



Higiene Ocupacional II

Neverton Hofstadler Peixoto

Leandro Silveira Ferreira



Santa Maria - RS
2013

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
Neverton Hofstadler Peixoto/CTISM
Leandro Silveira Ferreira/CTISM

Coordenação Técnica
Iza Neuza Teixeira Bohrer/CTISM

Coordenação de Design
Erika Goellner/CTISM

Revisão Pedagógica
Elisiane Bortoluzzi Scrimini/CTISM
Jaqueline Müller/CTISM
Laura Pippi Fraga/CTISM
Marcia Migliore Freo/CTISM

Revisão Textual
Carlos Frederico Ruviano/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 Aguiar Freitas/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt – CRB 10/737
Biblioteca Central da UFSM

P379h Peixoto, Neverton Hofstadler
Higiene ocupacional II / Neverton Hofstadler Peixoto,
Leandro Silveira Ferreira. – Santa Maria : Universidade Federal
de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ;
Rede e-Tec Brasil, 2013.
212 p. : il. ; 28 cm
ISBN 978-85-63573-34-6

1. Trabalho 2. Segurança do trabalho 3. Prevenção de acidentes
4. Ruído 5. Temperatura 6. Vibrações I. Ferreira, Leandro Silveira
II. Título.

CDU 331.45

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
Maio de 2013

Nosso contato
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

Palavra do professor-autor	11
Apresentação da disciplina	13
Projeto instrucional	15
Aula 1 – Conceituando o ruído	17
1.1 Considerações iniciais.....	17
1.2 Som.....	18
1.3 Tipos de sons.....	19
1.4 A percepção do som.....	20
1.5 Características de um som.....	20
1.6 Frequência.....	21
1.7 Amplitude.....	23
1.8 Timbre.....	25
1.9 Fenômenos na propagação do som.....	26
1.10 Localização da fonte sonora.....	26
1.11 Comprimento de onda.....	26
1.12 Faixas de audibilidade.....	26
1.13 Nível de Intensidade Sonora (NIS).....	27
1.14 Nível de Potência Sonora (NPS_w).....	30
1.15 Nível de Pressão Sonora (NPS).....	31
1.16 Nível Sonoro (NS).....	33
1.17 Nível sonoro e distância.....	34
1.18 Propagação do som.....	34
1.19 Propagação do som em ambiente ocupacional.....	37
1.20 Exemplos de níveis de sons típicos.....	38
1.21 Curvas isoaudíveis.....	39
1.22 Barulho.....	42
1.23 Ruído.....	43
1.24 Tipos de ruído.....	43

Aula 2 – Adição e subtração de decibels	49
2.1 Considerações iniciais.....	49
2.2 Adição de decibels.....	49
2.3 Subtração de decibels.....	55
Aula 3 – Equipamentos para avaliação do ruído	63
3.1 Considerações iniciais.....	63
3.2 Tempo de resposta para os sonômetros.....	63
3.3 Curvas de compensação (circuitos de compensação, curvas de ponderação).....	64
3.4 Equipamentos para avaliação do nível de pressão sonora.....	67
3.5 Classificação dos medidores de nível sonoro.....	69
3.6 Recomendações na avaliação de ruído com decibelímetro.....	72
3.7 Recomendações na avaliação de ruído com dosímetro.....	73
3.8 Calibradores.....	76
3.9 Analisadores de frequência.....	76
Aula 4 – Avaliação do ruído ocupacional	81
4.1 Limite de tolerância.....	81
4.2 Dose de ruído.....	81
4.3 Nível de critério (<i>Criterion Level</i> – CL).....	82
4.4 Fator duplicativo de dose ou incremento de dose (<i>Exchange Rate</i> – ER).....	83
4.5 Limiar de integração (<i>Threshold Level</i> – TL).....	85
4.6 Nível equivalente de ruído.....	86
4.7 Nível equivalente.....	87
4.8 Níveis estatísticos de ruído (LN).....	90
4.9 Outras nomenclaturas utilizadas na avaliação do ruído.....	91
Aula 5 – Avaliando o ruído	107
5.1 Considerações iniciais.....	107
5.2 Limites de tolerância.....	107
5.3 Avaliação do ruído contínuo ou intermitente.....	108
5.4 Parâmetros para equipamentos integradores de ruído.....	119
5.5 Exercícios de fixação dos conteúdos.....	120
5.6 Exemplo de relatório de um dosímetro de ruído.....	137
5.7 Avaliação do ruído de impacto.....	138

5.8 Considerações à medição de sons de impacto.....	143
5.9 Efeitos da exposição ao ruído.....	144
5.10 Efeitos sobre o sistema auditivo.....	144
5.11 Medidas de controle na exposição ao ruído.....	145
5.12 Programa de Conservação Auditiva (PCA).....	146
5.13 Protetores auditivos para a exposição ao ruído.....	147
5.14 Atenuação dos protetores auditivos.....	150
5.15 NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.....	151
5.16 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico.....	151
Aula 6 – Temperaturas extremas (mecanismos e fatores).....	159
6.1 A termorregulação humana.....	159
6.2 Os mecanismos de troca térmica.....	162
6.3 Fatores influentes nos mecanismos de trocas térmicas.....	166
Aula 7 – Avaliação da exposição ocupacional ao calor e ao frio.....	175
7.1 Calor.....	175
7.2 Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06).....	175
7.3 Anexo 3 da Norma Regulamentadora nº 15.....	181
7.4 Parâmetros de conforto térmico.....	187
7.5 Avaliação da exposição ocupacional ao frio.....	194
Aula 8 – Aspectos básicos de vibrações.....	201
8.1 Considerações iniciais.....	201
8.2 Exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro.....	203
8.3 Exposição ocupacional a vibrações de mão e braço.....	205
8.4 Legislação de vibrações.....	206
8.5 Danos a saúde.....	207
Referências.....	209
Currículo do professor-autor.....	212



Palavra do professor-autor

Quando estudamos a Segurança do Trabalho na etapa anterior 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?

A Higiene Ocupacional é a disciplina que vai embasar essas ações, pois fornecerá os conhecimentos necessários para que o Técnico em Segurança do Trabalho possa pautar suas ações tanto qualitativas como quantitativas.

Na disciplina de Higiene Ocupacional I estudamos apenas aspectos básicos, de agora em diante vamos detalhar e aprofundar os conhecimentos sobre esses riscos.

Nessa disciplina estudaremos três riscos físicos: o ruído, as temperaturas extremas (calor e frio) e as vibrações.

Começamos aqui uma caminhada que culminará na disciplina de Instrumentação, na última etapa do curso. Lembre-se que, como disciplina básica, é fundamental que você estude e entenda as informações apresentadas, pois elas serão muito importantes, principalmente, para as disciplinas de Higiene Ocupacional III e Toxicologia, além de outras no decorrer do curso.

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 Higiene Ocupacional II tem por objetivos apresentar ao aluno três dos principais riscos físicos presentes nos ambientes de trabalho: o ruído, as temperaturas extremas (calor e frio) e as vibrações, analisando os aspectos técnicos envolvidos e introduzindo a legislação.

Você vai perceber que, a partir de agora, os conhecimentos serão mais específicos e aprofundados, pois cada um deles será estudado com mais detalhamento. Outro aspecto importante é que cada aula, nesta disciplina, será como um pré-requisito da outra, ou seja, você precisará estar sempre em dia com os estudos para obter um rendimento adequado.

Não atrase estudos, realize exercícios, navegue em *sítes* 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, se concentre nas leituras, crie estratégias de estudo, interaja com o ambiente 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: Higiene Ocupacional II (carga horária: 60h).

Ementa: Ruídos: definições básicas. Adição e subtração de decibéis. Escalas de ponderação. Tipos de respostas. Normas. Dose e nível equivalente. Avaliação de ruído. Equipamentos de medição: decibelímetro, dosímetro. Medidas de controle. Vibrações: avaliação. Medidas de controle. Temperaturas extremas: calor. Definições básicas. Temperatura efetiva. Normas. IBUTG. Avaliação do calor. Monitor de estresse térmico. Medidas de controle. Frio. Definições básicas. Normas. Avaliação do frio. Medidas de controle.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Conceituando o ruído	Conhecer algumas definições básicas sobre ruído. Conhecer os tipos de som e suas características. Conhecer sobre a propagação do som e as curvas isoaudíveis.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07
2. Adição e subtração de decibels	Adicionar e subtrair decibels, bem como entender a utilidade do uso dessas operações.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07
3. Equipamentos para avaliação do ruído	Aprender sobre equipamentos para medição da pressão sonora, seus tipos, características e parâmetros de avaliação.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
4. Avaliação do ruído ocupacional	Aprender sobre limites de tolerância ao ruído, legislação aplicável, nível equivalente, dose e nomenclaturas que aparecem nos instrumentos de medição.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
5. Avaliando o ruído	Aprender como se avalia o ruído ocupacional, cálculos de dose e nível equivalente, ajuste de parâmetros normalizados e exercícios de aplicação.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
6. Temperaturas extremas (mecanismos e fatores)	Aprender sobre as temperaturas extremas, os mecanismos e fatores envolvidos nas trocas térmicas.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
7. Avaliação da exposição ocupacional ao calor e ao frio	Aprender sobre os limites de tolerância na exposição ao calor e ao frio, bem como mecanismos de controle.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
8. Aspectos básicos de vibrações	Aprender aspectos básicos sobre vibrações no ambiente ocupacional.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	07

Aula 1 – Conceituando o ruído

Objetivos

Conhecer algumas definições básicas sobre ruído.

Conhecer os tipos de som e suas características.

Conhecer sobre a propagação do som e as curvas isoaudíveis.

1.1 Considerações iniciais

O ruído é um dos maiores problemas de saúde ocupacional presentes nos ambientes de trabalho. Ruídos elevados podem produzir vários efeitos adversos que incluem desde interferências nas comunicações, acidentes de trabalho até efeitos sobre a saúde e perdas auditivas irreversíveis. 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 para capacitá-lo a compreender melhor esse risco físico e a trabalhar no seu controle.

Ruído e vibrações são flutuações de pressão de ar (ou em outros meios de propagação). O ruído é um dos riscos ocupacionais mais frequentes no meio industrial e a exposição ao ruído nos ambientes de trabalho tem gerado a maior parte das preocupações dos profissionais da área prevencionista.

O ruído pode:

- Lesar os órgãos auditivos.
- Perturbar a comunicação.
- Aumentar o risco de acidentes.
- Provocar irritação.
- Ser fonte de fadiga.

- Diminuir o rendimento do trabalho.

O risco da lesão auditiva aumenta com o nível de pressão sonora e com a duração da exposição, mas depende também das características do ruído e da suscetibilidade individual.



