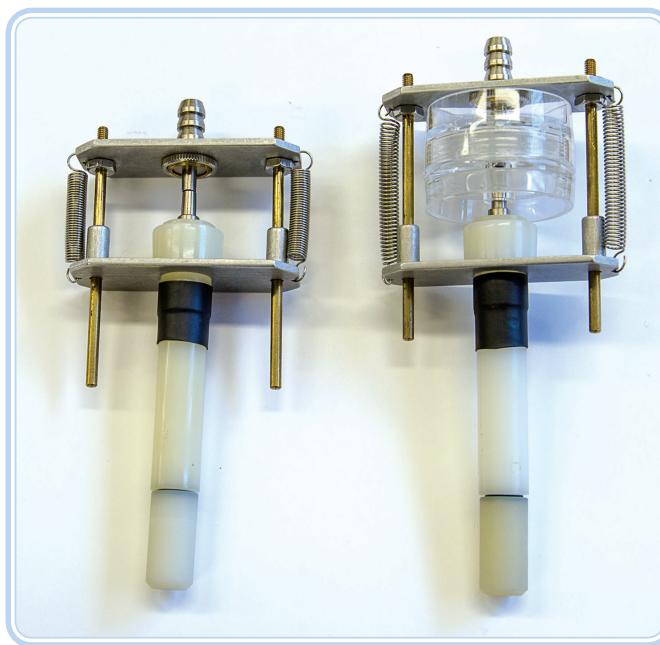


Assista às aulas para complementar seus estudos em:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>

Nessa amostragem, utilizaremos as mesmas bombas e calibradores utilizados na avaliação de poeira total, e a calibração é semelhante, para tanto o conjunto cassete/filtro é inserido entre o calibrador e a bomba. Esta calibração deverá ser numa razão de 1,7 L/min (litros por minutos). O volume de ar amostrado segue na padronização e deve ser de acordo com o método de análise que será empregado.

Procedimentos de calibração e amostragem de poeira respirável com ciclone de *nylon*. Os procedimentos apresentados são para o cassete de duas secções. O mesmo vale para o cassete de três secções.

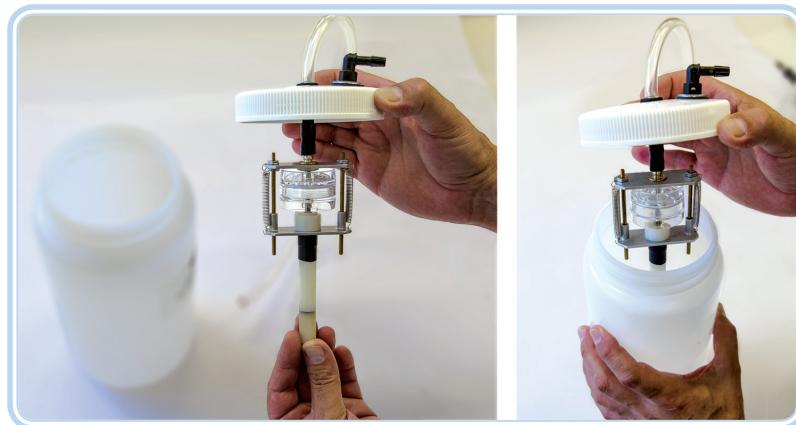
- Insira o cassete de duas secções no dispositivo (Figura 4.14).



**Figura 4.14: Cassete de duas secções no dispositivo**

Fonte: CTISM

- Insira o ciclone de *nylon* dentro da jarra de calibração do ciclone, conectando a parte ranhurada com a mangueira que vai para a bomba (no centro da tampa da jarra de calibração) (Figura 4.15).



**Figura 4.15: Montagem do ciclone de nylon na jarra de calibração**

Fonte: CTISM



Durante a calibração e durante a amostragem nunca retire a tampa da câmara de retenção do ciclone.

- c) Conecte a outra saída da tampa da câmara de calibração ao calibrador. Ligue a bomba e o calibrador, verifique e ajuste a vazão (Figura 4.16).



**Figura 4.16: Esquematização de calibração na avaliação de poeira respirável com ciclone de nylon**

Fonte: CTISM



O método de ajuste da vazão da bomba de amostragem vai variar em função do fabricante do equipamento. Algumas são por ação sobre um parafuso de ajuste e outras são eletronicamente ajustadas pelas teclas do equipamento. É necessário, ao técnico em segurança, estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.

Os calibradores de vazão da bomba de amostragem variam em função do fabricante do equipamento. É necessário, ao técnico em segurança, estudar o manual de operação do equipamento para identificar suas especificidades.



Após esse procedimento o dispositivo estará pronto para utilização.

A Figura 4.17 apresenta o conjunto de amostragem afixado ao trabalhador. O tempo de amostragem vai depender da vazão escolhida e do volume a ser coletado (metodologia empregada). Não se esqueça de posicionar a bomba de amostragem de modo a evitar impactos e evitar que as mangueiras possam sofrer obstruções por amassamentos ou até mesmo que possam ser desconectadas por engancharem em obstáculos.

Não esqueça que o orifício de entrada do ar do ciclone de *nylon* deve ficar voltado para a frente, de modo a não criar obstáculos para a entrada do ar.



**Figura 4.17: Conjunto pronto para a amostragem de poeira respirável utilizando ciclone de *nylon***

Fonte: CTISM

Ao final da amostragem, calibrar novamente a taxa de fluxo, para verificar se o fluxo não foi alterado em mais de 5 %. Essa será uma informação muito importante para o laboratório calcular a vazão média para determinar o volume amostrado.

Terminado os procedimentos, retire o cassete do dispositivo e remeta ao laboratório para análise.

Não se esqueça de enviar, também, os brancos de campo do mesmo número de lote dos cassetes amostragem. Os brancos de campo devem ser submetidos a exatamente o mesmo tratamento que as amostras (aberto, selo, e transporte), exceto que nenhum ar é puxado através deles.

Agora você pode estar perguntando: E o cálculo da concentração? Sendo que o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório para o qual o cassete será devolvido após a amostragem dos parâmetros de amostragem (vazão, volume, técnica de análise) e quanto a determinação da quantidade de poeira e sílica cristalina recolhida no filtro, serão verificadas pelo próprio laboratório, que calculará a concentração e o limite de tolerância, devolvendo essas informações ao técnico em segurança do trabalho que, por sua vez, adotará as medidas de controle necessárias se for o caso.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

#### 4.2.4 Avaliação de poeira inalável

Você pode observar no Quadro 4.1, adaptado da NHO 08, que as partículas inaláveis que não contém sílica cristalina (PNOS) devem ser avaliadas com amostrador IOM com filtro de PVC de 25 mm de diâmetro. Da mesma forma que para as anteriores, a vazão e o volume coletados vão depender da metodologia empregada (normalmente 2 L/min).



Assista às aulas para complementar seus estudos acessando:

<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>

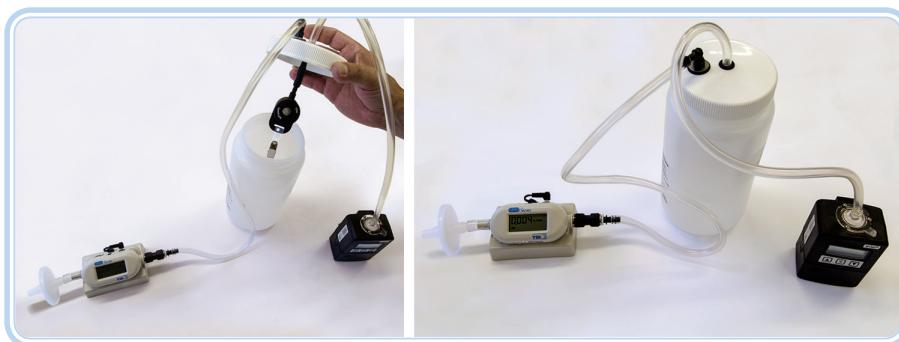


**Figura 4.18: Amostrador IOM**

Fonte: CTISM

O amostrador IOM possui uma câmara de calibração própria (maior precisão), mas podemos realizar sua calibração, opcionalmente, com a jarra de calibração.

Nas Figuras 4.19, apresentamos a sequência de calibração para o referido amostrador.



**Figura 4.19: Posicionamento do amostrador IOM para calibração**

Fonte: CTISM

Como característica do amostrador IOM, é que apenas o filtro e o porta filtro, serão enviados ao laboratório para análise, presos ao clipe de transporte.



**Figura 4.20: Filtro e porta filtro no clipe de transporte**

Fonte: CTISM



**Figura 4.21: Amostrador IOM pronto para a amostragem**

Fonte: CTISM

Ao final da amostragem, calibrar novamente a taxa de fluxo, para verificar se o fluxo não foi alterado em mais de 5 %.

## Resumo

Nessa aula, além de revisar alguns conteúdos, podemos conhecer um pouco mais sobre os equipamentos e dispositivos utilizados na avaliação de particulados. Conhecemos, também, o processo de calibração da vazão para a amostragem e o posicionamento do amostrador durante a avaliação.



## Atividades de aprendizagem

A seguir apresentamos uma série de exercícios para fixação dos conteúdos apresentados. Tente resolvê-los.

1. O TST necessita avaliar um ambiente onde estão presentes particulados e vapores orgânicos. Em relação ao fluxo de ar que passa pelos amostradores ativos, podemos dizer que os fluxos (vazão) serão, respectivamente:

**a)** Baixo fluxo; alto fluxo.

**b)** Baixo fluxo; baixo fluxo.

**c)** Alto fluxo; alto fluxo.

**d)** Alto fluxo; baixo fluxo.

**e)** Médio fluxo; médio fluxo.

**2.** Dispositivo seletor de tamanho de partículas utilizado na avaliação de poeira respirável é denominado:

**a)** Cassete.

**b)** Membrana.

**c)** Calibrador.

**d)** Ciclone.

**e)** Clipe de transporte.

**3.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de poeiras.

I - Sempre conectamos, com uma mangueira, a saída da parte lisa do cassete à bomba de amostragem.

II - A tampa vermelha da câmara de retenção do ciclone de alumínio não deve ser retirada durante a calibração.

III - A tampa vermelha da câmara de retenção do ciclone de alumínio não deve ser retirada durante a amostragem.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**4.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de poeiras:

I - Não é necessária a calibração da vazão após a amostragem, visto que essa operação já foi realizada no início da amostragem.

II - O tempo de amostragem não é importante, pois o mais importante é calibrar a vazão da bomba.

III - O volume de amostragem deve estar relacionado ao método normatizado que será utilizado na posterior análise da avaliação, no laboratório credenciado.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**5.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de poeiras:

I - O sentido do fluxo de ar pelo cassete é da parte lisa (onde será captado o ar), passando pelo filtro e saindo na parte ranhurada.

II - O cassete pronto para a amostragem deve ser fixado à cintura do trabalhador.

III - O orifício de entrada do ar no ciclone deve estar voltado para frente para não haver obstáculos para a entrada da poeira.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**6.** Filtro para amostrador na avaliação de poeira inalável:

**a)** PVC.

**b)** IOM.

**c)** EC.

**d)** Carvão.

**e)** Sílica.

**7.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de PNOS:

I - Poeiras PNOS respiráveis são avaliadas com amostrador IOM.

II - PNOS respiráveis são avaliadas com a utilização de ciclone.

III - A vazão de uma avaliação de PNOS respirável vai depender do dispositivo separador de partículas empregados.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**8.** Relacione as colunas.

(A) Ciclone de *nylon*.  2,5 L/min

(B) Ciclone de alumínio.  1,7 L/min

(C) Amostrador IOM.  2,0 L/min

Assinale a sequência correta.

**a)** A – B – C

**b)** A – C – B

**c)** B – A – C

**d)** C – B – A

**e)** B – C – A

**9.** Relacione as colunas.

(A) Filtro PVC.  Poeira total.

(B) Filtro EC.  Amianto.

Fumos metálicos.

Poeira inalável.

Poeira respirável.

Assinale a sequência correta.

**a)** A – B – B – B – A

**b)** A – B – B – A – A

**c)** B – B – B – A – A

**d)** A – B – A – B – A

**e)** A – B – B – A – B

# Aula 5 – Avaliação de gases e vapores

## Objetivos

Aprender sobre os equipamentos e dispositivos empregados na avaliação de gases e vapores, bem como características e procedimentos de calibração.

### 5.1 Considerações iniciais

Na avaliação e detecção de gases ou vapores, podem ser utilizados equipamentos fixos (instalados no interior dos ambientes ocupacionais) e/ou os equipamentos portáteis (para avaliações ocupacionais da exposição dos trabalhadores).

A amostragem de gases e vapores pode ser feita por coleta de ar total, ou por separação dos contaminantes gasosos, através da retenção destes em meio sólido (adsorção) ou em meio líquido (absorção), ou ainda, por condensação destes gases e vapores.

Devido a grande diversidade de agentes químicos, a metodologia de avaliação, ou seja, tipo de amostrador e amostragem, volume coletado, vazão e número de amostras vai depender do método normalizado e das características da exposição.

Para cada tipo de substância ou grupo, devem-se consultar metodologias padronizadas (exemplo: metodologias NIOSH), que fornecem toda a metodologia de amostragem de campo (vazão, tempo de coleta, tipo de meio de retenção) e análise laboratorial.

Existem muitos equipamentos de vários fornecedores para a avaliação dos gases e vapores. Como se torna praticamente impossível referenciar todos eles, apresentaremos apenas aspectos básicos de operação. Para o detalhamento nos procedimentos operacionais e para a utilização mais completa de todas as características de cada equipamento, caberá ao técnico em segurança do trabalho aprofundar seus estudos baseando-se nos manuais dos equipamentos.