Assista a um vídeo sobre ondas longitudinais e transversais em: <http://www.youtube.com/watch?v=MoVz2ENJb8M&feature=related>



Figura 1.1: Ruído

Fonte: CTISM

1.2 Som

É um fenômeno físico originado por movimentos de vibrações mecânicas com diferentes frequências que se propagam no ar (invisíveis), produzindo uma onda de pressão num meio. Quando as vibrações estimulam o aparelho auditivo, denominamos vibração sonora. A percepção do som se dá através da sensação auditiva, detectada por nosso sistema auditivo.



Assista a um vídeo sobre física em: <http://www.youtube.com/watch?v=tVl3jvjMKw&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=peZ08VsAOVM&feature=related>

O som, fisicamente, é a propagação de uma onda que produz uma variação muito pequena e rápida na pressão atmosférica, acima e abaixo (compressão e descompressão) de um valor fixo (adotado como padrão). Uma onda de som é uma onda longitudinal.

Quando a energia do movimento ondulatório se propaga, afastando-se do centro da perturbação, as moléculas de ar que transmitem o som se movem para frente (comprimindo a camada de ar) e para trás (é criada uma zona descomprimida que acompanha com a mesma velocidade a zona comprimida), paralelamente à direção do movimento ondulatório, que faz com que um

ar um pouco mais afastado se torne pressionado também, comprimindo uma região ainda mais distante, até a onda atingir o sistema auditivo. Como analogia pode-se imaginar ondas se propagando na água.

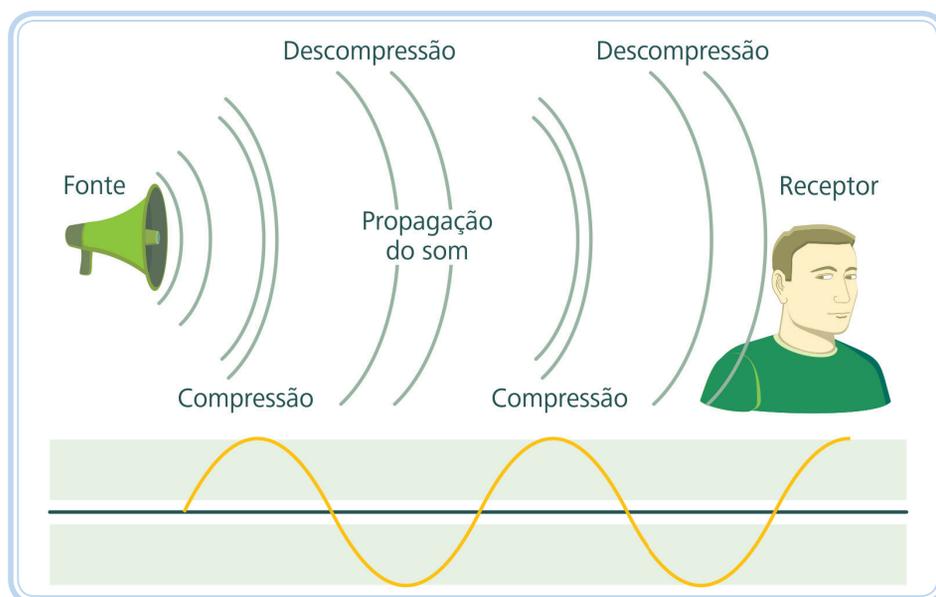


Figura 1.2: Propagação de uma onda sonora

Fonte: CTISM

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.

O valor de referência é chamado de limiar de audibilidade, e o som é resultado da variação entre a pressão atmosférica produzida na presença de som em função da pressão de referência.

1.3 Tipos de sons

- a) **Tons puros** – compostos por uma única frequência, por isso não existe na natureza. É o caso mais simples.
- b) **Sons musicais** – compostos por uma frequência fundamental (que dá a tonalidade) e várias frequências múltiplas da fundamental (harmônicas), dependendo do timbre.
- c) **Ruído** – é um som complexo composto por inúmeras frequências e intensidades sem que exista um padrão fixo. Têm um comportamento imprevisível e aleatório sendo, portanto, difícil de caracterizar com exatidão. É o tipo de som encontrado nos ambientes industriais, objetivo do nosso estudo.

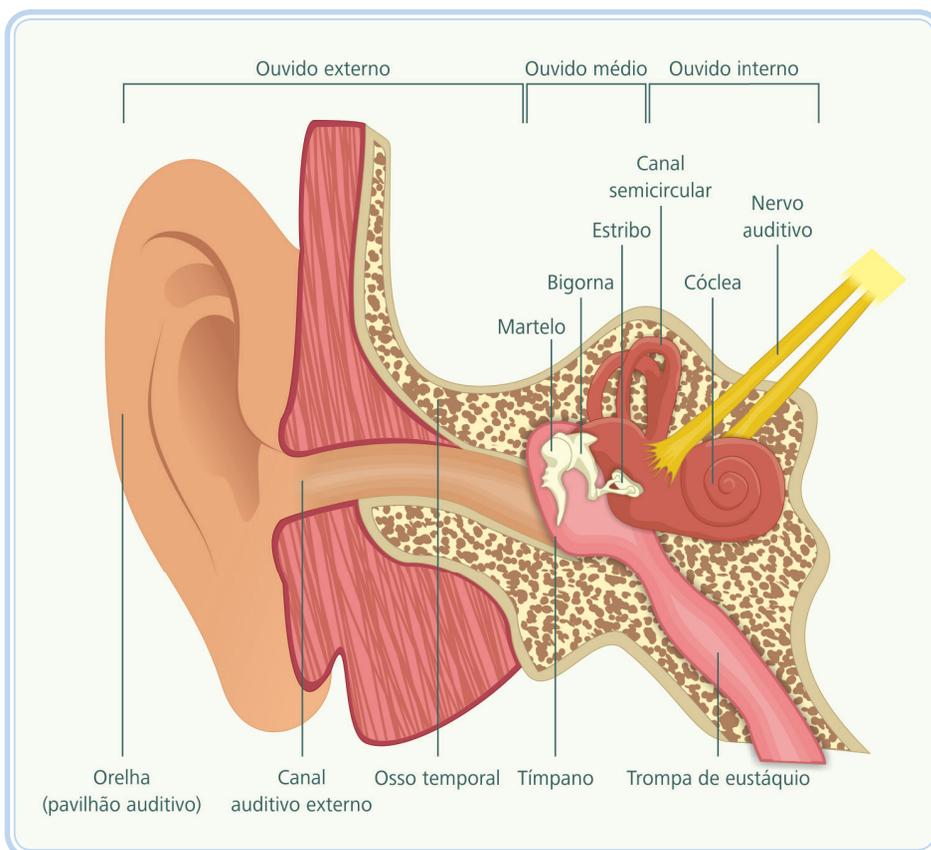


Um corpo quando vibra nunca o faz sozinho, pois os corpos em seu redor vibram também.

1.4 A percepção do som

Basicamente a percepção do som se dá da seguinte maneira:

O ouvido é o órgão que recebe as ondas sonoras. No ouvido externo os sons são captados, no ouvido médio são amplificados e levados, pelo ouvido interno, ao cérebro que os interpreta.



Assista a um vídeo sobre fisiologia da audição humana em: <http://youtu.be/rmUN1aQKmsM>

Figura 1.3: Percepção do som pelo ouvido humano

Fonte: CTISM

1.5 Características de um som

Um som simples pode ser percebido especificando-se três características fundamentais: o tom, a intensidade e o timbre. Estas correspondem, respectivamente, a três características físicas: a frequência, a amplitude e a forma de onda.

O ser humano diferencia três características do som:

- a) **Frequência** – qualidade que permite distinguir um som grave de um som agudo.

- b) **Amplitude** (intensidade) – qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco.
- c) **Timbre** – qualidade que permite distinguir dois sons emitidos por duas fontes diferentes.

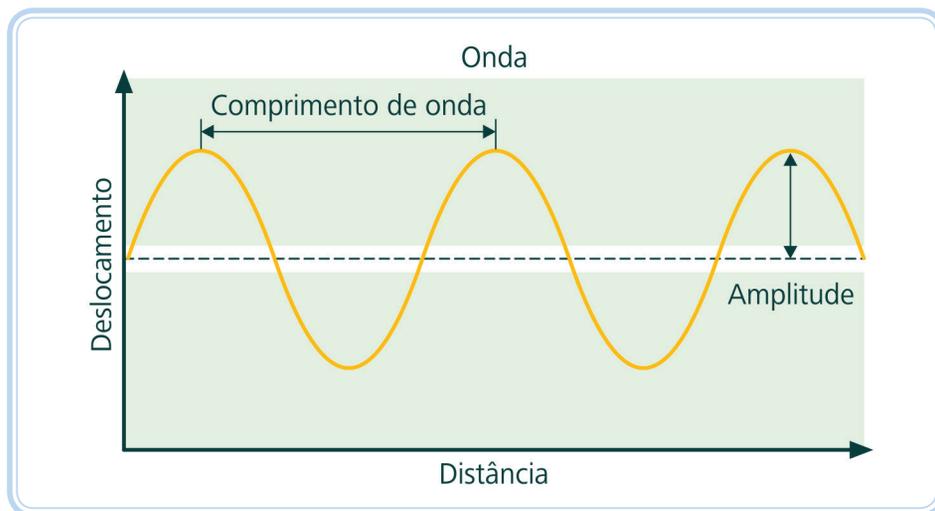


Figura 1.4: Características de uma onda (tom puro)

Fonte: CTISM

Além desses três atributos, é importante, por vezes, levar-se em conta a duração do som. Entende-se por duração de um som o intervalo de tempo durante o qual esse som é audível para o homem.

1.6 Frequência

É o número de oscilações de uma onda acústica em um intervalo de tempo de um segundo, ou seja, a taxa na qual a onda é periodicamente comprimida e rarefeita. Sons graves são característicos de baixas frequências e sons agudos são característicos de altas frequências.

As frequências audíveis são divididas em três faixas:

- a) **Baixas frequências ou sons graves** – as quatro oitavas de menor frequência, ou seja, 31,25; 62,5; 125 e 250 Hz.
- b) **Médias frequências ou sons médios** – as três oitavas centrais, ou seja, 500, 1000 e 2000 Hz.
- c) **Altas frequências ou sons agudos** – as três oitavas de maior frequência, ou seja, 4000, 8000 e 16000 Hz.