## 5.2 Avaliação com tubos colorimétricos

Consiste em um pequeno tubo de vidro hermeticamente selado, que contém em seu interior materiais sólidos granulados (carvão ativado, sílica gel ou alumina), que são impregnados com uma substância química específica que irá reagir quando entrar em contato com um contaminante específico, ou com um grupo de contaminantes, produzindo uma mudança da coloração do material sólido granulado no interior do tubo (quando a amostragem se inicia, a cor do reagente no tubo detector começará a mudar, ocorrendo um avanço da camada colorida) que poderá ser observada em uma escala graduada que vem impressa na parte externa dos tubos.



Para cada produto ou família de produtos existe um tubo específico.

Para efetuar o contato do contaminante com o reagente, é necessário fazer passar pelo interior do tubo um volume padronizado de ar. A sucção desse ar é efetivada através do uso de uma bomba de fole ou de pistão.

A vantagem desse tipo de amostragem é a facilidade de operação, o baixo custo e a possibilidade do registro das concentrações mais altas e as mais baixas, que ocorrem durante a jornada de trabalho. A desvantagem está na baixa precisão (erros de até 30 %).

Antes da realização das medições, é essencial a leitura do guia de instruções de uso dos tubos reagentes para conhecer o volume a ser aspirado e as colorações finais a serem observadas após a reação, bem como saber as possíveis interferências de outras substâncias, da temperatura e da umidade.

Segundo a NR 15 “A avaliação das concentrações através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma delas, deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 minutos. O L. T. será considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassar os valores fixados no Quadro nº 1”.

As amostragens por tubo colorimétrico são muito úteis quando se quer avaliar a concentração de substâncias que tenham “valor teto”, ou para determinar o “valor máximo”.

Para proceder à avaliação (bombas de pistão):

- a)** Verificar se o tubo e a escala são apropriados para o produto.
- b)** Verificar o prazo de validade impresso na caixa.
- c)** Quebrar as extremidades do tubo no orifício existente na bomba.
- d)** Colocar o tubo com a seta (impressa no tubo) apontando para a bomba.
- e)** Iniciar as aspirações, verificando quantas bombadas serão necessárias de acordo com a letra  $n$  de cada tubo (ou volume especificado).
- f)** A extremidade livre do tubo deverá estar à altura da região respiratória do trabalhador.
- g)** Puxar a alavanca até o bloqueio (tempo especificado no catálogo).
- h)** Para as bombas de pistão, aguardar até que o indicador de fluxo terminado fique branco.
- i)** Caso necessário mais de uma bombada gire a haste  $90^\circ$  e volte lentamente.
- j)** Complete as bombadas.
- k)** Remova o tubo da bomba e leia a indicação na camada colorida.
- l)** Marque com uma caneta para facilitar a leitura e para posterior confirmação.



A letra  $n$  impressa em alguns tubos colorimétricos indica um volume de 100 ml, ou seja, se vier impresso no tubo  $n = 1$  você deverá coletar um volume de ar correspondente a 100 ml.

Se a leitura não for feita logo após o término das aspirações, a cor da camada indicativa poderá sofrer alterações com o passar do tempo.



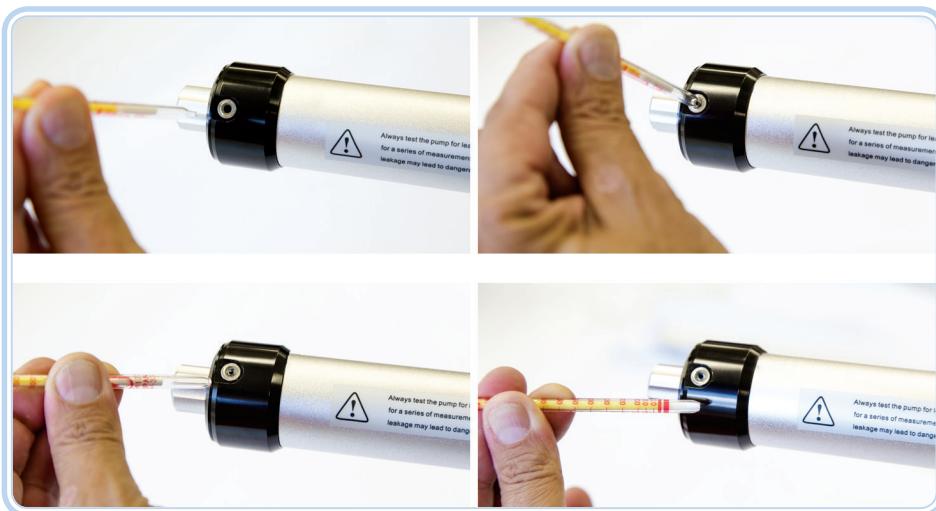
Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

Procedimentos para realização de avaliação com tubos colorimétricos:

- a)** Quebre ambas as extremidades do tubo colorimétrico no orifício quebrador existente na bomba (Figura 5.1).



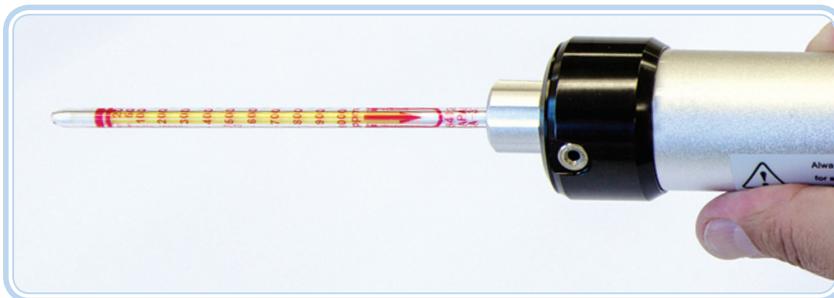
No ambiente virtual de aprendizagem apresentamos um vídeo onde demonstramos os procedimentos para calibração e amostragem com tubos colorimétricos. Assista às aulas para complementar seus estudos em:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 5.1: Quebra das extremidades do tubo**

Fonte: CTISM

- b)** Insira o tubo colorimétrico na bomba com a seta existente no tubo apontando para a bomba (Figura 5.2).



**Figura 5.2: Posicionamento do tubo colorimétrico na bomba de pistão**

Fonte: CTISM

- c)** Faça a aspiração de acordo com o volume normatizado (Figura 5.3).



**Figura 5.3: Aspiração utilizando bomba de pistão**

Fonte: CTISM

As bombas a pistão apresentam um indicador de final de fluxo, ou seja, quando você puxar o êmbolo da bomba vai se criar uma depressão no interior da dela, que será eliminada quando todo o ar passar pelo tubo (pressões iguais). Quando a totalidade do ar a ser aspirado (volume especificado) passar através

do tubo colorimétrico, esse indicador ficará “branco” assegurando que a retirada do tubo pode ser efetuada para leitura da concentração.



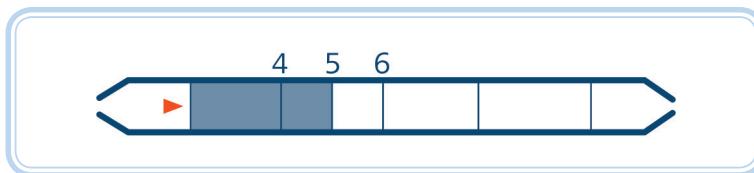
**Figura 5.4: Indicação de final de fluxo – durante a aspiração (a) e após o volume padronizado ter passado pelo tubo (b)**

Fonte: CTISM

### 5.2.1 Tipos de leituras

Quando efetuamos a leitura podem ocorrer as seguintes situações:

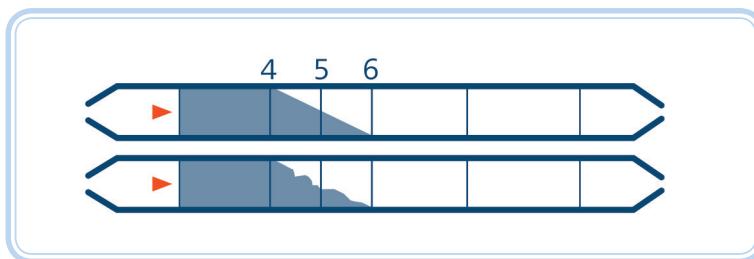
- Camada plana – quando o fim da camada colorida é plana, leia o fim da camada. No exemplo abaixo a leitura é 5 ppm.



**Figura 5.5: Leitura em camada plana**

Fonte: CTISM

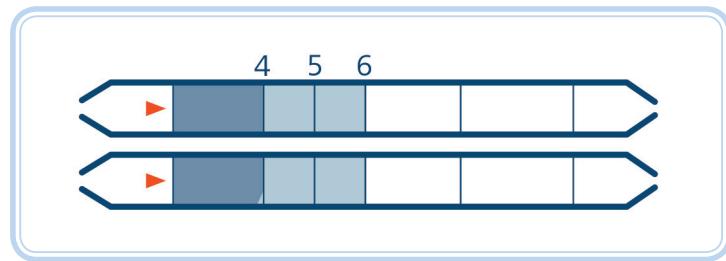
- Camada inclinada – quando o fim da camada colorida for inclinado, leia na média da inclinação. No exemplo abaixo 5 ppm.



**Figura 5.6: Leitura em camada inclinada**

Fonte: CTISM

- Variação na coloração – quando a demarcação da cor da camada fica mais fraca, leia na média da variação de cor. No exemplo abaixo 5 ppm.



**Figura 5.7: Leitura com variação na coloração da camada**

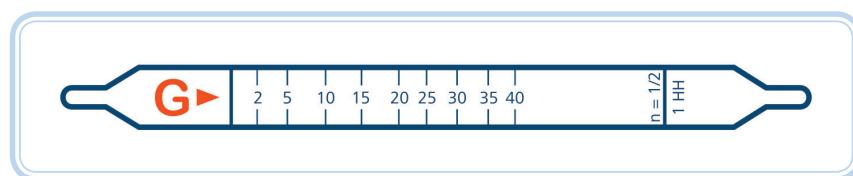
Fonte: CTISM

### Observação

Para as bombas de pistão não se esqueça de girar a haste em 90° se for dar mais de uma bombada.

#### 5.2.2 Tipos de tubos

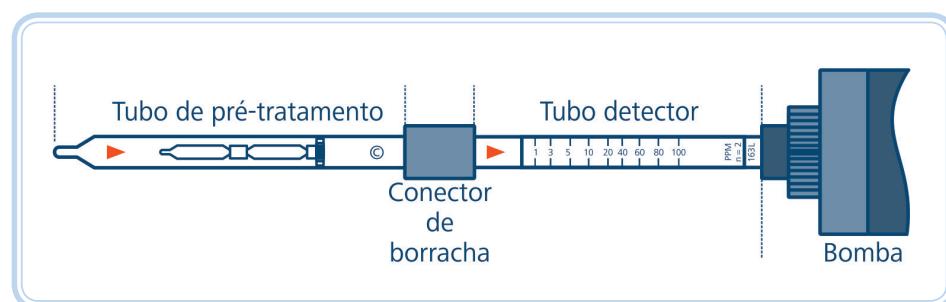
- a) Simples – apenas o tubo detector específico é necessário.



**Figura 5.8: Tubo simples**

Fonte: CTISM

- b) Com tubo de pré-tratamento – tubos de pré-tratamento são colocados na frente dos tubos detectores para torná-los mais sensíveis ao produto (eliminar a umidade ou outras substâncias que possam interferir na reação e, consequentemente, na medição). Exemplo: avaliação do ácido acético (tubo primário para absorção da umidade do ar).



**Figura 5.9: Montagem completa – tubo de pré tratamento, conector de borracha, tubo colorimétrico e bomba**

Fonte: CTISM



#### Lembre-se

Verifique sempre na “bula” do tubo colorimétrico (instruções fornecidos pelos fabricantes dos tubos) possíveis substâncias e suas interferências, validade, bem como correções para temperatura e umidade.

Existem, para o mesmo tipo de amostragem (com tubos colorimétricos), as bombas de fole.

As bombas de fole são projetadas para succionar e manter um volume interno de ar de exatamente a 100 mililitros.

Para proceder à avaliação (bombas de fole), o procedimento é semelhante ao das bombas de pistão. Mas é necessário verificar a hermeticidade da bomba de fole:

- a)** Comprimir totalmente a bomba de fole.
- b)** Tapar, com um dedo o orifício onde será inserido o tubo reagente.
- c)** Sem destampar o orifício e não retirando o dedo, abrir a mão, liberando o fole: se a parte sanfonada retornar à sua posição normal, há o indício de que existe vazamento de ar na bomba de fole, e ela não poderá ser utilizada.

Para os demais procedimentos, seguir as instruções do fabricante quanto ao volume a ser aspirado.



**Figura 5.10: Bombas de fole para tubos colorimétricos**

Fonte: [http://www.draeger.com/sites/pt-bras\\_br/Pages/Chemical-Industry/Draeger-Tube-pump-accuro.aspx?navID=1012](http://www.draeger.com/sites/pt-bras_br/Pages/Chemical-Industry/Draeger-Tube-pump-accuro.aspx?navID=1012)

### 5.3 Avaliação com tubos adsorventes

Materiais adsorventes são usados para **adsorver** o vapor ou gás para a sua superfície durante a amostragem. Após, em laboratório, estes são, então, dessorvidos do material, através de outras substâncias químicas ou termicamente e submetidos a uma análise química, normalmente por meio de um cromatógrafo gasoso.



Muitos vapores e gases, comumente presentes na atmosfera, reagem com as mesmas substâncias químicas ou apresentam propriedades físicas similares, podendo ocorrer falsas leituras, altas ou baixas, para a substância que está sendo amostrada.

#### A-Z

##### **adsorver**

É a ação de aderir moléculas de um fluido (o adsorvido) a uma superfície sólida (o adsorvente).

Para cada análise de produto (ou família de produtos), uma metodologia deve ser consultada para se obter detalhes específicos sobre meios de amostragem requeridos, sobre as taxas de amostragem e tempos de amostragem para os produtos químicos específicos.