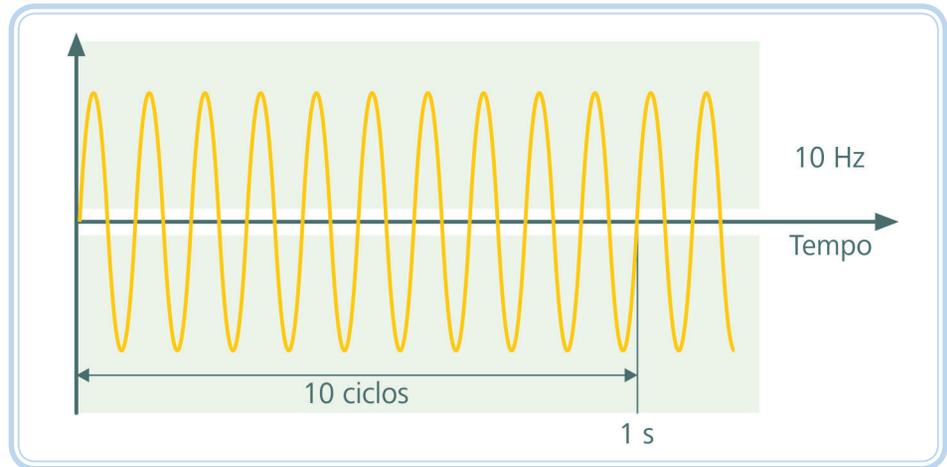


Figura 1.5: Representação de uma onda com frequência de 10 Hz (tom puro)

Fonte: CTISM

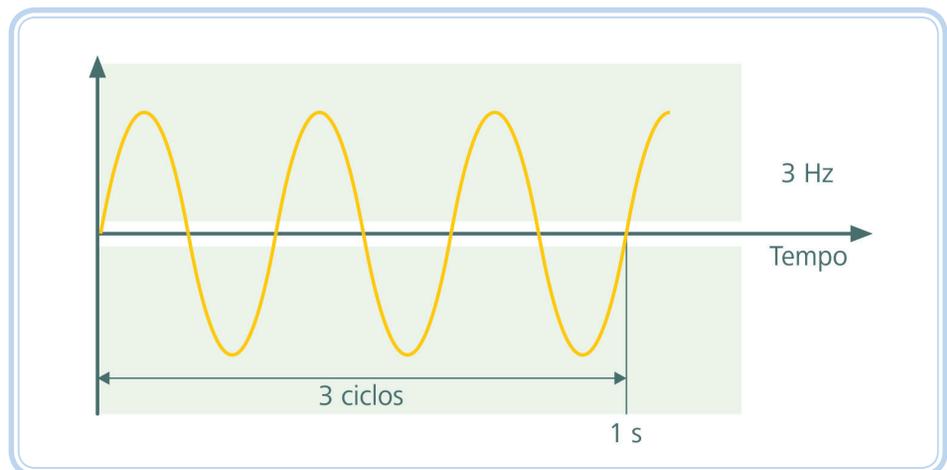


Figura 1.6: Representação de uma onda com frequência de 3 Hz (tom puro)

Fonte: CTISM

A unidade de frequência (SI) é ciclos por segundo, ou Hertz (Hz). Portanto, um som de 31,5 Hz tem uma onda de 10,8 m e, um som de 20.000 Hz tem um comprimento de onda de 1,7 cm.

Equação 1.1

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Onde: λ = comprimento de onda (m)

V = 340 m/s (velocidade de propagação de uma onda no ar)

f = frequência (Hz)

Os sons audíveis de alta frequência nos causam a impressão sonora de **agudo** e os de baixa frequência, **grave**. A altura de um som nos permite distinguir

entre sons graves e agudos. A altura de um som está relacionada com a frequência deste. Quanto maior for a frequência da onda deste som, maior será a altura dele. Sons graves são os de frequência mais baixa. As variações na amplitude do som é que indicam a intensidade do som (**forte** ou **fraco**).

Sons de baixa frequência são difíceis de atenuar ou reduzir devido ao grande comprimento de onda.

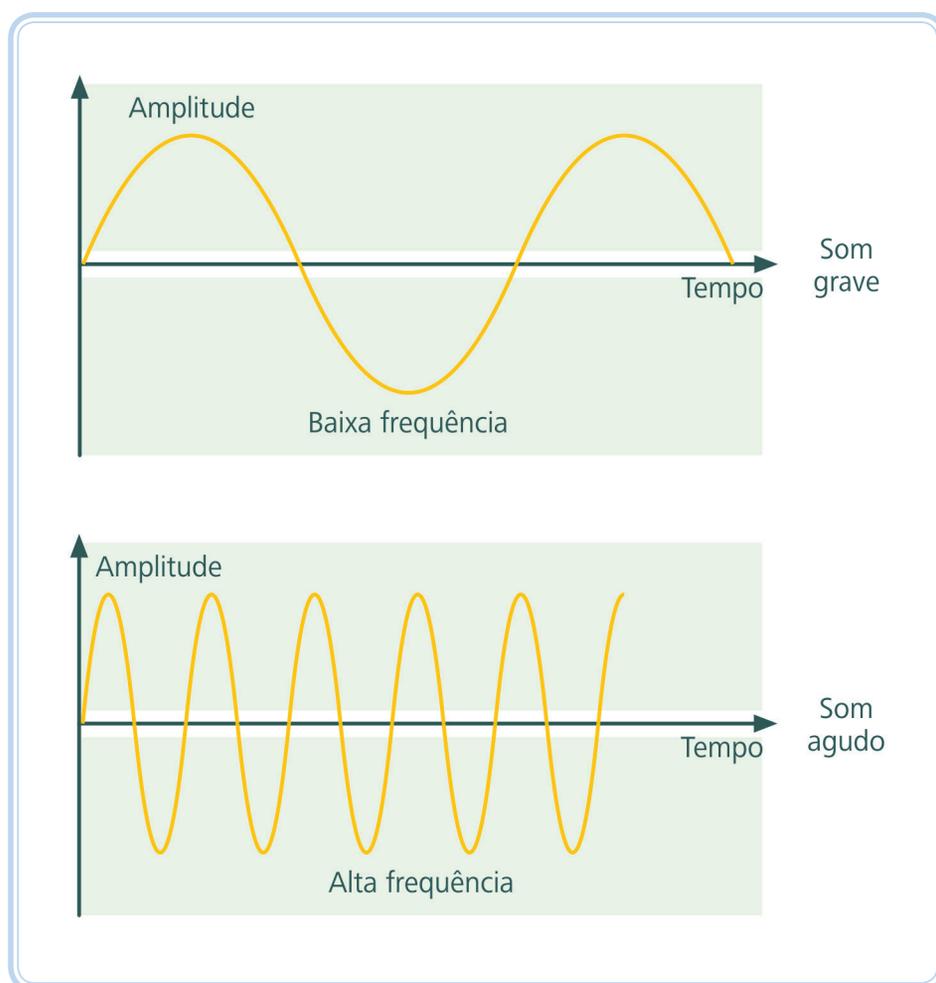


Figura 1.7: Exemplo de som grave e agudo (tom puro)

Fonte: CTISM

1.7 Amplitude

A amplitude de uma onda de som é o grau de movimento das moléculas de ar na onda, que corresponde à intensidade da rarefação e da compressão que a acompanham. Quanto maior a amplitude da onda, mais intensamente as moléculas golpeiam o tímpano e mais forte é o som percebido.

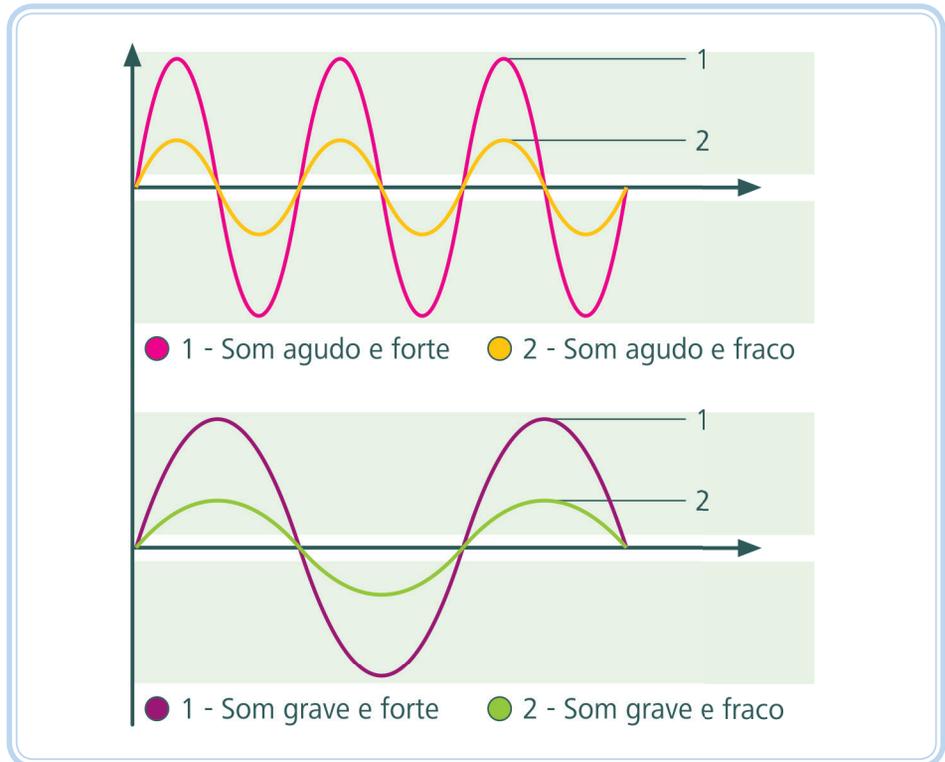


Figura 1.8: Exemplos de sons graves e agudos, forte e fraco (tom puro)

Fonte: CTISM

Na representação gráfica em onda senoidal, os valores máximos e mínimos atingidos por ela são os valores de pico. No caso da avaliação de ruído, o que interessa é o valor eficaz dessa onda. O valor eficaz é uma média quadrática (*Root Mean Square – RMS*), dos valores instantâneos da pressão sonora, que é o fornecido nos equipamentos de medição do ruído.

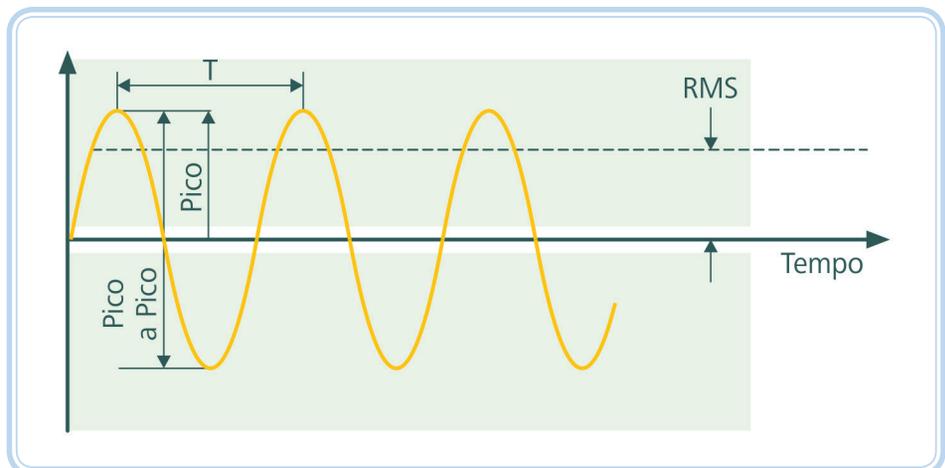


Figura 1.9: Ilustração do valor RMS

Fonte: CTISM

O valor eficaz é obtido por (SALIBA, 2009):

Equação 1.2

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2}{n}}$$

1.8 Timbre

O timbre é a característica sonora que permite distinguir sons de mesma frequência e mesma intensidade (amplitude), mas com ondas sonoras diferentes (formato da onda). Por exemplo: reconhecemos vozes diferentes pelo seu timbre, assim como os instrumentos musicais fazendo a mesma nota. A informação do timbre está contida no conjunto de sons secundários (**harmônicos**) de um som. Por isso conseguimos perceber, mesmo de olhos fechados, o som da chuva, do vento, da batida de uma porta, dos animais, etc.

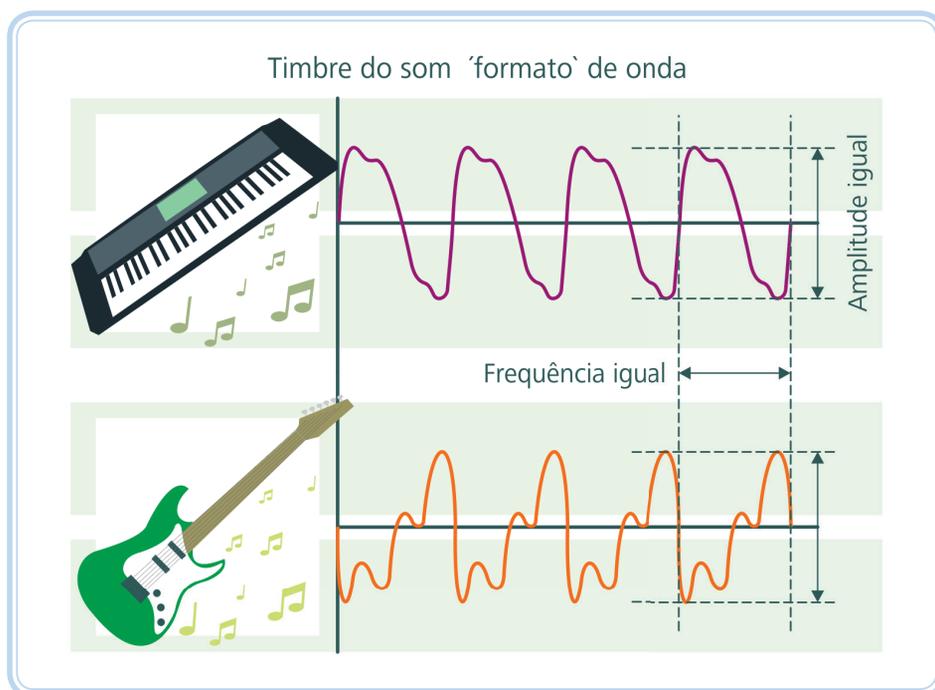


Figura 1.10: Dois instrumentos diferentes emitindo um som de mesma frequência e amplitude, mas com formato da onda diferente

Fonte: CTISM

Na prática são raros os sons puros, ou seja, o som é constituído de ruídos complexos resultantes da combinação de várias frequências.

Normalmente quando aumentamos o volume de um som dizemos que ele está mais alto, quando na verdade deveríamos dizer que ele está mais intenso. Um som muito alto significa na verdade que ele está a uma frequência maior. A altura de um som nos permite distinguir entre sons graves e agudos.

A-Z

harmônicos

Os sons são complexos, isto é, são combinações de sons harmônicos, de várias frequências. Um som é, na verdade, composto por um conjunto de outros sons simultâneos.



Assista a um vídeo sobre as características do som em: <http://www.youtube.com/watch?v=6p7AGK4GLw8&feature=related>

Assista a um vídeo sobre propriedades do som em: <http://www.youtube.com/watch?v=pWqAtp1baqE>





O sonar emite ondas sonoras na água e capta seus ecos (som refletido), permitindo a localização de objetos sob a água. O eco é um som refletido que é percebido pelo ouvido humano com intervalo de tempo suficiente para ser distinguido do som original emitido.

Reverberação: quando da emissão de um som em uma sala fechada há o encontro do som contra as paredes e, conseqüentemente, a reflexão. Se o som refletido atingir o observador no instante em que o som direto está se extinguindo, ocasionando o prolongamento da sensação auditiva, teremos a reverberação. Nessa situação acabamos por não perceber bem os sons (os sons misturam-se e confundem-se).

A difração depende do comprimento de onda. Se o comprimento de onda é muito grande (ondas sonoras) o obstáculo é contornado facilmente. Se o comprimento de onda for pequeno (luz visível) a difração é menos intensa.



Assista a um vídeo sobre ressonância acústica em:
http://www.youtube.com/watch?v=qy1c5_vYTVo

<http://www.youtube.com/watch?v=5E7T4AIYpNg>

http://www.youtube.com/watch?v=XTgA_B2lgo&feature=related

1.9 Fenômenos na propagação do som

- a) **Reflexão** – é a mudança na direção de uma onda sonora quando encontra um obstáculo que não possa ser contornado. A reflexão do som ocorre bem em superfícies cuja extensão seja grande em comparação com seu comprimento de onda. São exemplos o eco e a reverberação.
- b) **Refração** – é o desvio sofrido pela onda sonora quando ela passa de um meio para outro.
- c) **Difração** – é a propriedade que a onda sonora tem de transpor obstáculos.
- d) **Interferência** – é a consequência da superposição de ondas sonoras. Se as ondas forem concordantes seus efeitos se somam, mas se as ondas estiverem em discordância seus efeitos se neutralizam.
- e) **Ressonância** – é quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste.

Como exemplo, podemos citar o vidro de uma janela que se quebra ao entrar em ressonância com as ondas sonoras produzidas por um avião a jato.

1.10 Localização da fonte sonora

Uma das características principais da audição humana é a percepção da direção da propagação das ondas do som. Por causa da localização física das orelhas na cabeça humana, cada orelha recebe sinais diferentes em tempos diferentes (ocorrem alterações na intensidade e no tempo de chegada do som entre cada orelha). Com isso, o cérebro registra os sinais recebidos, estabelecendo a direção da onda sonora.

1.11 Comprimento de onda

Conhecendo a velocidade e a frequência do som, podemos encontrar o seu comprimento de onda, isto é, a distância física no ar entre um pico de onda até o próximo, pois – comprimento de onda = velocidade/frequência.

1.12 Faixas de audibilidade

O limiar de audibilidade humana corresponde a pressão de 2×10^{-5} N/m² (20 micropascals (µPa)) e acima desse valor tudo que percebemos é na forma sonora.

O limiar da dor, ou seja, a pressão sonora em que uma pessoa exposta começa a sentir dor no ouvido corresponde à pressão de 20 N/m² (N/m² = Pascal).

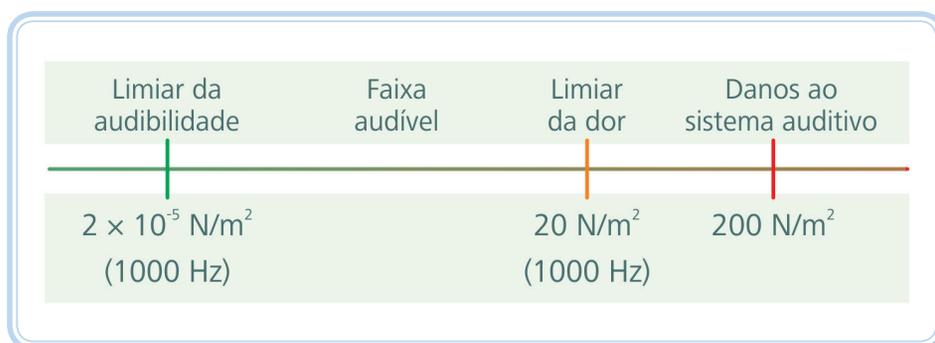


Figura 1.11: Faixas de audibilidade

Fonte: CTISM

Para que o som seja audível é necessário, além da variação de pressão gerada, que este possua valores específicos de frequência, que deve situar-se entre 20 e 20000 Hz. Os sons com frequência inferior a 20 Hz são conhecidos como **infrassons** (alguns autores situam esse valor em 16 Hz), e os com frequência superior a 20 kHz são denominados **ultrassons**. Ambos não são percebidos pelo sistema auditivo humano. Somos mais sensíveis às frequências entre 1000 Hz e 4000 Hz. Os cães e morcegos, por exemplo, escutam sons bem acima dos 20.000 Hz.

No estudo do ruído ocupacional nos limitaremos aos sons audíveis pelos seres humanos.



Figura 1.12: Faixa de audibilidade relacionada à frequência

Fonte: CTISM

1.13 Nível de Intensidade Sonora (NIS)

A intensidade do som é a quantidade de energia contida no movimento vibratório. Essa intensidade se traduz com uma maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora. Para um som de média intensidade essa amplitude é da ordem de centésimos de milímetros.

Os sons fortes transportam maior quantidade de energia que os fracos, e a onda sonora perde intensidade no decurso da sua propagação.

A intensidade sonora está associada aquilo que nós comumente chamamos de volume. A diferença entre um som intenso (ou forte) e um som fraco vem da amplitude de vibração da onda. Quanto maior a amplitude da onda, maior a pressão que a onda irá exercer no ar. Isso faz com que os nossos tímpanos vibrem de maneira mais intensa.

Equação 1.3

$$I = \frac{\text{Potência}}{\text{Área}}$$

A Equação 1.3 define que a intensidade de uma onda é dada pela potência da fonte sonora dividida pela área da superfície que recebe a onda sonora. No Sistema Internacional a intensidade de uma onda sonora é expressa em W/m^2 (watts por metro quadrado).

A intensidade do som (I) está relacionada com a energia transportada pela onda sonora. O nível de intensidade sonora é um valor obtido por comparação com um som de referência. O ouvido humano responde a uma faixa de intensidades que se estende desde um valor I_0 ($10^{-16} W/cm^2$ – limiar da audição). O som mais forte, sem causar danos no ouvido humano (limiar da dor), varia na ordem de $10^{-5} W/cm^2$ (110 dB) a $10^{-2} W/cm^2$ (140 dB), dependendo da frequência do som (veja Figura 1.13).