Para saber mais sobre metodologias de amostragem, acesse:  
[http://www.skcinc.com/OSHA-NIOSH/list.asp?Enter\\_Letter=0](http://www.skcinc.com/OSHA-NIOSH/list.asp?Enter_Letter=0)  
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/methodfinder.pdf>

Existem vários tamanhos de tubos. Para a maioria das rotinas de amostragem utilizamos os de tamanho pequeno. Para identificar o tubo apropriado devemos consultar a literatura técnica.

As taxas de fluxo variam, mas geralmente ficam entre 20 a 100 ml/min, o suficiente para os produtos serem adsorvidos.

O uso dos tubos adsorventes na avaliação de gases e vapores vai requerer a utilização de bombas de amostragem de **baixo fluxo**.

As bombas de baixo fluxo são de tamanho pequeno (podem ser inclusive de bolso) e os procedimentos da avaliação vão variar de acordo com o produto e o método de avaliação empregado.



**Figura 5.11: Bombas de baixo fluxo para a avaliação de gases e vapores**

Fonte: (a) <http://www.skcinc.com/pumps/210-1000.asp>  
(b) <http://www.sensidyne.com/air-sampling-equipment/gilian-air-sampling-pumps/lfs-113-air-sampling-pump/>

Normalmente, oferecem dois modos de amostragem selecionáveis pelo usuário: baixo fluxo de ar com modo de controle de fluxo constante para aplicações, único tubo absorvente e o modo multifluxo (controle de pressão constante), que permite várias amostras sendo tomadas simultaneamente (uso de mais de um tubo simultaneamente).



**Figura 5.12: Porta tubos para 01 tubo**

Fonte: CTISM

Existem as bombas de baixo fluxo com saída para **bags**, que permitem, também, a coleta do tipo “ar total”.

**A-Z**

**bags**

Sacos confeccionados de materiais especiais para a coleta de ar total.



**Figura 5.13: Bomba de baixo fluxo para tubos adsorventes e bags**

Fonte: <http://www.skcinc.com/pumps/210-1000.asp>

Como o método é de leitura indireta, será necessário o envolvimento de um laboratório de análise que fornecerá os tubos adsorventes (carvão ativado, sílica gel) e as informações necessárias para a amostragem (vazão, volume). Caberá ao técnico em segurança do trabalho efetuar a avaliação segundo os parâmetros indicados ou, se for o caso, acompanhar a avaliação realizada por higienista ocupacional contratado para efetuá-la.

O importante é que a avaliação seja representativa, ou seja, em quantidades suficientes (tempo, número de amostragens) para caracterizar a exposição.

Você poderá utilizar, também, algumas das bombas de **alto fluxo** empregadas na avaliação de particulados, mas com a necessidade de alguns adaptadores externos para habilitá-las a uma avaliação com vazão reduzida. Nesse caso, normalmente a bomba será calibrada para uma vazão de 1,5 L/min e o ajuste para baixa vazão será efetuado na válvula (parafuso de ajustagem) do porta tubos (Figura 5.19).



**Figura 5.14: Bomba de alto fluxo com adaptadores externos para baixo fluxo (baixo fluxo de ar com modo de controle de fluxo constante para aplicações com um único tubo absorvente e o modo multifluxo (controle de pressão constante) que permite várias amostras sendo tomadas simultaneamente (tubos múltiplos))**

Fonte: CTISM



**Figura 5.15: Bomba de alto fluxo com adaptador externo para baixo fluxo**

Fonte: CTISM

Já existem no mercado bombas **multifluxo**, que podem ser utilizadas tanto para avaliação de **alto e baixo fluxo** com ajuste interno na bomba. Este tipo de equipamento é indicado quando existe a necessidade da avaliação tanto de particulados quanto de gases e vapores.



**Figura 5.16: Bomba multifluxo sem adaptadores externos**

Fonte: CTISM

Agora você pode estar perguntando: E o cálculo da concentração? Como o conjunto coletor é preparado e fornecido por um laboratório para o qual o tubo adsorvente será devolvido após a amostragem dos parâmetros de amostragem (vazão, volume, técnica de análise) e a determinação da quantidade do agente recolhida será verificada pelo próprio laboratório, que calculará a concentração da exposição, devolvendo essas informações ao técnico em segurança do trabalho que, por sua vez, adotará as medidas de controle necessárias, se for o caso.

### 5.3.1 Método de coleta

Uma amostra é recolhida através da passagem de um determinado volume de ar (vazão normatizada) através do tubo, ligando-o a uma bomba de amostragem, que succionará o ar. O produto químico no ar a ser analisado ficará retido à superfície do adsorvente. O tubo é então selado com tampas de vedação e enviado para um laboratório para análise (onde será removido o adsorvente e extraído o produto químico retido, usando-se solventes ou calor).



**Figura 5.17: Tubos adsorventes**

Fonte: CTISM

Como podemos observar na Figura 5.18, os tubos adsorventes são lacrados. Será necessário, da mesma maneira de que com os tubos colorimétricos, quebrar as extremidades (abertura de, pelo menos, metade do diâmetro interno do tubo) antes de inserir na capa de borracha suporte do porta-tubos.



**Figura 5.18: Porta-tubos adsorventes**

Fonte: CTISM

A taxa de fluxo correta para o produto químico de interesse é determinada pelo método de análise normalizado escolhido. Consulte o manual de instruções da bomba de amostragem para assegurar que ela é capaz de realizar a amostragem à taxa de fluxo correta.

### 5.3.2 Calibração

Calibre a vazão de cada tubo, tal como o especificado no método de análise para o produto químico de interesse. Depois de calibrar a taxa de fluxo, remover o calibrador.

Utilize um tubo adsorvente para proporcionar a calibração. Este tubo vai ser usado para calibrar o fluxo e não para a coleta da amostra. Esse tubo será utilizado após a amostragem para verificar a taxa de fluxo. Não se esqueça de anotar os valores.

#### 5.3.2.1 Calibração da vazão utilizando bombas de alto fluxo para avaliação de tubos adsorventes

O procedimento de calibração é muito semelhante ao utilizado na calibração dos cassetes de particulados. A diferença é que aqui vamos utilizar o porta-tubo, que é um dispositivo que permite, além da fixação do tubo em um suporte de borracha, a regulagem fina da vazão de baixo fluxo normatizada, através da ação sobre um parafuso.

A sequência, a seguir, apresenta o processo de calibração quando utilizamos bomba de **alto fluxo**.

#### Lembre-se

Ao adquirir a bomba de amostragem compre também todos os acessórios (porta tubo, capa plástica protetora do tubo e controlador de pressão constante), que são necessários para efetuar os procedimentos de amostragem.

- a)** Ligue a bomba por 5 minutos antes de realizar a calibração.
- b)** Para aplicações de um único tubo, defina a taxa de fluxo entre 1,5 a 2,0 L/min (para aplicações com tubos múltiplos, a taxa de fluxo da bomba deve ser fixado em  $\geq 15\%$  da soma das vazões através de todos os tubos).
- c)** Utilize as tubulações para conectar o controlador de pressão constante à bomba de amostragem.



Para amostragem de tubos múltiplos, repita esse procedimento para cada porta para calibrar a taxa de fluxo para cada tubo. Vede portas não utilizadas durante a calibração com tubos fechados. Para suportes de tubo para três ou quatro tubos simultaneamente verifique as instruções do fabricante, pois existem modelos distintos. O importante é ao usar um suporte multitubos verificar para que todas as portas contenham tubos absorventes (ou estejam seladas).

- d)** Conecte o controlador de pressão constante por meio de uma mangueira, ao porta tubo ajustável para baixo fluxo.
- e)** Inserir o tubo aberto no suporte de borracha.
- f)** Solte o parafuso de ajuste e conecte a parte aberta exposta do tubo a um calibrador.
- g)** Ligue a bomba (verifique manual do equipamento para esse procedimento), gire o parafuso de ajuste de fluxo (válvula de agulha) do suporte de tubo até que o calibrador indique a taxa de fluxo desejada (não ajustar a taxa de fluxo da bomba). Lembre-se que a vazão da bomba será mantida entre 1,5 a 2,0 L/min e que o ajuste fino (baixa vazão) será realizado no parafuso do porta tubo.
- h)** Desligue o calibrador e substitua o tubo de calibração por tubos novos para realizar a amostragem.

Após esses procedimentos, efetue a amostragem afixando o porta tubo na zona respiratória do trabalhador.

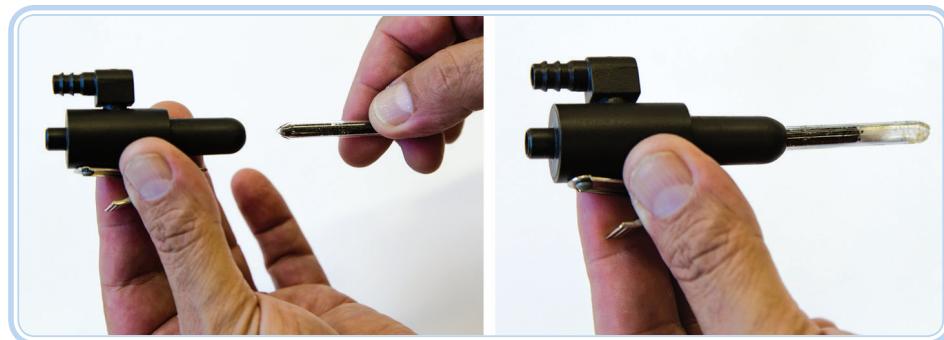
As Figuras 5.19, 5.20, 5.21 e 5.22, apresentam alguns detalhes do processo de montagem do dispositivo.



**Figura 5.19: Parafuso de regulagem do porta tubo**  
Fonte: CTISM

O ajuste da vazão é realizado através da ação sobre o parafuso de regulagem do porta tubo (Figura 5.19).

O tubo adsorvente deve ser inserido (após as extremidades quebradas) no suporte de borracha do porta tubo (Figuras 5.20 e 5.21). Como exemplo, apresentamos dois porta tubos de fabricantes distintos.



**Figura 5.20: Colocação do tubo adsorvente no porta tubo (modelo 01)**

Fonte: CTISM



**Figura 5.21: Colocação do tubo adsorvente no porta tubo (modelo 02)**

Fonte: CTISM

Na Figura 5.22, podemos observar que o tubo adsorvente foi inserido no porta-tubos e sua extremidade aberta conectada ao calibrador eletrônico.

Quando estiver pronto para iniciar a amostragem, quebre as duas extremidades de um tubo adsorvente novo (do mesmo modelo usado para calibrar o fluxo) e insira no suporte de borracha do porta tubo.

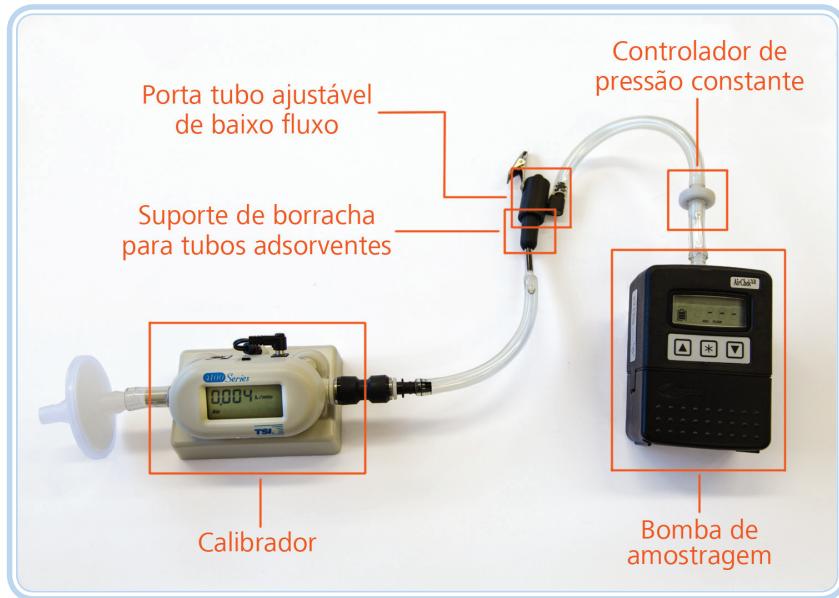


Figura 5.22: Calibração para amostragem com tubos adsorventes

Fonte: CTISM

Os tubos podem ter várias camadas de material, onde a camada menor é a camada que deve ser mais próxima à entrada da bomba de amostragem (se existirem setas impressas, estas indicarão o sentido do fluxo). A seção de entrada menor (*backup*) serve para que seja possível detectar uma eventual saturação da seção frontal (maior) tanto por sobrecarga como por adsorção de outras substâncias químicas no ar amostrado. No caso de camada de sólido adsorvente única, essa camada fica em direção à bomba (veja Figura 5.23).

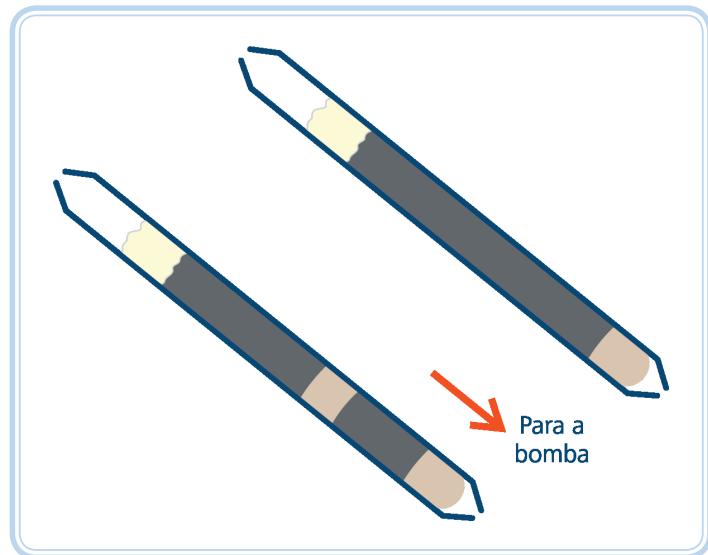


Figura 5.23: Direção do fluxo em amostragem com tubo adsorvente

Fonte: CTISM

Coloque uma capa protetora sobre o tubo absorvente (acessório). Prenda o clipe para fixar a mangueira no trabalhador sem obstruí-la e a bomba no cinto do trabalhador. O tubo adsorvente deve ser colocado na posição vertical durante a amostragem. Ligue a bomba e anote a hora de início e de qualquer outra informação de amostragem. No final do período de amostragem, desligue a bomba e anote a hora de término. Retire os tubos absorventes, sele as extremidades de cada tubo com as tampas fornecidas e identifique o tubo.