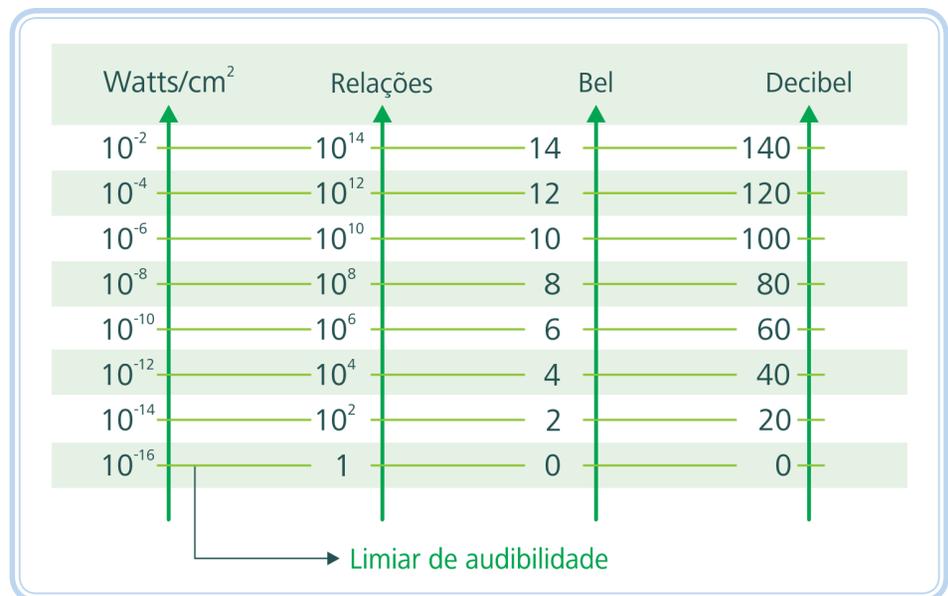


Figura 1.13: Relações entre decibels e potência sonora

Fonte: CTISM

Experiências demonstram que o ouvido humano obedece a Lei de Weber-Fechner, de estímulo/sensação, ou seja, as sensações como cor, som, odor, dor, etc., variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem, ou seja, conforme aumentamos a intensidade sonora o nosso ouvido fica cada vez menos sensível, isto é, precisamos aumentar a intensidade de maneira exponencial para que o ouvido “sinta” o som de maneira linear.

O valor 10^{-16} W/cm² é definido como intensidade sonora de referência e é chamada de 0 bel. A sonoridade de 1 bel, ou 10 decibels, corresponde a um som 10 vezes mais intenso ao som de 0 bel. Sendo assim, 10 dB correspondem a uma intensidade de 10^{-15} W/cm².

Se fosse adotada uma escala linear de intensidade sonora, teríamos que dizer, por exemplo, que um ruído de 80 dB é 100 milhões de vezes (10^8) mais intenso que o menor som audível.

Os exemplos a seguir estão resolvidos. Acompanhe a resolução para melhor compreensão do conteúdo.

Exemplo 1.1

Em uma rua avaliamos o ruído em 8 bel, quanto esse ruído está acima do limite de audibilidade?

Solução

Esse ruído está 8 bels acima do limite de audibilidade (0 bel).

Observe que a escala ficou reduzida em excesso, pois entre o limiar de audibilidade e o ruído da rua existem apenas 8 unidades de sons audíveis. Para contornar esse problema foi criado, então, o **décimo do bel**, ou seja, o decibel: dizemos agora que o ruído da rua está 80 dB (com o “d” minúsculo e o “B” maiúsculo), acima do valor de referência (aumentando para 80 unidades de som).

Exemplo 1.2

Em quantas vezes 20 decibels é mais intenso que 0 dB em watts/cm²?

Solução

20 decibels é 100 vezes (10^2) mais intenso que a sonoridade de referência e corresponde a uma intensidade de 10^{-14} W/cm².

Exemplo 1.3

Em quantas vezes 60 decibels é mais intenso que 0 dB em watts/cm²?



A lei de Weber-Fechner tenta descrever a relação existente entre a magnitude física de um estímulo e a intensidade do estímulo que é percebida.



dB = decibel que é a unidade de medida da intensidade sonora. O decibel é derivado de **bel (décimo do bel)**, que foi dado em homenagem a **Alexandre Graham Bell**, pesquisador de acústica e inventor do telefone.

Solução

60 decibels é um milhão de vezes (10^6) mais intenso que o limiar da audição e corresponde a uma intensidade de 10^{-10} W/cm².

Matematicamente esses números são impraticáveis e, fisiologicamente, não refletem a sensação audível e, para contornar esse problema é usada a **escala logarítmica**.

O nível de intensidade sonora é uma grandeza que mede a sensação auditiva provocada por uma onda sonora de intensidade I por comparação com a intensidade I_0 do limiar da audição numa escala logarítmica. Assim, o NIS, medido em decibels, satisfaz a construção fisiológica do nosso ouvido. O nível de intensidade sonora pode ser expresso por (WHO):



Para saber mais sobre WHO, acesse: http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/

Equação 1.4

$$\text{NIS} = 10 \log_{10} (I/I_0)$$

Onde: NIS = intensidade sonora em dB

I = intensidade do som (W/m²)

I_0 = intensidade de referência (10^{-12} W/m²)

Equação 1.5

$$\text{NIS} = 10 \log_{10} I + 120$$

A partir da Equação 1.4, podemos concluir que a cada 3 dB a intensidade sonora dobra, pois se $I = 2 \times I_0$ logo:

$$\text{NIS} = 10 \log (2/1) = 10 \log 2 = 10 \times 0,301 = 3 \text{ dB}$$

Isto significa que ao dobrarmos a intensidade sonora, o NIS aumenta apenas de 3 dB e, no caso da pressão, ao duplicarmos a pressão sonora, o NIS aumenta em 6 dB (veja a seguir).



Portanto na escala em decibels, o dobro de 80 dB é 83 dB, assim como o dobro de 100 dB é 103 dB. A metade de 90 dB é 87 dB, assim como a metade de 110 dB é 107 dB.

1.14 Nível de Potência Sonora (NPS_w)

A potência sonora é a energia acústica total emitida por uma fonte por unidade de tempo, medida em watt (1 W = 1 J/s).

A potência não depende do ambiente nem da distância da fonte. Seu valor não varia já que a potência sonora refere-se à energia emitida pela fonte (a potência sonora é análoga à potência de uma lâmpada, ou seja, na medida em que nos afastamos dela a intensidade luminosa diminui, mas a potência permanece a mesma).

O nível de potência sonora é uma medida logarítmica da potência sonora efetiva de um som em relação ao valor de referência. Ele é medido em decibels (dB) acima de um nível de referência padrão.

O nível de potência sonora pode ser expresso por (OSHA):

Equação 1.6

$$\begin{aligned} NPS_W &= 10 \log \frac{W}{W_0} \\ NPS_W &= 10 \log W + 120 \end{aligned}$$

Onde: NPS_W = nível de potência sonora (dB)

W = potência sonora medida (W)

W_0 = potência de referência que corresponde ao limiar de audibilidade (10^{-12} W)

A escala logarítmica também se aplica a potência sonora devido às grandezas envolvidas, pois a diferença entre a potência de um grito (0,001 W) e a potência sonora de um avião a jato decolando (100.000 W) são da ordem de 10^8 vezes.

Ao duplicarmos a potência sonora aumentamos o nível de potência sonora por 3 decibels (dB):

$$W = 1 \text{ watts: } NPS_W = 10 \log (1/10^{-12}) = 120 \text{ dB (ou } = 10 \log 1 + 120)$$

$$W = 2 \text{ watts: } NPS_W = 10 \log (2/10^{-12}) = 123 \text{ dB (ou } = 10 \log 2 + 120)$$

Potência sonora não pode ser medida diretamente. É possível medir a intensidade sonora, que é a distribuição da potência do som sobre a área da onda de propagação.

1.15 Nível de Pressão Sonora (NPS)

A pressão sonora é a variação média (RMS – *Root Mean Square*) de pressão em relação à pressão atmosférica, medida em Pascals (Pa) ou Newtons por metro quadrado (N/m^2). Depende do meio, do isolamento e da distância à fonte ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).



Para saber mais sobre OSHA, acesse: http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/soundpropagation.html



Potências serão sempre medidas em watts, mas você encontra equipamentos sonoros com referência às potências de X watts RMS, Y watts PMPO. Não faremos aqui a diferenciação entre cada um desses watts, mas no caso dos sons audíveis estaremos nos referindo a watts acústicos. O dB é utilizado para expressar uma diferença entre duas potências, uma "real" e outra "de referência", mas sempre do mesmo tipo, ou seja, não podemos comparar watts RMS com watts PMPO nem com watts acústicos. O que podemos fazer é comparar watts com watts, watts RMS com watts RMS, watts acústicos com watts acústicos e extrair disso um resultado em decibels.

O nível de pressão sonora é uma medida logarítmica da pressão sonora efetiva de um som em relação ao valor de referência. Ele é medido em decibels (dB) acima de um nível de referência padrão.

A intensidade é proporcional ao quadrado da média de variação de pressão (OSHA).

Equação 1.7

$$\frac{I}{I_0} = \frac{P^2}{P_0^2}$$

Como a resposta dos órgãos sensoriais é proporcional ao logaritmo da magnitude do estímulo (Lei de Weber-Fechner):

Aplicando a relação da Equação 1.7 na Equação 1.8:

Equação 1.8

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right) = 2 \times 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$NPS = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Onde: NPS = nível de pressão sonora (dB)

P = pressão sonora medida (N/m²)

P₀ = pressão de referência que corresponde ao limiar de audibilidade (2 × 10⁻⁵ N/m² ou 20 micropascals (μPa))

Isto significa que ao dobrarmos a pressão sonora o NPS aumenta em 6 dB.

$$NPS = 20 \log (2/1) = 20 \log 2 = 20 \times 0,301 = 6 \text{ dB}$$

Substituindo-se na Equação 1.8 o valor da pressão de referência (P₀), obtém-se:

$$NPS = 20 \log_{10} P - 20 \log_{10} P_0$$

$$NPS = 20 \log_{10} P + 94$$

O decibel é uma relação entre duas grandezas físicas da mesma espécie numa relação logarítmica, e a intensidade física do som e a altura subjetiva com que o ouvimos é estabelecida através das diferenças medidas em decibels.

Os exemplos a seguir estão resolvidos. Acompanhe a resolução para melhor compreensão do conteúdo.

Exemplo 1.4

Por convenção se aceita a pressão de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ como a pressão mínima audível (1000 Hz), 20 N/m^2 (1000 Hz) como limiar da dor, e a pressão de 200 N/m^2 a partir da qual podem ocorrer danos irreversíveis ao sistema auditivo humano. Calcule os níveis de pressão sonora equivalentes.