Usando um calibrador, calibrar a taxa de fluxo com tubos absorventes originalmente usados para calibrar o fluxo, para verificar se o fluxo não se alterou por mais de 5 %.

Envie os tubos para o laboratório para análise.

Alguns tubos podem sofrer desorção, sendo necessária a imediata vedação dos tubos com as tampas fornecidas. Outros ainda exigem o armazenamento e envio ao laboratório sob refrigeração.



As Figuras 5.24 e 5.25 apresentam o dispositivo pronto para a amostragem.



**Figura 5.24: Amostragem com tubo adsorvente (modelo 1)**

Fonte: CTISM



Assista às aulas para complementar seus estudos acessando:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 5.25: Amostragem com tubo adsorvente (modelo 2)**

Fonte: CTISM

Não se esqueça de enviar também os brancos de campo do mesmo número de lote dos tubos de amostragem. Os brancos de campo devem ser submetidos a exatamente o mesmo tratamento que as amostras (aberto, selo e transporte), exceto que nenhum ar é puxado através deles.



Os equipamentos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou equipamento. Existem vários equipamentos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.

## 5.4 Avaliação de gases e vapores por ar total

Na amostragem de gases por ar total, utilizam-se as bombas de baixo fluxo que devem ter a vazão calibrada de acordo com a metodologia normatizada. A bomba succionará o ar do ambiente e o armazenará no *bag* (saco de amostragem), que posteriormente será enviado a um laboratório credenciado para análise.

Existem, ainda, as câmaras de vácuo para *bags*, que são caixas rígidas de amostra de ar que permitem o enchimento direto de um *bag* de amostra de ar com pressão negativa fornecida pelas bombas de amostragem de ar de alto fluxo. Nesse caso, a amostra de ar entra no saco diretamente, sem passar através da bomba. Isto elimina o risco de contaminar a bomba ou a amostra.

Para utilizar os *bags*, consulte a metodologia normatizada para identificar a vazão, o volume e a capacidade necessária do *bag* (volume).



**Figura 5.26: Coleta de ar total com bomba de baixo fluxo para bags de amostragem**  
Fonte: CTISM

Evite encher o bag com mais do que 80 % de sua capacidade (volume máximo).



**Figura 5.27: Bags de amostragem com enchimento incorreto (a) e com enchimento correto (b)**

Fonte: CTISM

## 5.5 Avaliação de gases e vapores com monitores passivos

Os monitores passivos, também conhecidos como amostradores difusivos, são úteis para o monitoramento de conformidade. A principal vantagem da amostragem por difusão é que nenhuma bomba de amostragem é necessária. Instruções específicas de amostragem, para cada tipo de amostrador passivo, são fornecidas com o amostrador e nos métodos normatizados (o adsorvente é escolhido para melhor recolher o produto químico de interesse).



Para saber mais sobre amostragem com monitores passivos, acesse:  
[https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/tox/tox\\_chemsamp.html](https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/tox/tox_chemsamp.html)

<http://www.skincinc.com/PassiveGuide/default.asp>

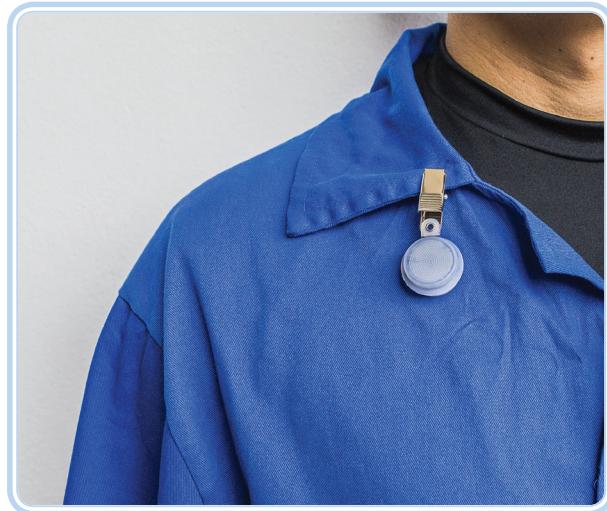
Os amostradores passivos não devem ser abertos até um pouco antes da amostragem, pois eles começam a amostrar assim que são abertos. Ao fim da amostragem, devemos lacrar os amostradores com os materiais de embalagem fornecidos pelo fabricante, anotar o tempo de amostragem, temperatura e umidade do ar. Envie o amostrador lacrado e todos os seus acessórios ao laboratório para análise, onde as substâncias serão dessorvidas através de outro solvente, e submetidas à cromatografia gasosa.



Os produtos aqui apresentados são os disponíveis no Laboratório de Higiene Ocupacional do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria. Portanto, não estamos fazendo apologia a determinada marca ou produto. Existem vários produtos disponíveis que executam as avaliações com qualidade similar.



Assista às aulas para complementar seus estudos acessando:  
<http://estudioead.ctism.ufsm.br/index.php/51-galeria-de-videos/seguranca-do-trabalho-higiene-ocupacional-iii>



**Figura 5.28: Avaliação com amostrador passivo**  
Fonte: CTISM

## 5.6 Avaliação de gases e vapores com equipamentos eletrônicos



Para saber mais sobre instrumentos de leitura direta, acesse:  
[https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_ii/otm\\_ii\\_3.html#direct-reading\\_instrumentation](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/otm_ii_3.html#direct-reading_instrumentation)

Para esse tipo de avaliação, utilizamos os instrumentos de leitura direta (algumas vezes chamados de instrumentos em tempo real) para fornecer informações no momento da amostragem, permitindo, assim, a tomada de decisão rápida. Estes instrumentos fornecem informações caso os trabalhadores estejam expostos a concentrações que excedam os limites de exposição instantâneos (teto), para identificação de ambientes enriquecidos ou deficientes em oxigênio, imediatamente perigosas a (IPVS), níveis elevados de contaminantes do ar e atmosferas inflamáveis.

As principais aplicações dos detectores eletrônicos são no monitoramento de concentrações perigosas de monóxido de carbono (CO), sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), oxigênio ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), cloro ( $Cl_2$ ), gás cianídrico (HCN), amônia ( $NH_3$ ), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), monóxido de nitrogênio (NO), fosfina ( $PH_3$ ) e gases combustíveis (vapores orgânicos).

Para a utilização dos equipamentos, é necessário a calibração antes do uso e o estabelecimento dos níveis de alarme. Assim que os limites de alarme forem ultrapassados, ou se os valores caírem para além da concentração de oxigênio estabelecida, os equipamentos ativam um alarme sonoro, visual e vibratório. Os equipamentos podem ainda possuir alarmes para TWA e STEL ajustáveis e alarme para quando a bateria acabar.

Os equipamentos podem ser do tipo monogás (apenas um gás) ou multigases (mais de um gás simultaneamente), para uso pessoal (preso ao cinto do trabalhador) ou para monitoramento do ambiente ocupacional.



Para saber mais sobre **TWA** e **STEL** revise os conteúdos de PEIXOTO, et al. Higiene Ocupacional III. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.



**Figura 5.29: Equipamentos eletrônicos para avaliação de gases e vapores**

Fonte: CTISM

Como pode ser observado, é muito importante para o técnico em segurança do trabalho recorrer à literatura técnica e aos manuais dos equipamentos para a calibração e ajuste dos alarmes (os equipamentos de diferentes marcas possuem diferentes metodologias de operação). Também se faz necessário adquirir, conjuntamente com o equipamento, a estação de calibração (cilindro de gases para verificar a resposta do equipamento à medição e o funcionamento dos dispositivos de alarme).

Na aula sobre espaços confinados, você conhecerá a metodologia de calibração e amostragem de um equipamento multigás, o que referencia aplicações mais

simples com a utilização de equipamento monogás. Ressaltamos, mais uma vez, que existe uma diversidade de bons equipamentos eletrônicos, cada um com metodologias distintas, cabendo a você estudar as características para fazer a escolha correta e tornar a utilização mais eficiente e precisa.



**Figura 5.30: Calibração de equipamento monogás**

Fonte: CTISM

## Resumo

Nessa aula, estudamos aspectos básicos da avaliação de gases e vapores, utilizando tubos colorimétricos, tubos adsorventes, monitores passivos e detectores eletrônicos.



## Atividades de aprendizagem

1. Os processos de adsorção e absorção fazem parte dos métodos de amostragem por:
  - a) Coleta ar total.
  - b) Coleta líquida.
  - c) Coleta por separação do contaminante.
  - d) Coleta por membrana de PVC.
  - e) Coleta por ciclone.

**2.** O meio coletor do contaminante associado ao tubo colorimétrico é denominado:

**a)** Líquido absorvente.

**b)** Membrana.

**c)** Líquido adsorvente.

**d)** Sólido absorvente.

**e)** Sólido adsorvente.

**3.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de gases e vapores com tubos colorimétricos:

I - Os tubos têm uma indicação técnica para adsorver determinado produto químico (tubos específicos para cada produto ou família de produtos).

II - Bombas que indicam o final de fluxo facilitam a operação de amostragem, por indicar que o volume especificado foi coletado.

III - A leitura do valor da concentração não necessita ser realizada imediatamente à amostragem, podendo o técnico em segurança fazê-la quando o convier (sem prazo).

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e II somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

- 4.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de gases e vapores com bombas de fluxo:

I - Um item fundamental é a análise da metodologia normatizada de avaliação.

II - Na escolha do tubo de amostragem não interessa uma pré-avaliação da concentração, pois todos os tubos são do mesmo tamanho.

III - Na avaliação, usamos bombas de amostragem operando em baixo fluxo.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e III somente
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

- 5.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de gases e vapores com bombas de fluxo:

I - Não é permitido a utilização do modo multifluxo (mais de um tubo simultaneamente).

II - A coleta de ar total é realizada com bombas de amostragem operando em baixo fluxo.

III - A análise da concentração com tubos de leitura indireta deverá envolver um laboratório especializado, pois são necessários equipamentos específicos de análise.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**6.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de gases e vapores:

I - Não é necessário vedar as pontas dos tubos de leitura indireta após a coleta com bombas de amostragem.

II - Não existe sentido de fluxo do ar que passa pelos tubos.

III - A vazão da bomba de fluxo é ajustada de acordo com a metodologia de amostragem e análise do produto químico a ser avaliado.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** III somente.

**c)** I e III somente.

**d)** II e III somente.

**e)** Todas estão corretas.

**7.** Analise as afirmativas relativas à avaliação de gases e vapores com monitores passivos:

I - Os amostradores passivos têm como fenômeno químico a adsorção por difusão.

II - Ao finalizar a amostragem, devemos lacrar imediatamente os monitores passivos de acordo com o recomendado pelo fabricante.

III - A temperatura, a umidade do ar e o tempo de amostragem não interferem na coleta, pois o processo de difusão independe desses fatores.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

# Aula 6 – Avaliação de espaços confinados

## Objetivos

Aprender sobre metodologias e utilização de equipamentos multi-gases para avaliação de espaços confinados.

### 6.1 Considerações iniciais

Para seu conhecimento, informamos a você que o equipamento que está sendo apresentado nessa aula é de propriedade do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM).

Este guia foi elaborado baseado no manual técnico de operação do instrumento e não o substitui, não sendo feito nessa aula de forma alguma, apologia a marca e nem ao modelo do instrumento, que está listado a seguir:

Manual de Funcionamento: Detector Multigás. Desenvolvido pela Mine Safety Appliances Company (MSA, 2012).

### 6.2 Estrutura física

Este equipamento é descrito como um aparelho multigás, destinado para avaliação de ambientes de trabalho típicos de espaços confinados presentes na indústria, na detecção de quatro tipos de gases: os tóxicos, através de um sensor duplo onde pode ser detectada a concentração de monóxido de carbono (CO) e sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), os inflamáveis, sendo monitorado o limite inferior de explosividade e para os casos onde o produto que ocupa o ambiente seja do tipo asfixiante simples, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio (N<sub>2</sub>), por exemplo, se detecta o teor de oxigênio.

Na Figura 6.1, você pode visualizar este equipamento. Com a numeração indicada, têm-se as partes fundamentais importantes para sua informação, tais como: a entrada dos sensores por onde passarão os gases e os vapores sinalizados em “1”, no “2” encontra-se o botão de ligar e desligar o instrumento, os botões de movimento para baixo e para cima em “3” e “7”, o “4” indica a posição do *display* (ou ecrã), os **LED's** de segurança, de falha e de carga que funcionam em “5”, e em “6”, a sirene do dispositivo.

**A-Z**

**LED**

*Light-Emitting Diode*: traduzindo para a língua portuguesa, significa diodo emissor de luz.



**Figura 6.1: Detector multigás**

Fonte: CTISM

Além disso, a tecla indicada em “2” é usada para efetuar a confirmação de uma operação, ou seja, qualquer ação para se gravar no equipamento ou determinar que uma operação seja realizada, esta deve ser pressionada.

A tecla “para cima”, indicada em “7”, em síntese, tem a finalidade de inserir valores de concentração de TLV (*Threshold Limit Value*), tais como o TWA (*Time Weighted Average*) referente à média ponderada no tempo e o STEL (*Short Time Exposure Limit*) para exposição de curta duração. Entre outras funções, pode aumentar os valores de alarme nos menus de configuração e acessar o modo de calibração do instrumento.

A tecla “para baixo”, indicada em “3”, resumidamente, pode ser usada no menu de configuração do instrumento para diminuir valores e, no modo de medição, a tecla ajuda na operação de avançar dados. Durante a operação normal, ao ser pressionado por 3 segundos você torna ativo o alarme imediato.

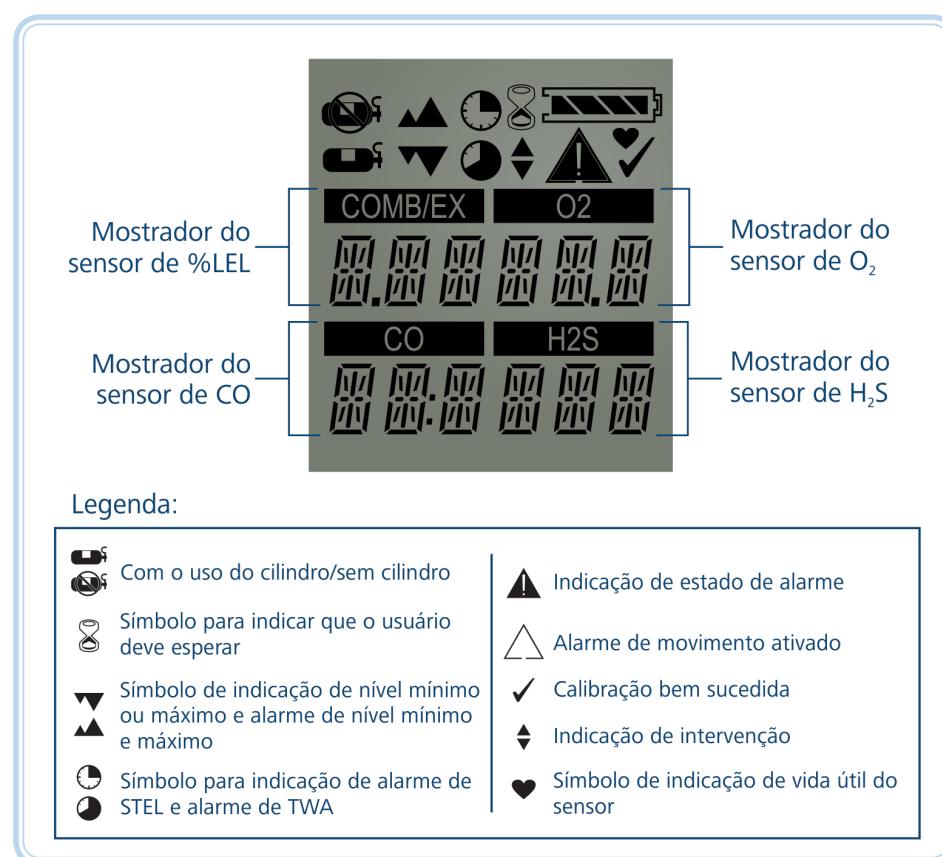
## 6.3 Guia de operação básica de detector multigás

Depois de conhecer um pouco da estrutura de um aparelho multigás, podemos começar aprendendo como colocar um detector deste tipo em funcionamento, para se realizar uma avaliação das condições do ambiente interno de espaços confinados, antes de uma entrada para trabalho, assim como o de monitorar continuamente o trabalhador durante suas atividades pós-entrada.

### 6.3.1 Etapa de inicialização: ligar/desligar

Nesta parte do nosso estudo, vamos aprender como inicializar o equipamento. Para começar, execute o passo a seguir:

- Pressione a tecla central “2”. Ao ligar, percebe-se o som de dois bipes. Aparecerão no *display* do equipamento os mostradores que informam a leitura dos sensores do multigás e a simbologia disponível que auxilia o usuário durante as operações de medição, calibração e configuração, como mostra a Figura 6.2.



**Figura 6.2: Mostrador do multigás com a informação sobre suas simbologias**  
Fonte: CTISM, adaptado de MSA, 2012



No canto superior direito do *display* tem-se o indicador de carga da bateria.

- Em seguida, o equipamento realiza um auto-teste, onde são apresentados e verificados os sensores, nome do instrumento, a versão do *software*, tipo de gás combustível que está preparado para medir, unidades de concentração de gás tóxico, níveis de alarme alto e baixo, tempo da última calibração, etc.



**Figura 6.3: Auto-teste do multigás**

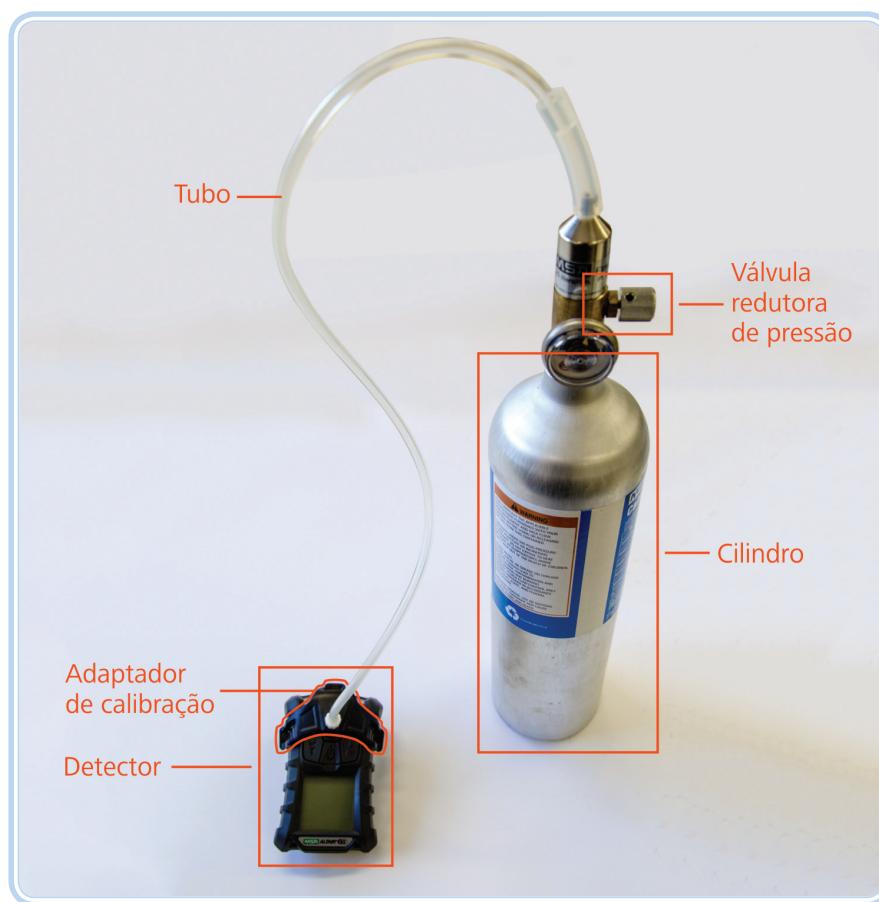
Fonte: CTISM, adaptado de simulador de MSA, 2012

- Depois do auto teste, o equipamento apresenta ao usuário a possibilidade de, se ele deseja, poder realizar um ajuste de ar limpo. Nesta parte, aparece no *display* a mensagem "FAS".
- Leve o multigás para um ambiente limpo e pressione a tecla central "2". Com o ajuste realizado com sucesso, a mensagem "FAZ PASS" aparece no *display*. Neste procedimento, os sensores são ajustados para considerar o ar utilizado como ar limpo, com a leitura de concentração medida livre de contaminantes, fazendo com que as medidas sofram influência somente das substâncias que os sensores estão preparados para medir.

## 6.4 Calibração do instrumento

Já sendo apresentadas a você algumas informações sobre comandos básicos para o conhecimento da operação com o uso do multigás, vamos entender como funciona o procedimento para a calibração do instrumento. Esta é uma etapa que deve ser realizada antes de iniciar os trabalhos a serem desenvolvidos em um espaço confinado, sendo necessário que a bateria do multigás já tenha sido carregada ou que já contenha carga e não deve ser feita quando o mesmo estiver ligado a rede de energia elétrica.

A calibração é um procedimento onde as leituras dos sensores são comparadas com os valores de concentração conhecida (informada pelo fabricante) de uma mistura de gases proveniente de um cilindro, como o que você pode encontrar na Figura 6.4, assim como os materiais que o acompanham, entre eles está a válvula redutora de pressão, um tubo e um adaptador. Se as leituras forem idênticas as da mostrada pelo rótulo do cilindro ou se apresentam uma diferença considerada aceitável pelo fabricante do multigás, este estará pronto para medição.



**Figura 6.4: Material para calibração de um multigás**

Fonte: CTISM

Para realizar a calibração deste equipamento, devemos seguir um procedimento baseado em duas etapas: na primeira, faz-se a calibração de Zero e em seguida, a de Span (esta é realizada com o cilindro de gases).

Na calibração de Zero, o objetivo é estabelecer uma origem ao sistema de medidas, fazendo com que os sensores passem a adotar um valor de zero. Para a execução desta etapa, siga os seguintes passos seguindo a numeração dos comandos apresentados na Figura 6.1:

- a)** Após a inicialização do multigás, pressione o botão “7” por três segundos.
- b)** Aparecerão no *display* a mensagem “ZERO CAL” e a sinalização “sem cilindro”.
- c)** Para prosseguir a calibração, deve-se pressionar o botão “2”, o mesmo de ligar/desligar. Caso, você não deseje prosseguir, aperte a o botão “7”, o mesmo que “para cima”.
- d)** Confirmando a operação, os sensores serão atualizados e então, realizada a calibração de Zero. Com a atualização bem sucedida, o *display* apresenta a mensagem “ZERO PASS”. Caso venha ocorrer falha nesta operação, o *display* sinaliza “ZERO ERR” indicando o respectivo sensor que não funcionou corretamente.



Durante o procedimento de calibração de Zero mencionado acima, o sensor do oxigênio ( $O_2$ ) é ajustado por uma calibração de Span com ar ambiente e limpo para uma concentração de 20,8 % em volume. Na calibração de Span seguinte, somente será verificada a precisão do sensor de  $O_2$  (MSA, 2012).

Depois de cumprir com a etapa acima, o próximo procedimento é a calibração de Span. Nesta etapa, vamos verificar as leituras de concentração obtidas dos sensores, se estão de acordo com um padrão de referência. Para isso, vamos seguir passo a passo, a sequência abaixo:

- a)** Abra a maleta que guarda o cilindro de gases para calibração em uma bancada de trabalho.
- b)** Tenha disponível junto com o cilindro, o multigás com o adaptador para calibração e o tubo.
- c)** Insira no cilindro a válvula redutora de pressão e em seguida, conecte o tubo da saída da válvula, como mostra a Figura 6.5.



**Figura 6.5: Tubo conectado ao cilindro para calibração**

Fonte: CTISM

- d)** Visualizando com a Figura 6.6, na parte “1”, encaixe o adaptador no multigás e conecte o tubo proveniente da válvula no mesmo. Abra a válvula indicada pela seta amarela.
- e)** Na parte “2”, espere os sensores informarem a leitura da concentração dos gases. Em seguida é realizada a comparação entre os valores detectados com a concentração dos gases contida no cilindro, feita pelo próprio aparelho. Após três bipes sonoros, na parte “3”, aparecerá no *display* do equipamento a mensagem “SPAN PASS” nos informando que a calibração foi bem sucedida.



**Figura 6.6: Procedimento da calibração de Span**

Fonte: CTISM



O aparelho efetua a comparação ao final da calibração de Span porque os valores de concentração contidos no rótulo do cilindro estão armazenados na memória do multigás. Esses valores podem ser modificados na configuração de calibração do equipamento, caso tivermos a disposição outro cilindro que não seja o fornecido pelo fabricante do multigás.



Assista a um vídeo sobre o procedimento de calibração do multigás disponível pelo estúdio do EAD/CTISM.

## A-Z

### Limite Inferior de Inflamabilidade

Este também é conhecido como limite inferior de explosividade. Este é um nível ou valor de uma concentração mínima do gás ou vapor que ao ser misturado com o ar atmosférico durante um vazamento ou liberação acidental tem condições de reagir (combustão) quando a mistura gás/vapor + ar entra em contato com uma fonte de ignição (por exemplo, uma fáscia).

Por isso, existe a possibilidade de se realizar uma leitura inadequada no equipamento quando o multigás detecta a presença de um gás que seja diferente do que foi usado no procedimento de calibração. Quando se usa o metano ( $\text{CH}_4$ ) na calibração, o equipamento está preparado para atuar na detecção desta substância com a sua concentração sendo ajustada para sinalizar (alarme sonoro, vibração e por iluminação) ao atingir o nível próximo do seu **Limite Inferior de Inflamabilidade** (L.I.I.), enquanto que se for outra substância a ser monitorada, por exemplo, o hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), a leitura fornecida pelo equipamento não estará correta para esta substância. Ou seja, o erro está no fato de que as substâncias apresentam L.I.I. diferentes.