Solução

$$\text{NPS} = 20 \log 2 \times 10^{-5} + 94 = (20 \times -4,70) + 94 = -94 + 94 = 0 \text{ dB}$$

$$\text{NPS} = 20 \log 20 + 94 = (20 \times 1,3) + 94 = 26 + 94 = 120 \text{ dB}$$

$$\text{NPS} = 20 \log 200 + 94 = (20 \times 2,3) + 94 = 46 + 94 = 140 \text{ dB}$$

Exemplo 1.5

Um ruído de 94 dB é equivalente a qual pressão sonora?

Solução

$$94 = 20 \log P + 94$$

$$94 - 94 = 20 \log P$$

$$(94 - 94)/20 = \log P$$

$$\log P = 0$$

$$P = 1 \text{ N/m}^2$$

Revisando

+ 3 dB o nível de intensidade sonora duplica (ao duplicarmos a intensidade sonora o NIS aumenta em 3 dB).

- 3 dB o nível de intensidade sonora reduz pela metade.

+ 6 dB a pressão sonora duplica (ao duplicarmos a pressão sonora o NPS aumenta em 6 dB).

- 6 dB a pressão sonora reduz pela metade.

1.16 Nível Sonoro (NS)

Quando nos referimos ao valor do ruído em decibéis, resultado da propagação de ondas sonoras utilizaremos, para simplificação, a expressão **nível sonoro**.



Um decibelímetro mede o nível de intensidade da pressão sonora no instante em que ela ocorre. A intensidade é uma característica do som que está relacionada à energia de vibração da fonte que emite as ondas. Essa propriedade do som é provocada pela pressão que a onda exerce sobre o ouvido ou sobre algum instrumento medidor da intensidade sonora, como um decibelímetro ou um dosímetro, por exemplo. Idealmente é a intensidade sonora que gostaríamos de medir. No entanto, é mais fácil de medir a pressão sonora da intensidade do som. Quando passamos a usar a escala de decibels, a NIS e NPS são praticamente a mesma coisa.

1.17 Nível sonoro e distância

A amplitude da pressão sonora reduz à medida que a distância da fonte ao receptor é aumentada, devido à existência de perdas na transmissão do som (dispersão das ondas sonoras). As perdas se devem à diminuição da intensidade sonora pelo aumento da área de propagação, dissipação devido à reflexão e absorção do som em obstáculos do ambiente, bem como pela interação entre as ondas sonoras. Há também um pequeno impacto da temperatura, umidade e vento, mas a atenuação devido à distância é o fator principal que determina o nível de intensidade do ruído em uma propagação ao ar livre.

A atenuação do som com a distância em campo livre é proporcional à frequência, ou seja, sons agudos “morrem” em poucos metros, enquanto que um som grave se pode ouvir a quilômetros de distância.

1.18 Propagação do som

A propagação do som é afetada por vários fatores, como por exemplo, a reflexão, absorção e transmissão em obstáculos, a temperatura, a velocidade e umidade do ar, o tipo de fonte e interação entre as ondas.

A propagação do som é maior na medida em que a temperatura aumenta, ou seja, a atenuação é inversamente proporcional à temperatura, por exemplo: a 15°C a velocidade de propagação do som é de 340 m/s e a 30°C ela se eleva para aproximadamente 349 m/s (velocidade de propagação do som no ar (c): $= 331,4 + 0,6 T$ [m/s], onde T = temperatura (°C)).

De maneira geral, quanto maior o número de partículas ocupando um determinado espaço, mais próximas estarão umas das outras. No ar úmido, devido a maior proximidade das partículas, a onda sonora se propagará mais rapidamente.

1.18.1 Propagação em campo livre (fonte de ruído pontual)

Quando as dimensões da fonte de ruído são pequenas se comparadas com a distância ao ouvinte essa fonte se chama pontual. A energia sonora se propaga esfericamente, ou seja, o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos que se encontram equidistantes da fonte e o NS diminui 6 dB ao dobrar a distância à fonte. Exemplo: ruído de um cortador de grama.

Na maioria das situações o nível de potência sonora é desconhecido. No entanto, podemos medir o nível de pressão sonora em um ponto e relacioná-lo para outro ponto mais distante da fonte, aplicando a seguinte relação (BRUEL).



Assista a um vídeo sobre
velocidade do som em:
[http://www.fisicaequimica.net/
som/velocidadedosom.htm](http://www.fisicaequimica.net/som/velocidadedosom.htm)



Para saber mais sobre
propagação, acesse:
[http://www.osha.gov/dts/
osta/otm/noise/health_
effects/soundpropagation.
html#unknown](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/soundpropagation.html#unknown)

Equação 1.9

$$NS_2 = NS_1 - 20 \log (r_2/r_1)$$

Onde: NS_2 = Nível de pressão sonora no ponto 2

NS_1 = Nível de pressão sonora no ponto 1

r_2 = Distância da fonte ao ponto 2

r_1 = Distância da fonte ao ponto 1

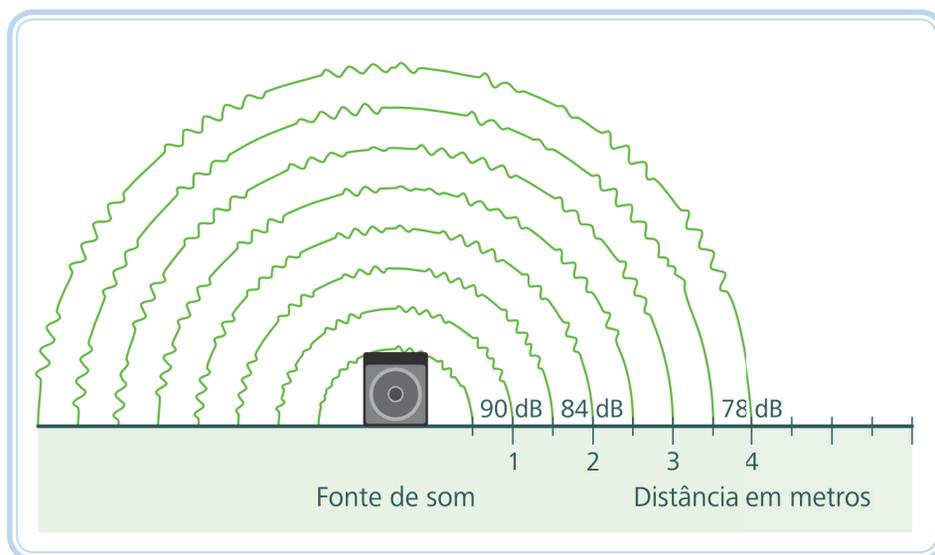


Figura 1.14: Propagação em campo livre

Fonte: CTISM

Exemplo 1.6

Calcule o valor de um NS de 90 dB (pontual) se duplicamos a distância de medição, ou seja, $r_2 = 2 r_1$.

Solução

$$NS_2 = 90 - 20 \log (2r_1/r_1) = 90 - 20 \log 2 = 84 \text{ dB}$$

A Equação 1.9 se relaciona com uma situação ideal, ou seja, sem considerar perdas devido a outros fatores que podem estar relacionados e que irão afetar a propagação do som.



1.18.2 Propagação em fonte de ruído linear

Se a fonte de ruído é estreita em uma direção e larga em outra comparada com a distância ao ouvinte ela é chamada de linear. É característica de muitas fontes atuando simultaneamente como, por exemplo, vários carros em uma estrada. O nível sonoro se propaga cilíndricamente, isto é, o nível sonoro é

o mesmo em todos os pontos situados a mesma distância da linha e diminui 3 dB ao dobrar a distância.

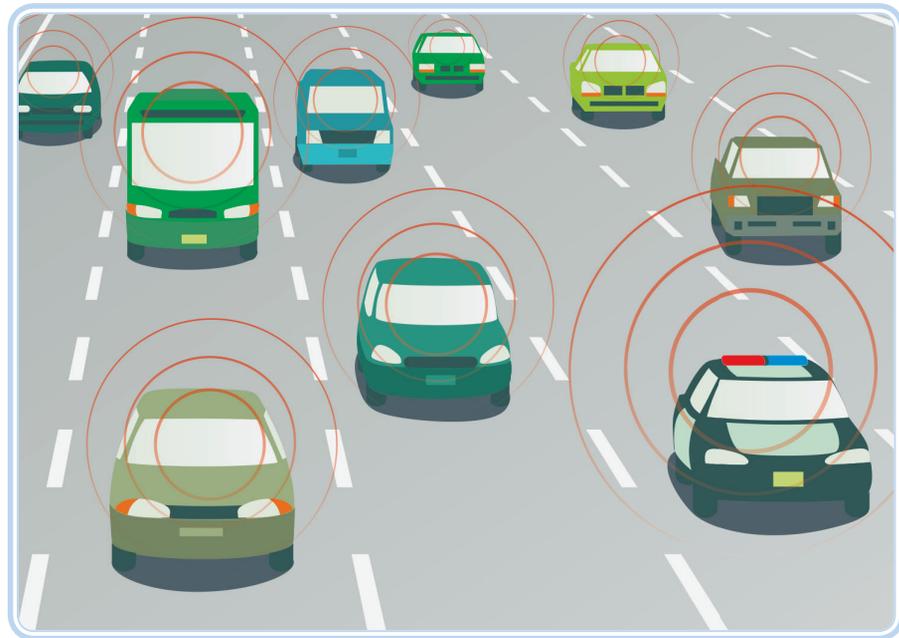


Figura 1.15: Propagação linear

Fonte: CTISM

Na maioria das situações o nível de potência sonora é desconhecido. No entanto, podemos medir o nível de pressão sonora em um ponto e relacioná-lo para outro ponto mais distante da fonte, aplicando a seguinte relação (BRUEL):

Equação 1.10

$$NS_2 = NS_1 - 10 \log (r_2/r_1)$$

Onde: NS_2 = Nível de pressão sonora no ponto 2

NS_1 = Nível de pressão sonora no ponto 1

r_2 = Distância da fonte ao ponto 2

r_1 = Distância da fonte ao ponto 1

Exemplo 1.7

Calcule o valor de um NS de 90 dB (linear) se duplicamos a distância de medição, ou seja, $r_2 = 2 r_1$.

Solução

$$NS_2 = 90 - 10 \log (2r_1/r_1) = 90 - 10 \log 2 = 87 \text{ dB}$$

A Equação 1.10 se relaciona com uma situação ideal, ou seja, sem considerar perdas devido a outros fatores que podem estar relacionados e que irão afetar a propagação do som.



Por exemplo, na avaliação de ruído em uma estrada movimentada influenciam na propagação do som: interação das ondas, o solo, as estruturas existentes, a topografia, a vegetação, a cobertura do solo, as condições atmosféricas, a quantidade de veículos, etc.

1.19 Propagação do som em ambiente ocupacional

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 (Figura 1.16).

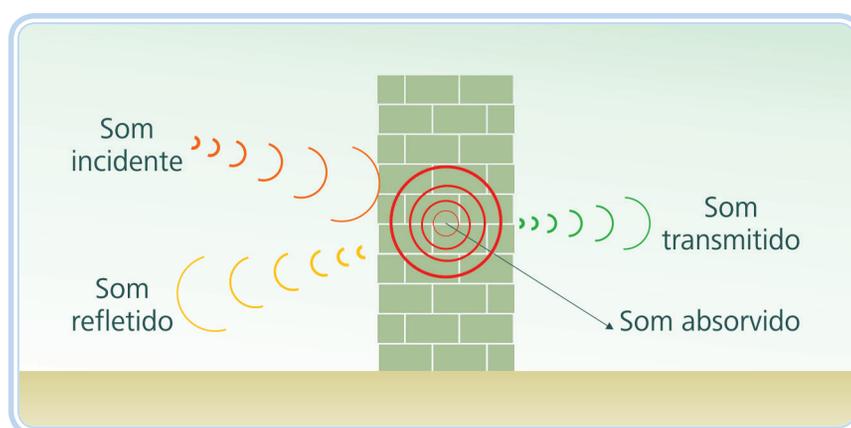


Figura 1.16: Reflexão, absorção e transmissão do som em obstáculos

Fonte: CTISM

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 outro de uma superfície. Quanto mais rígida e densa (pesada) for a superfície menor será a energia transmitida.

Quando um profissional capacitado desenvolver um projeto para atenuação do ruído de determinada fonte certamente ele analisará essas propriedades e dimensionará o sistema após análise detalhada desses fatores, fazendo, inclusive, uma avaliação do ruído por bandas de frequência para identificar as características do som emitido (veremos isso adiante na disciplina).

1.20 Exemplos de níveis de sons típicos

Quadro 1.1: Níveis sonoros característicos de várias situações		
	NPS (dB)	Exemplos típicos
	140	Avião a jato decolando muito próximo, bombas recreativas.
	130	Avião a 1 m.
	120	Concerto de rock em frente as caixas de som, trovão, britadeiras.
	110	Grande orquestra, trio elétrico.
	100	Arrebitamento.
	90	Trem, metrô, motocicleta, tráfego de caminhões.
	85	Voz alta, avenida de grande movimento.
	80	Escritório ruidoso.
	75	Voz normal, creches.
	70	Aspirador de pó, secador de cabelo, restaurante barulhento, motor de carro.
	65	Interior de um carro.
	60	Ar condicionado a 6 m de distância, máquina de costura.
	55	Grupo de amigos conversando.
	50	Rua tranquila, escritório silencioso.
	40	Vassoura varrendo, geladeira, quarto longe do trânsito.
	30	Biblioteca, tic-tac do relógio.
	20	Sussurro.
	10	Estúdio de gravação.
	5	Deserto.
	0	Limiar da audibilidade (a 1000 Hz).

Fonte: Autores



Para saber mais sobre níveis sonoros, acesse: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/noisemeter.html>

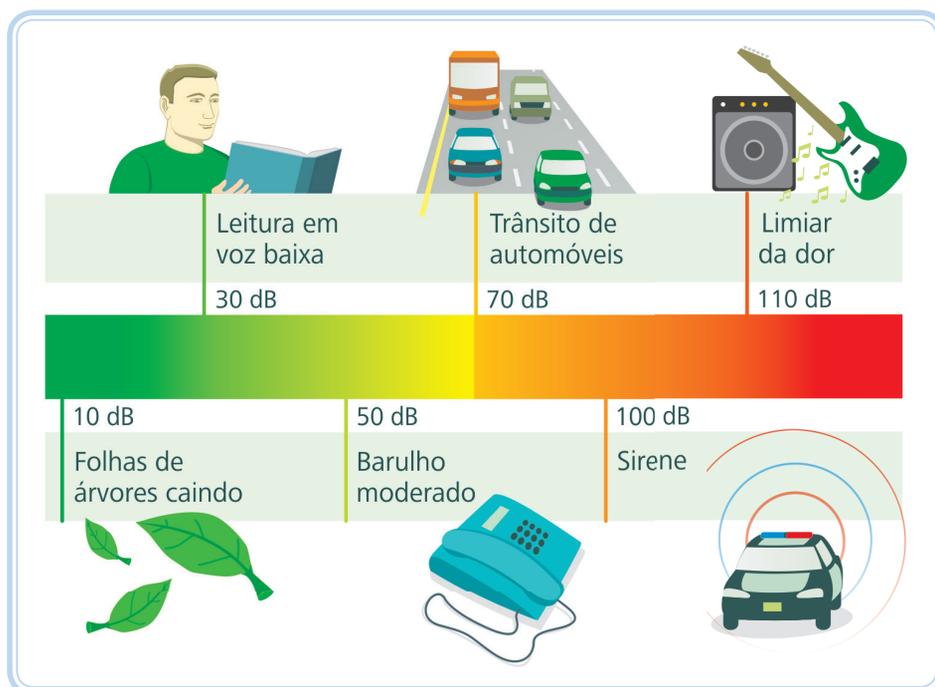


Figura 1.17: Níveis sonoros

Fonte: CTISM

1.21 Curvas isoaudíveis

Na avaliação do som através de medidores do nível de pressão sonora estamos avaliando um fenômeno físico e não subjetivo. Estudos realizados demonstram que o ouvido humano é mais sensível ao ruído nas frequências entre 2000 e 5000 Hz e menos sensível nas frequências extremamente baixas ou altas. O ouvido humano não percebe sons graves, médios e agudos da mesma forma.

Partindo-se da frequência de 1000 Hz (tomada como padrão) construíram-se curvas de igual audibilidade pelo ouvido humano. Por exemplo, um som de 90 fons na frequência de 5000 Hz produzido por um nível de pressão sonora de 85 dB, é ouvido com a mesma intensidade, na frequência de 2000 Hz, que um som de nível de pressão sonora de 90 dB. Ou ainda, um som de 90 fons é percebido com a mesma intensidade pela maioria das pessoas quaisquer que sejam o NS e a frequência.

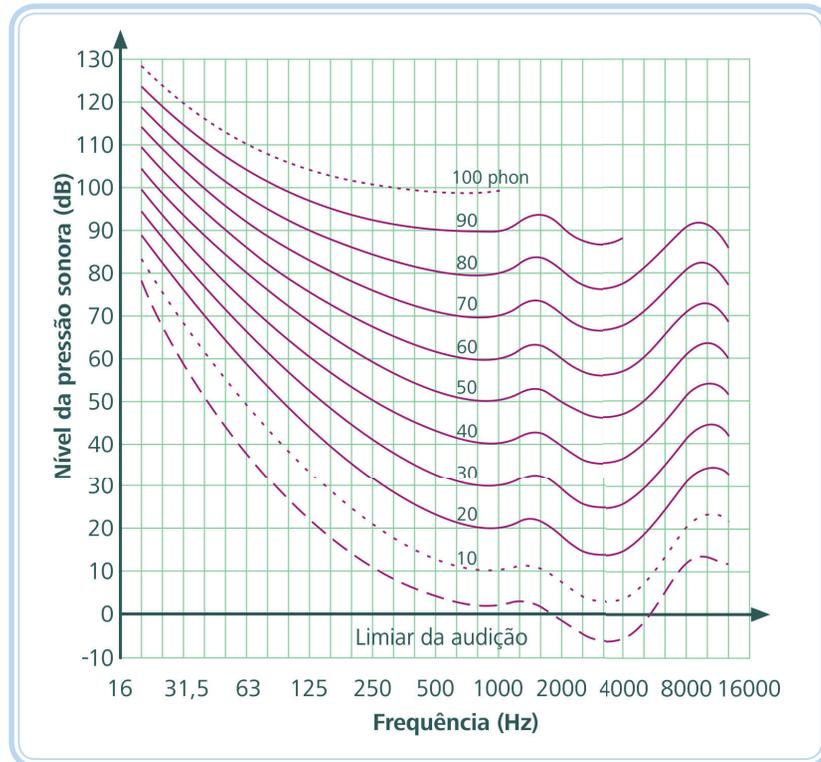


Figura 1.18: Curvas isoaudíveis (ISO 226:2003)

Fonte: CTISM

Acompanhe a resolução do Exemplo 1.8 a seguir para melhor compreensão do conteúdo.

Exemplo 1.8

Qual o NS necessário a um som (na frequência de 8 kHz) para produzir a mesma sensação auditiva de um som de 80 dB a 1000 Hz (80 fons)?

Solução

Observe a Figura 1.19.

Encontre a linha vertical correspondente à frequência de 1000 Hz e encontre a linha horizontal correspondente a 80 dB. Marque o ponto de encontro das duas linhas sobre a curva de 80 fons. Trace uma linha vertical a partir da frequência de 8000 Hz até encontrar a curva de 80 fons. O prolongamento na horizontal desse ponto até o eixo de dB (nível de pressão sonora) vai nos indicar o valor solicitado: aproximadamente 92 dB.

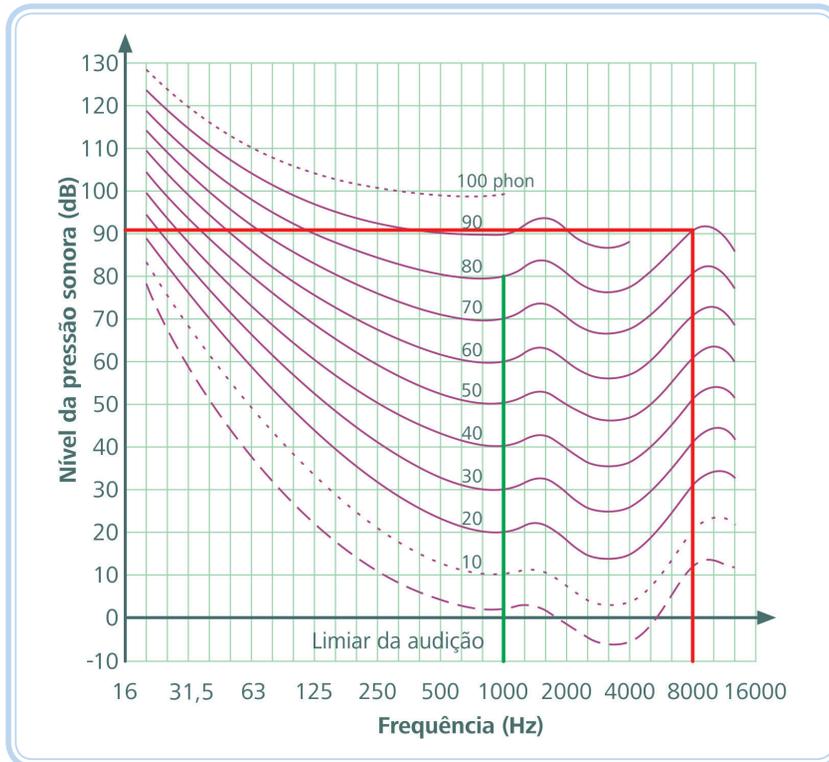


Figura 1.19: Curvas isoaudíveis para solução do exemplo 1.9

Fonte: CTISM

Veja agora se você consegue encontrar os valores para o Exemplo 1.9.