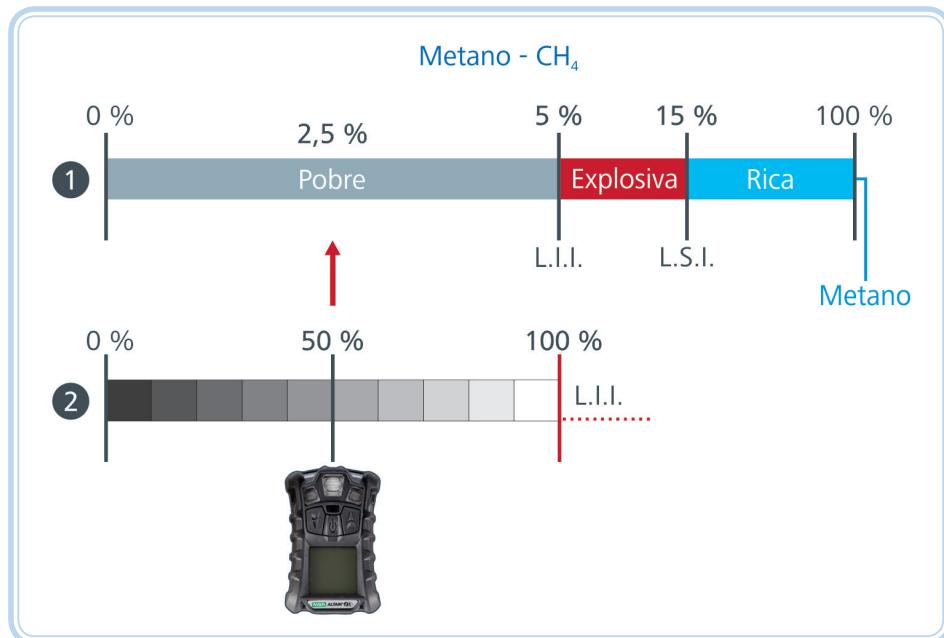
Na Figura 6.7, podemos começar a entender como acontece esta falha na medição, adotando o gás metano como exemplo, onde você pode visualizar as posições dos Limites Inferior e Superior de Inflamabilidade, L.I.I. e L.S.I., respectivamente, com as concentrações de 5 % e 15 % em volume, numa escala de concentração de 0 – 100 % indicada em “1”. Além de poder notar na escala as regiões nas quais se tem a mistura entre gás/vapor + ar, considerada pobre, explosiva e rica, já definidas na disciplina de Higiene Ocupacional III.

## A-Z

### %LEL

*Lower Explosive Limit*, do inglês que significa, limite inferior de explosividade.

Usando este mesmo gás para a calibração do instrumento, a escala para a mediação da concentração funciona de outra forma, como a mostrada em “2” (Figura 6.7), a qual varia de 0 – 100 % do L.I.I. do metano (também conhecido **%LEL**), ou seja, o valor referente a 100 %LEL na escala em “1” é de 5 % em volume de metano.



**Figura 6.7: Monitoramento de metano: posição dos limites de inflamabilidade (1) e escala de medição para gases ou vapores combustíveis ou inflamáveis (2)**

Fonte: CTISM, adaptado de <http://pt.slideshare.net/audemaro/2nr-33-deteco-de-gases-e-ventilao#btnNext>

Com a mudança na escala neste exemplo, se for informada no *display* do equipamento uma concentração de 50 %, significa que foi detectada a concentração de 2,5 % em volume de metano.

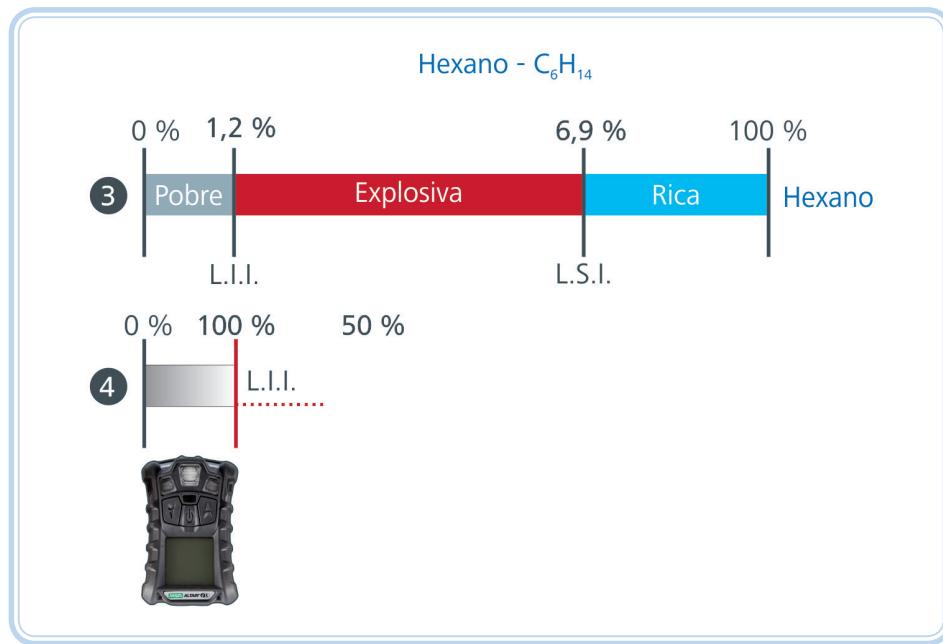


O objetivo da medição é verificar o quanto se tem de material inflamável com base L.I.I. do gás medido. Ou seja, o valor de 50 % mencionado no exemplo, quer dizer que o equipamento está sinalizando que 50 % do L.I.I. do metano foi detectada.

Já entendida a escala de medição, saiba que esta foi baseada numa calibração com metano. Se num espaço confinado tem-se a presença de vapor de hexano, o valor fornecido pelo equipamento não será confiável fazendo com que o usuário ou o operador tenha uma interpretação errônea do nível de concentração. Isto ocorre porque o L.I.I. do hexano, em 1,2 % volume, apresenta um valor menor do que o L.I.I. do metano, conforme você pode notar na Figura 6.8. Com isso, a escala de 0 – 100 % em volume de hexano diminui, não sendo a mesma escala do metano a qual o instrumento de medição está preparado para trabalhar.



Vale lembrar que seria ideal um equipamento multigás que tenha uma boa biblioteca de gases e vapores para a calibração, pois se evitaria este problema bastando selecionar o gás/vapor da biblioteca e que também contenha no cilindro.



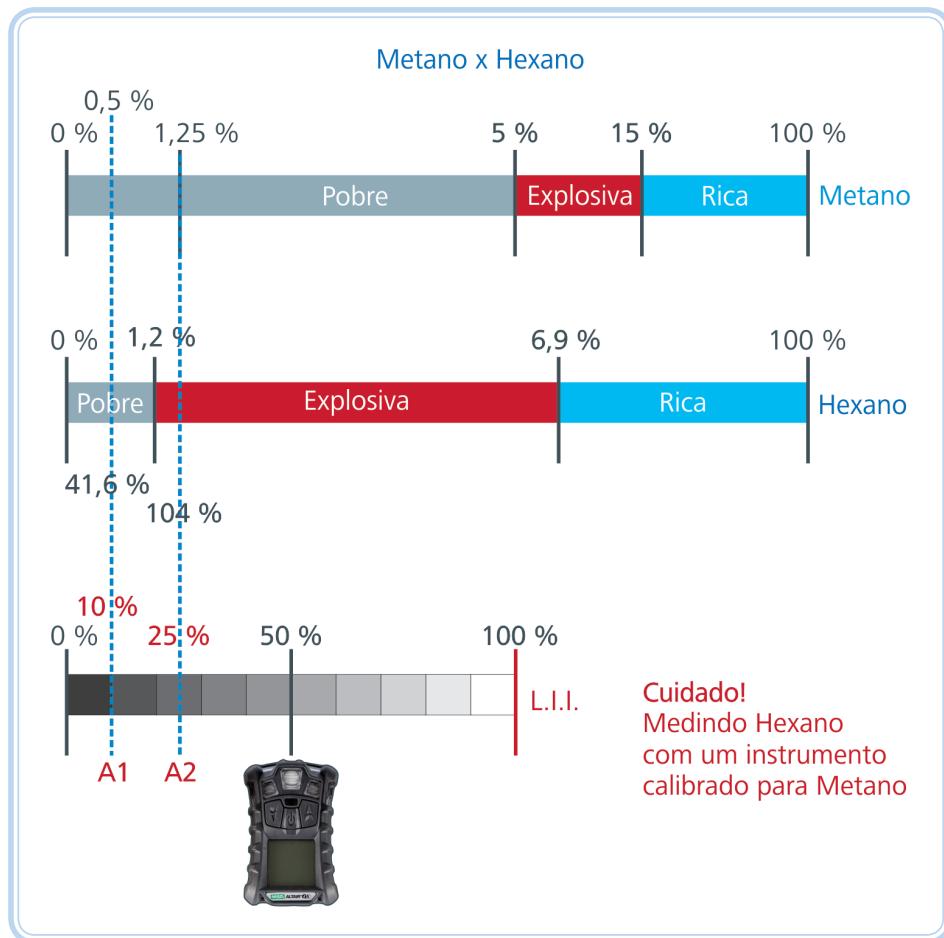
**Figura 6.8: Monitoramento de hexano: posição dos limites de inflamabilidade (3) e escala de medição para gases ou vapores combustíveis ou inflamáveis (4)**

Fonte: CTISM, adaptado de <http://pt.slideshare.net/audemaro/2nr-33-deteco-de-gases-e-ventilao#btnNext>

Esta diferença entre os tamanhos da escala de medição implica numa falha na interpretação na leitura do instrumento, por parte do usuário. Quando a medição fornecer um valor de 10 % (A1, Figura 6.9), na tentativa de medir hexano num equipamento calibrado com metano, isto equivale a uma concentração de 0,5 % em volume de metano. Já para o hexano, o 10 % equivale a 41,6 % do seu L.I.I. (enquadramento dentro da região onde a mistura é considerada pobre).

Se a medida fornecida pelo instrumento fosse de 25 %, como no exemplo dado na Figura 6.9, na posição A2, isto representaria uma concentração de metano de 1,25 % em volume não oferecendo perigo de explosão se a medida fosse para metano. Entretanto, para o hexano esta medida na sua escala equivale a 104 %, ultrapassando o seu L.I.I., resultando numa mistura explosiva e oferecendo perigo de explosão caso este vapor encontre uma fonte de ignição.

Para que não haja falhas na interpretação da concentração referente ao %LEL para o gás ou vapor medido é necessário aplicar um fator de correção ao valor informado no *display* do equipamento. Este é baseado em curvas de calibração de sensores (normalmente para %LEL, curvas de metano e pentano são mais usadas) e fornecida pelo fabricante para uma listagem de substâncias que constam nos manuais de procedimento para o uso do instrumento.



**Figura 6.9: Monitoramento de hexano com instrumento calibrado para medir metano**

Fonte: CTISM, adaptado de <http://pt.slideshare.net/audemaro/2nr-33-detecao-de-gases-e-ventilao#btnNext>

O cálculo é realizado para se ter uma estimativa de um limite inferior de inflamabilidade do gás ou vapor que será medido. Realizado através da multiplicação do fator de correção específico para o gás medido (dados pelo fabricante) pelo limite inferior de inflamabilidade do usado na calibração.

Com isso, se estamos medindo hexano e usamos um cilindro para calibração do instrumento com metano, deve-se usar o fator fornecido pelo manual de operação do multigás que estamos trabalhando nessa apostila e multiplicá-lo pelo valor apresentado do sensor no *display*.

Durante uma mediação de hexano, se a informação dada pelo sensor de %LEL for, por exemplo, de 30, o valor de %LEL real é de 55,8. Isto se deve ao fato de que houve a multiplicação de 30 pelo fator de correção de 1,86 (MSA, 2012).



Para saber mais sobre detector multigás, acesse:  
<http://br.msasafety.com/Portable-Gas-Detection/Multi-Gas-ALTAIR%26reg%3B-4X-Multigas-Detector/p/000080001600001022>

## Resumo

Nessa aula, você aprendeu uma noção básica sobre o funcionamento de um equipamento do tipo multigás, muito usado como instrumento de avaliação de atmosferas perigosas idênticas as que encontramos nos ambientes de trabalho conhecidos como espaços confinados.



## Atividades de aprendizagem

**1.** Considere as informações a seguir:

I - A concentração de um gás inflamável em mistura com o ar, quando está abaixo do limite inferior de inflamabilidade, é conhecida como “mistura pobre”.

II - Quando a mistura pobre entre gás/ar encontra uma fonte de ignição, pode ocorrer uma explosão.

III - Se a mistura rica entre gás/ar encontra uma fonte de ignição, pode ocorrer uma explosão se esta estiver confinada.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** III somente.
- d)** I e II somente.
- e)** I e III somente.

**2.** Considere as informações a seguir:

I - Quando necessário, a permissão do uso de oxigênio puro para ventilação de espaços confinados pode ser concedida.

II - Um teor de oxigênio de 18 % em volume, em um espaço confinado, apresenta maior proteção que um teor de 19,5 % em volume.

III - Uma área classificada é aquela que apresenta risco de incêndio e explosão.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** II somente.

**c)** III somente.

**d)** I e II somente.

**e)** I e III somente.

**3.** Considere as informações a seguir:

I - A calibração dos sensores de um detector multigás deve ser feita antes de se realizar a entrada no espaço confinado.

II - A calibração de ar (calibração de Zero) limpo serve para o técnico em segurança não precisar calibrar o multigás com o uso do cilindro.

III - O uso da calibração de ar limpo serve, além de outros usos, para verificar o sensor de oxigênio.

Está(ão) correta(s):

**a)** I somente.

**b)** II somente.

**c)** III somente.

**d)** I e II somente.

**e)** I e III somente.

**4.** Considere as informações a seguir:

I - A Permissão de Entrada para Trabalho (PET) em espaços confinados pode ser preenchida com o uso de um detector multigás.

II - A permissão de entrada para trabalho em espaços confinados deve ser preenchida pelo supervisor de entrada antes do trabalhador adentrar no espaço confinado para realizar sua tarefa.

III - O vigia de espaço confinado deve permanecer no local de entrada para conferir se o serviço foi executado com qualidade.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** III somente.
- d)** I e II somente.
- e)** I e III somente.

**5.** Considere as informações a seguir:

I - Os limites inferior e superiores de inflamabilidade são os mesmos para qualquer gás ou vapor.

II - Na presença de vapor de n-propano em um espaço confinado, deve-se selecionar na biblioteca de gases/vapores combustíveis e inflamáveis de um detector multigás, sendo que esta mesma substância não necessite da calibração com o cilindro.

III - Quando detectada uma concentração de vapores de n-hexano de 50 %, em volume de um espaço confinado, com multigás calibrado com gás metano, indica-se que a concentração equivalente à metade do limite inferior de inflamabilidade do metano foi alcançada.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** II somente.
- c)** III somente.
- d)** I e II somente.
- e)** I e III somente.

# Aula 7 – Outros equipamentos utilizados em avaliação ocupacional

## Objetivos

Aprender aspectos básicos sobre a utilização de luxímetros, termohigroanemômetro e termovisores.

### 7.1 Avaliação do nível de iluminamento com luxímetro

O luxímetro é o aparelho destinado a efetuar medições do nível de iluminamento (iluminância) em ambientes com iluminação natural ou artificial.

O aparelho possui uma fotocélula que transforma as leituras luminosas em tensão que, posteriormente, são mostradas no *display* do equipamento na grandeza adequada ao medidor, isto é, convertida para a sua unidade de medida que é o **lux**.

O nível de iluminamento é avaliado posicionando-se a fotocélula no plano da medição (plano de trabalho). Os equipamentos normalmente vem com escalas de medição que variam de 1 lux a 20.000 lux.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece, na NBR 5413, os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, isto é, cada ambiente tem um nível de iluminação mínimo adequado para a realização das tarefas a que se destina.

O projeto luminotécnico, realizado por profissional habilitado, vai calcular o número de luminárias de um ambiente de trabalho em função do tipo de atividade do trabalhador, o nível de iluminação desejado, o tipo de lâmpada utilizada (incandescente, fluorescente, etc.), cor do teto, cor das paredes do ambiente de trabalho e dimensões do ambiente. Ao profissional de segurança cabe avaliar o plano de trabalho e verificar se as condições estão dentro do especificado pela norma.

A NR 17 especifica:

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.



Saiba mais sobre a  
NBR 5413 em:  
[http://www.labcon.ufsc.br/  
anexos/13.pdf](http://www.labcon.ufsc.br/anexos/13.pdf)

17.5.3.3. Os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no 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 onde 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 0,75m (setenta e cinco centímetros) do piso.

O luxímetro ideal é aquele que além de possuir um cabo de extensão maior ou igual a um metro (para minimizar a interferência do corpo humano nas leituras de campo), deve possuir características como resposta espectral, resposta ao efeito cosseno e sensibilidade à temperatura.

A resposta espectral da fotocélula difere daquela do olho humano, fazendo com que a luz de igual iluminância, a partir de duas fontes diferentes, produza leituras diferentes. Como a percepção na retina varia com a cor (comprimento de onda), o sensor deve estar corrigido para apresentar uma sensibilidade espectral próxima à curva de sensibilidade do olho humano.

A resposta ao efeito cosseno é a resposta do medidor para luz incidente na fotocélula em diferentes ângulos. Os medidores que, eventualmente, não apresentem esta correção constituem uma fonte de erros quando usados para medir iluminância produzida por um fluxo luminoso vindo de várias direções. Distorções na leitura são produzidas quando a luz incidente em ângulos que se afastam muito da normal (perpendicular), pois a refletividade dos materiais tende a aumentar.

A sensibilidade à temperatura está associada à sensibilidade da fotocélula em função da variação de temperatura, que é influenciada pela resistência do circuito associado a ela. Quando a resistência é alta, as variações de temperatura podem causar importantes erros nas medidas. Dessa forma, recomenda-se que as fotocélulas sejam utilizadas em ambientes com temperatura em torno de 25°C, evitando o seu uso em ambientes com temperatura abaixo de 15°C e acima de 50°C, salvo recomendações específicas do fabricante.

Procedimentos na avaliação com luxímetro:

- a)** Utilizar equipamento calibrado.
- b)** Verificar as condições do equipamento (cabos, baterias, limpeza da fotocélula).
- c)** Evitar temperaturas e umidades elevadas.
- d)** Expor fotocélula à luz de 5 a 15 minutos para estabilização.
- e)** A medição deve ser feita no campo de trabalho (0,75 m do solo se não definido o plano) e com a presença do trabalhador.
- f)** A fotocélula deve ficar paralela à superfície de trabalho.

O operador do equipamento deve posicionar-se de maneira a não fazer sombras ou reflexão (roupas claras), para não interferir nas leituras.

As leituras devem ser realizadas nas piores situações (em ambientes com interferência de luz solar, as leituras devem ser feitas, preferencialmente, em dias nublados, e onde houver trabalho noturno as medições devem ser realizadas à noite.



**Figura 7.1: Luxímetro com a fotocélula**

Fonte: CTISM

## 7.2 Avaliação da temperatura, umidade e velocidade do ar

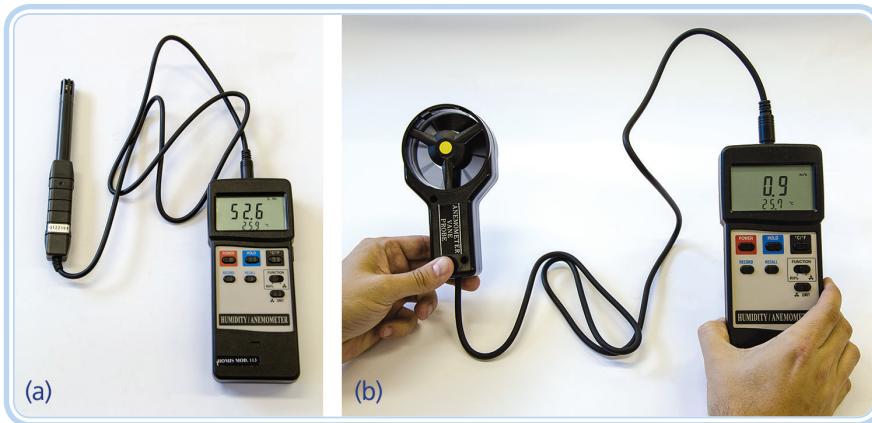
As várias avaliações descritas anteriormente, as condições do ambiente de trabalho relacionadas com a temperatura, umidade e velocidade do ar. O ruído, por exemplo, se propaga mais fácil quando a temperatura e umidade do ar estão mais altas. Os particulados ficam em maior quantidade e mais tempo em suspensão quando as temperaturas estão mais altas. Os vapores estarão em maior quantidade a medida que aumentamos a temperatura. A velocidade do ar influencia na dispersão dos particulados, gases e vapores, bem como auxilia (ou não) no conforto térmico.



Sempre devemos informar, no relatório de avaliação, as condições do ambiente, pois podem ter influência direta nos resultados. Para algumas avaliações, inclusive as análises, devem sofrer correções em função da temperatura e pressão atmosférica.

Para efetuar essas medições, podemos utilizar equipamentos distintos ou os equipamentos multi função como um termohigroanemômetro.

Na Figura 7.2, podemos observar o equipamento com sensores tipo termistor para medições de temperatura, sensor de capacitância para medições da umidade e ventoinha de baixa fricção para avaliação de baixas e altas velocidades do vento.



**Figura 7.2: Equipamentos para avaliação da temperatura e umidade do ar (a) e para avaliação da velocidade do ar (b)**

Fonte: CTISM

### 7.3 Avaliação com termovisor

O termovisor é uma câmera que captura a energia infravermelha (o calor) emitida por um objeto e converte esta energia em um sinal eletrônico. Este sinal é processado de forma a mostrar a imagem térmica no *display*, ao mesmo tempo em que indica a temperatura.

Além de muito úteis na detecção de problemas de manutenção (elétrica, mecânica) que possam trazer consequências para a segurança do trabalho, são equipamentos muito indicados para a complementação de informações de exposição térmica.

Cada tipo de termovisor tem suas especificidades e devemos verificar o manual de utilização, mas normalmente devemos indicar a temperatura do ambiente, emissividade (que depende do objeto avaliado), dentre outras.



Para saber mais sobre termovisores, acesse:  
<http://www.fluke.com/fluke/brazil/products/termovisores>

<http://www.flir.com/thermography/americas/brazil>



**Figura 7.3: Avaliação com termovisor**

Fonte: CTISM

## 7.4 Vibrações



Para saber mais sobre vibrações, acesse:  
[http://www.ufpa.br/gva/Arquivos%20PDF/\\_WORKSHOP\\_TUCURUI/Workshop\\_Tucurui/Palestras/03\\_P01\\_Vibracoes\\_e\\_o\\_Corpo\\_Humano\\_uma\\_avaliacao\\_ocupacional.pdf](http://www.ufpa.br/gva/Arquivos%20PDF/_WORKSHOP_TUCURUI/Workshop_Tucurui/Palestras/03_P01_Vibracoes_e_o_Corpo_Humano_uma_avaliacao_ocupacional.pdf)

[http://www.vendrame.com.br/novo/artigos/vibracoes\\_ocupacionais.pdf](http://www.vendrame.com.br/novo/artigos/vibracoes_ocupacionais.pdf)

<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0107121220341627.pdf>

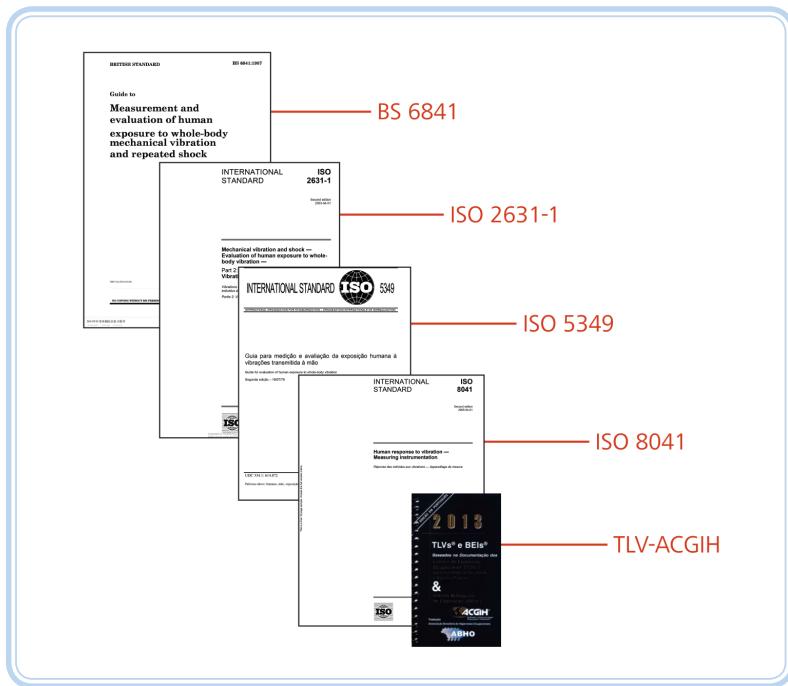
Conforme já foi visto em disciplina anterior desse curso técnico, os equipamentos que tratam da avaliação de vibrações são denominados acelerômetros. Sua intensidade de vibração é avaliada na forma de aceleração do movimento de oscilação da superfície ou peça, com unidades de  $m/s^2$  ou dB (decibel). A frequência pode ser entendida como uma relação do número de oscilações (vibrações) que a superfície apresenta com o tempo. Esta pode ser medida em Hz (Hertz). O movimento de qualquer corpo onde temos a constatação de vibrações, apresenta uma elasticidade e massa.

Entretanto, quando a engenharia deseja ter o conhecimento sobre vibrações que estão acontecendo em peças metálicas ou eixo de veículos, por exemplo, são estudados como vibrações mecânicas, enquanto que na higiene ocupacional o interesse principal é analisar a ação destas vibrações quando em contato e transmitidas para o corpo humano (vibrações de corpo inteiro) e para as mãos e braços, ambas avaliadas como vibrações ocupacionais.

É importante lembrar que as vibrações são definidas como movimentos oscilatórios de um corpo, causados pelo desequilíbrio de forças de componentes rotativos e pela alternância de movimentos de uma máquina ou equipamento (Peixoto, et al, 2012).

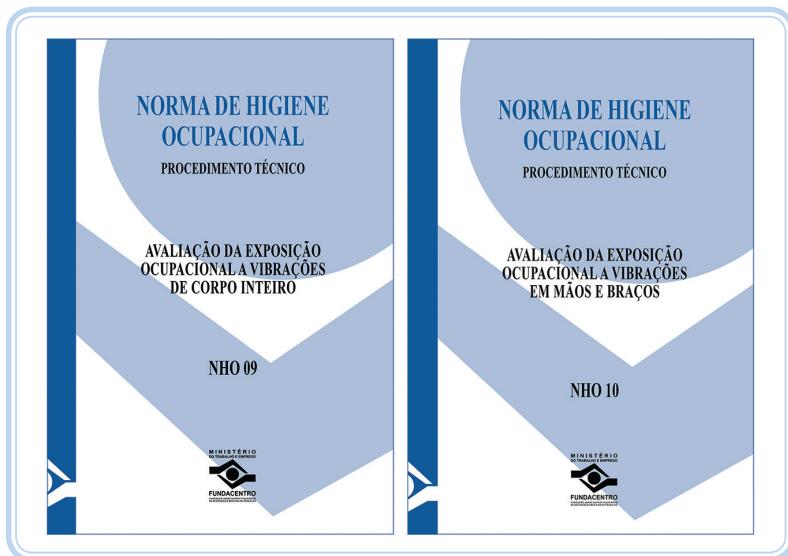
### 7.4.1 Procedimento de avaliação

Existe a disposição do profissional de segurança do trabalho, normas nacionais e internacionais que o auxilia no desenvolvimento de laudos técnicos sobre vibrações, além do uso de equipamentos, como os acelerômetros, onde podemos coletar medidas de parâmetros como aceleração dos movimentos de peças e acentos que o trabalhador faz uso e das doses de vibração. Na Figura 7.4, podemos ver algumas das normas internacionais que regem procedimentos técnicos de avaliação de vibrações ocupacionais e limites de tolerância, já na Figura 7.5 temos as nacionais.



**Figura 7.4: Normas internacionais que abordam avaliação de vibrações ocupacionais**

Fonte: CTISM



**Figura 7.5: Normas de higiene ocupacional da FUNDACENTRO**

Fonte: [www.fundacento.gov.br](http://www.fundacento.gov.br)

Os acelerômetros são instalados próximos ao trabalhador, com seus sensores corretamente posicionados nos pontos dos equipamentos que apresentam peças as quais o trabalhador segura com as mãos e acentos onde fica sentado. Este equipamento é que permite avaliar as vibrações pela medida de acelerações de componentes vetoriais, baseada em eixos de coordenadas (x, y e z). Através de canais disponíveis no mesmo, um para cada eixo, podemos ler a aceleração



Leia sobre os eixos para a medição de vibrações na apostila de Higiene Ocupacional II.

Para saber mais sobre vibrações, acesse:

[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO\\_09\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO_09_portal.pdf)

[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO10\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO10_portal.pdf)

<http://zonaderisco.blogspot.com.br/2011/11/cena-real-vibracao-do-martelete.html>

<http://sstmpe.fundacentro.gov.br/Anexo/Vibracoes.pdf>

[http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=133&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=133&tx_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780)

de cada eixo e obter a média de cada, com eles fazemos um cálculo de uma aceleração média resultante onde será comparado com limites de tolerâncias exigidos pela FUNDACENTRO, ou se for o caso, de insalubridade sob o ponto de vista da legislação brasileira, usar a NR 15 (Atividade e Operações Insalubres) que remete às normas ISO 2631 e ISO/DIS 5349, elaboradas pela Organização Internacional para a Normalização.

Na Figura 7.6, você pode visualizar um dos acelerômetros de propriedade do CTISM e que é usado para fins didáticos, para explicar como funciona uma avaliação de vibração ocupacional. Nela também, encontra-se como são usados os sistemas de coordenadas para o posicionamento dos sensores.



**Figura 7.6: Acelerômetro e posição dos sensores**

Fonte: CTISM

## Resumo

Nessa aula, podemos observar aspectos básicos de outros equipamentos utilizados na avaliação em higiene ocupacional. Alguns deles complementam informações necessárias para a elaboração de laudos técnicos e outros avaliam a exposição a riscos físicos (vibrações).

## Atividades de aprendizagem



1. Analise as afirmativas relativas à avaliação com luxímetro:

I - O nível de iluminamento é medido em lux.

II - A norma que estabelece os valores mínimos do nível de iluminamento mínimo em interiores é a NR 17.

III - Cabe ao técnico em segurança realizar e executar o projeto luminotécnico de interiores.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e II somente.
- d)** II e III somente.
- e)** Todas estão corretas.

2. Analise as afirmativas aos procedimentos do técnico em segurança, relativas à avaliação com luxímetro:

I - Deve evitar a produção de sombras com seu corpo para não interferir nos valores obtidos.

II - Deve, sempre que possível, avaliar ao nível do campo de trabalho.

III - Pode efetivar a leitura dos valores imediatamente, não necessitando estabilização da fotocélula.

Está(ão) correta(s):

- a)** I somente.
- b)** III somente.
- c)** I e II somente.

**d)** II e III somente.

e) Todas estão corretas.

### 3. Um termohigroanemômetro avalia:

a) Temperatura do ar, umidade do ar e calor radiante.

**b)** Temperatura do ar, umidade do ar e metabolismo.

c) Temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do ar.

d) Temperatura do ar, velocidade do ar e calor radiante.

e) Velocidade do ar, umidade do ar e calor radiante.

#### 4. Relacione as colunas:

(A) Acelerômetro ( ) dB (decibéis).

(B) NHO 09 ( ) Branqueamento de extremidades dos dedos.

(C) NHO 10 ( ) É vertical, com sentido dos pés para a cabeça.

(D)  $m/s^2$  ( ) Vertical, com sentido de cima para baixo.

(E) Efeito no organismo ( ) Procedimento técnico para avaliação de vibrações de corpo inteiro.

(F) Eixo "z" para corpo inteiro ( ) Medidor de vibrações.

(G) Eixo "x" para mãos e braços ( ) Procedimento técnico para avaliação de vibrações me mão e braços.

Assinale a alternativa com a sequência correta (de cima para baixo):

a) D – E – F – G – C – B – D

b) C – D – E – G – F – A – C

c) E – F – G – B – D – C – A

**d)** B – E – C – G – C – A – F

**e)** D – E – F – G – B – A – C

**5.** As avaliações com um termovisor se baseiam na radiação:

**a)** Ultravioleta.

**b)** Ionizante.

**c)** Elétrica.

**d)** Infravermelha.

**e)** Beta.

## Referências

- 3M. Quest Technology. **3M saúde ocupacional** – Monitores de estresse térmico 3M QUESTemp. Modelo QUESTemp° 34 & 36. Manual do usuário. 2012.
- \_\_\_\_\_. **Programa de conservação auditiva**. Disponível em: <[www.solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt\\_BR/PPE\\_SafetySolutions\\_LA/Safety/Resources/Two/One/](http://www.solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Resources/Two/One/)>.
- \_\_\_\_\_. Problemas respiratórios (materiais particulados). **Informativo técnico**, v. 1, n. 21, Jan. 2005. Disponível em: <<http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?6666660Zjcf6lVs6EVs66Sc3EC0rrrQ->>.
- ASHRAE. Psychrometrics. **ASHRAE fundamentals handbook**. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 2001. p. 61.
- ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes químicos & índices biológicos de exposição (BEIs®)**. Tradução: ABHO (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais). São Paulo: ABHO, 2010.
- ARAUJO, Giovanni Moraes de. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora GVC, 2013.
- ARAUJO, G. M.; REGAZZI, R. D. **Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo: teoria e prática**. Rio de Janeiro: (s.n.), 2002.
- AREASEG. Site de Segurança do Trabalho. **Acústica**. Disponível em: <[www.areaseg.com/acustica/](http://www.areaseg.com/acustica/)>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/anexos/13.pdf>>.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14787**: Espaços confinados – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. Versão Corrigida. Rio de Janeiro, 2001.
- AUCILIEMS, Andris; SZOCOLAY, Steven V. **Thermal comfort**. PLEA Notes: passive and low energy architecture international in association with department of architecture, the University of Queensland. 2. ed. Bribane, 2007
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Pneumoconioses**. Série A. Normas e manuais técnicos. Brasília – DF: Editora do MS, 2006. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo\\_pneumoconioses.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_pneumoconioses.pdf)>.

\_\_\_\_\_. Ordem de serviço INSS/DAF/DSS nº 608, de 05 de agosto de 1998: Aprova norma técnica sobre perda auditiva neurosensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora de origem ocupacional. Disponível em: <[www.oficionet.com.br/arquivos\\_links/INSS/OS608-INSS-05-08-98.pdf](http://www.oficionet.com.br/arquivos_links/INSS/OS608-INSS-05-08-98.pdf)>.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 07 (NR 7)**: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978a. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr\\_07.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf)>. Acesso em: 16 maio 2013.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15)**: Atividades e Operações Insalubres. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978b. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335E790F6C84/NR-15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A33EF45990134335E790F6C84/NR-15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17)**: Ergonomia. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978c. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr\\_17.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978: Aprova as normas regulamentadoras que consolidam as leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. **Norma Regulamentadora nº 33 (NR 33)**: Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 2006. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A280000138812EAFCE19E1/NR-32%20\(atualizada%202011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A280000138812EAFCE19E1/NR-32%20(atualizada%202011).pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Decreto-lei nº 5.452, de 01 de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (**CLT**). Diário Oficial da União, RJ, Rio de Janeiro, 1943. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm)>.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.957, de 09 de setembro de 2009. Altera o regulamento da previdência social. Diário Oficial da União, Brasília, 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6957.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6957.htm)>.

\_\_\_\_\_. **NHO 01**. (Norma de Higiene Ocupacional 01). Procedimento técnico – avaliação da exposição ocupacional ao ruído. FUNDACENTRO, 2001a. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO01.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2013.

\_\_\_\_\_. **NHO 04**. (Norma de Higiene Ocupacional 04). Método de coleta e análise de fibras em locais de trabalho. FUNDACENTRO, 2001b. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO04.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. **NHO 06.** (Norma de Higiene Ocupacional 06). Procedimento técnico – avaliação da exposição ocupacional ao calor. FUNDACENTRO, 2002. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO06.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2013.

\_\_\_\_\_. **NHO 08.** (Norma de Higiene Ocupacional 08). Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho (procedimento técnico). FUNDACENTRO, 2009. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/anexos/NHO08_portal.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. **NHO 09.** (Norma de Higiene Ocupacional 09). Procedimento técnico – avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro. FUNDACENTRO, 2013a. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO\\_09\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO_09_portal.pdf)>. Acesso em: 09 maio 2013.

\_\_\_\_\_. **NHO 10.** (Norma de Higiene Ocupacional 10). Procedimento técnico – avaliação da exposição ocupacional a vibração em mãos e braços. FUNDACENTRO, 2013b. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO10\\_portal.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO10_portal.pdf)>. Acesso em: 09 maio 2013.

BRÜEL & KJAER. **Ruído ambiental.** Apostila técnica, 2000.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Documentation for immediately dangerous to life or health concentrations (IDLHs).** Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>.

\_\_\_\_\_. **Noise and hearing loss prevention.** Disponível em: <[www.cdc.gov/niosh/topics/noise/noisemeter.html](http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/noisemeter.html)>.

FERNANDES, João Cândido. **Apostila acústica e ruídos.** Faculdade de Engenharia – Unesp. Bauru, 2005. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/acustica/apostila.htm>>. Acesso em: 20 maio 2013.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído, fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

INTERNATIONAL STANDARD. International Electrotechnical Commission (IEC) 61672. 2003a.

\_\_\_\_\_. International Organization for Standardization (ISO) 226. Acoustics – Normal equal-loudness-level contours. 2. ed. 2003b.

MSA. Mine Safety Appliances Company. **Operating manual ALTAIR 4X multigas detector.** Germany, 2012.

MSD. Manual Merck. Biblioteca médica online. **Doenças pulmonares de origem ocupacional.** Disponível em: <<http://www.manualmerck.net/?id=64>>.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). Pettit, Ted and Linn, Herb. **A guide to safety in confined spaces**. Department of Health and Human Services, Centers of Disease Control, p. 5. USA: July, 1987.

NISA. National Industrial Sand Association. **Occupational health program for exposure to crystalline silica in the industrial sand industry**. 2. ed. Washington: National Industrial Sand Association, 2010. Disponível em: <[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/oira\\_1218/1218\\_08102011-1.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/oira_1218/1218_08102011-1.pdf)>.

OR-OSHA. **Technical Manual**: sampling, measurement methods, and instruments. Disponível em: <<http://www.orosha.org/pdf/techman/tecman1.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

OREGON OSHA. Occupational Safety and Health Division. **Not desined to be occupied** – Oregon OSHA's guide to confined space safety. A Division of The Department of Consumer and Business Services. USA, 2013.

OSHA. Occupational Safety & Health Administration. **Appendix I:A. Physics of sound**. Disponível em: <[www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health\\_effects/physics.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/physics.html)>.

\_\_\_\_\_. **Appendix I:A-3. Sound propagation**. Disponível em: <[www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health\\_effects/soundpropagation.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/soundpropagation.html)>.

\_\_\_\_\_. **Metal & metalloid particulates in workplace atmospheres (atomic absorption)**. Disponível em: <<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id121/id121.html>>.

\_\_\_\_\_. **OSHA occupational chemical database**. Disponível em: <<https://www.osha.gov/chemicaldata/>>.

\_\_\_\_\_. **OSHA technical manual (OTM)**. Disponível em: <[https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_toc.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_toc.html)>.

PEIXOTO, et al. **Higiene Ocupacional I**. Santa Maria: UFSM/CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2012.

\_\_\_\_\_. **Higiene ocupacional II**. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.

\_\_\_\_\_. **Higiene Ocupacional III**. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2013.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle de poeira e outros particulados**. 4. ed. São Paulo: Editora LTR, 2010.

SKC. World Leader in Sampling Technologies. **Impact Sampler**. Disponível em: <<http://www.skcinc.com/instructions/38010.pdf>>.

\_\_\_\_\_. **IOM Sampler** – A gold standard for personal inhalable pm sampling. Disponível em: <<http://www.skcinc.com/prod/225-70.asp#IOMDownloads>>.

\_\_\_\_\_. **The SKC conductive plastic cyclone**. Disponível em: <<http://www.skcinc.com/prod/225-69.asp>>.

SPINELLI, Robson et al. **Higiene ocupacional**: agentes biológicos, químicos e físicos. 5. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

TORLONI, Maurício; VIEIRA, Antônio Vladimir. **Manual de proteção respiratória**. São Paulo: ABHO, 2003. 168 p.

WHO. World Health Organization. **Occupational exposure to noise**: evaluation, prevention and control. Disponível em: <[http://www.who.int/occupational\\_health/publications/occupnoise/en/](http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/)>.

WORKSAFEBC. **Sound advice**: a guide to hearing loss prevention programs. Disponível em: <<http://www2.worksafebc.com/Topics/HearingLossPrevention/RegulationAndGuidelines.asp>>. Acesso em: 09 maio 2013.

## Curriculum do professor-autor

**Néverton Hofstadler Peixoto** é Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho realizada na Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre (PUC/POA), licenciatura para Professores da Educação Profissional, Mestrado e Doutorado em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente trabalha como Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM), escola técnica vinculada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde ministra disciplinas de Higiene Ocupacional, Segurança do Trabalho e Instrumentação para o Curso Técnico em Segurança do Trabalho e disciplinas de Máquinas Térmicas, Sistemas Térmicos, Tecnologia Mecânica e Manutenção para os cursos Técnicos em Mecânica e Eletromecânica, além de atuar na realização de laudos de avaliações ambientais relacionados à Segurança do Trabalho.



**Leandro Silveira Ferreira** é Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho com Mestrado em Engenharia, pela UFRGS e licenciatura cursada no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional, pela UFSM. Atualmente, trabalha como Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM), escola técnica vinculada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde ministra disciplinas de Higiene Ocupacional, Segurança do Trabalho, Gerenciamento de Riscos e Toxicologia no Curso Técnico em Segurança do Trabalho e a disciplina de Higiene e Segurança do Trabalho para os Cursos Técnicos em Mecânica e Eletromecânica.