Exemplo 1.9

Um som de 90 fons na frequência de 2000 Hz tem um nível de pressão sonora de aproximadamente _____. Mantendo os 90 fons que nível de pressão sonora é necessário para se ter a mesma percepção, se esse som for emitido numa frequência de 125 Hz?

Solução

Aproximadamente 91 dB e 98 dB.

A Figura 1.20 apresenta as áreas dinâmicas de audição, agora relacionadas com a frequência. A linha superior é o limiar da dor e a linha inferior é o limiar da audibilidade (observe que essas linhas variam em função da diferente sensibilidade do ouvido humano às diversas frequências do som). Observe também que a voz humana compreende uma vasta área de frequências audíveis.

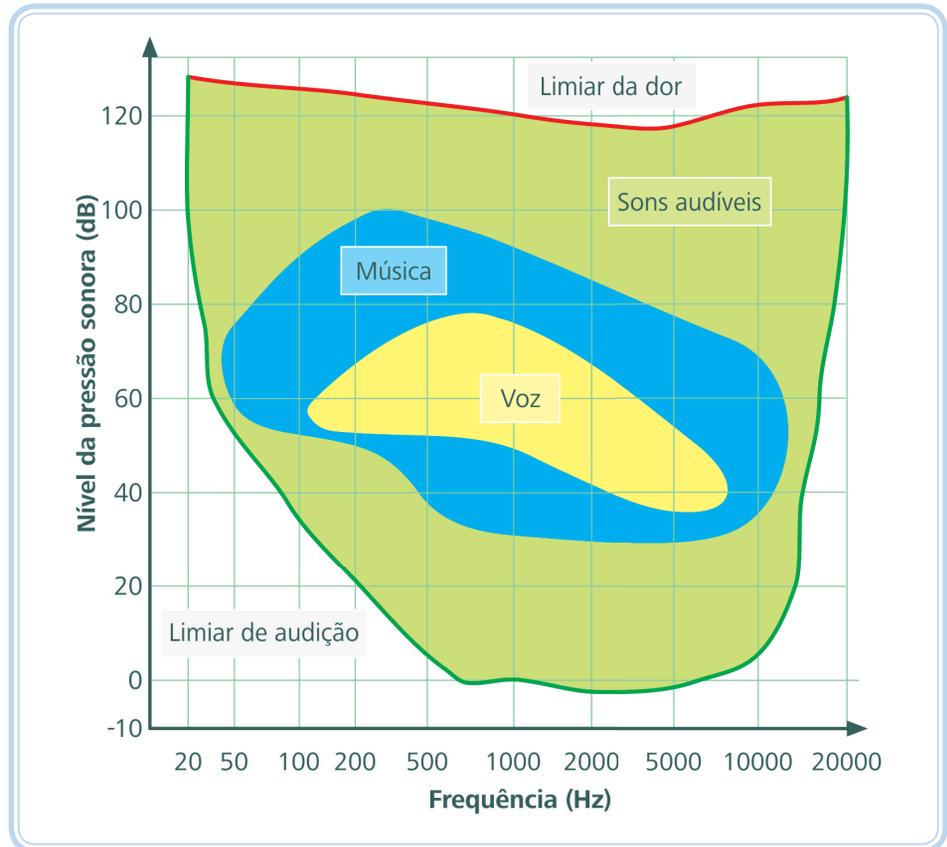


Figura 1.20: Áreas dinâmicas do ouvido humano

Fonte: CTISM

A região em verde delimita todos os sons audíveis por uma pessoa sem nenhum problema de audição. A região azul corresponde à região dos sons musicais. A região mais central, amarela, corresponde aos sons que emitimos quando falamos. A linha verde indica o limiar da audição humana. Como já foi dito, o ouvido humano tem sensibilidade diferente para diferentes frequências, por isso a linha verde não é perfeitamente horizontal. A linha vermelha indica o limiar da dor, ou seja, o limite de nível da intensidade do som para o qual começamos a sentir dor no ouvido por causa da amplitude de oscilação do tímpano. Sons acima da linha vermelha podem literalmente romper o tímpano humano. Note aqui que o limiar da dor também é influenciado pela frequência do som. Observe ainda que o ouvido humano é mais sensível entre as frequências de 2 kHz e 5 kHz (linha de limiar de audibilidade na parte inferior da Figura 1.20).

1.22 Barulho

De uma forma geral é qualquer som que nos é desagradável e indesejável, que inclui componentes subjetivos, pois sons que são agradáveis para algumas

peças podem ser desagradáveis para outras (por exemplo, a subjetividade dos gostos musicais).

1.23 Ruído

Do ponto de vista da higiene do trabalho o ruído é um som complexo, uma mistura de diferentes frequências, com características indefinidas de variações de pressão que podem ou não, dependendo de sua intensidade, provocar danos à saúde do trabalhador durante sua vida laboral.

Poderíamos aqui fazer uma diferenciação entre ruído e som, onde no primeiro existem muitas amplitudes e frequências simultâneas de maneira não harmônica, enquanto que no segundo existem poucas amplitudes e frequências, mas geralmente harmônicas.

1.24 Tipos de ruído

De um modo geral o ruído pode ser classificado em contínuo, intermitente e de impacto.

1.24.1 Ruído contínuo

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



Figura 1.21: Ruído contínuo

Fonte: CTISM

1.24.2 Ruído intermitente

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



Figura 1.22: Ruído intermitente

Fonte: CTISM

1.24.3 Ruído de impacto

Aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo. São exemplos de ruído de impacto aqueles resultantes de martelos de forjamento.



Figura 1.23: Ruído de impacto

Fonte: CTISM

Resumo

Nesta aula podemos conhecer um pouco sobre o ruído, sua conceituação, seus tipos e características, bem como estudar sobre suas propriedades, propagação e o efeito da frequência na percepção humana do som.

Atividades de aprendizagem



1. Propriedade do som que nos permite distinguir sons graves de sons agudos:
 - a) Amplitude.
 - b) Comprimento de onda.
 - c) Frequência.
 - d) Timbre.
 - e) Propagação.
2. Propriedade do som que nos permite diferenciar um som de volume maior (mais intenso) de um som de volume menor (menos intenso):
 - a) Amplitude.
 - b) Comprimento de onda.
 - c) Frequência.
 - d) Timbre.
 - e) Propagação.
3. Propriedade do som que nos permite diferenciar dois sons de mesma intensidade e frequência, mas com ondas sonoras diferentes (formato da onda):
 - a) Amplitude.
 - b) Comprimento de onda.
 - c) Frequência.

- d)** Timbre.
- e)** Propagação.
- 4.** Um som de 120 decibels (limiar da dor) corresponde, respectivamente, a uma intensidade sonora e a um nível de pressão sonora equivalentes a:
- a)** 1 W/m^2 e 20 N/m^2 .
- b)** 1 W/m^2 e 2 N/m^2 .
- c)** 10 W/m^2 e 20 N/m^2 .
- d)** $0,1 \text{ W/m}^2$ e 2 N/m^2 .
- e)** $0,1 \text{ W/m}^2$ e 20 N/m^2 .
- 5.** Você tem um som com potência de 1000 watts obtendo, em um determinado ponto de escuta um valor de 90 dB. Mantendo todas as demais condições você acrescentou mais 1000 watts ao som. O novo valor em dB no mesmo ponto de escuta será de:
- a)** 93 dB.
- b)** 95 dB.
- c)** 98 dB.
- d)** 100 dB.
- e)** 180 dB.
- 6.** A leitura decibel correspondendo a uma pressão de amplitude $P = 0,2 \text{ N/m}^2$ corresponde a:
- a)** 80 dB.
- b)** 82 dB.
- c)** 84 dB.

d) 86 dB.

e) 88 dB.

7. A intensidade de um som de 140 dB corresponde a:

a) 20 N/m².

b) 2 N/m².

c) 200 N/m².

d) 0,2 N/m².

e) 10 N/m².

8. Analise as afirmativas a seguir.

I - A potência de som não diminui com a distância da fonte sonora.

II - Quanto maior a amplitude da onda, maior a pressão que a onda irá exercer no ar. Isso faz com que os nossos tímpanos vibrem de maneira mais intensa.

III - À medida que nos afastamos da fonte sonora o nível da pressão sonora diminui.

Está(ão) correta(s):

a) I somente.

b) III somente.

c) I e II somente.

d) II e III somente.

e) Todas estão corretas.

9. Tipo de ruído característico de uma sala de aula onde além da voz do professor e alunos existem os ruídos externos:

- a) Contínuo.
- b) Intermitente.
- c) Impacto.
- d) Combinado.
- e) Impulso.

10. Analise as afirmativas a seguir.

I - Normalmente o ouvido humano tem sensibilidade diferente para diferentes frequências.

II - Um som pode ser escutado de mesma maneira (dB) mesmo emitido em frequências diferentes.

III - O limiar da audição varia com a frequência do som.

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 2 – Adição e subtração de decibels

Objetivos

Adicionar e subtrair decibels, bem como entender a utilidade do uso dessas operações.

2.1 Considerações iniciais

Já foi observado que as operações com decibels não são lineares, pois a escala do nível de pressão sonora é logarítmica, portanto não é correto se adicionar dois níveis sonoros de forma aritmética, simplesmente somando os seus valores numéricos.

Vamos apresentar, a seguir, duas ótimas ferramentas para se fazer uma estimativa do que pode acontecer em um ambiente de trabalho ao se acrescentar ou retirar uma fonte sonora (máquina) ou ainda os efeitos de alguma medida de controle (enclausuramento) sobre o nível de pressão sonora. Falamos em estimativa porque os efeitos do ambiente (reflexão, absorção, transmissão) podem produzir grandes diferenças entre o previsto e o medido.

2.2 Adição de decibels

Nas empresas, em alguns casos, é necessário adicionar um novo equipamento à linha de produção. Conhecendo-se o nível de pressão sonora produzido por esse novo equipamento e o nível de pressão sonora existente no ambiente, é possível, antecipadamente, prever qual o novo nível de pressão sonora no ambiente, após a instalação do equipamento, de maneira a se estabelecerem medidas de controle em relação ao novo nível. Lembramos sempre que o que podemos obter é uma estimativa, pois o perfil normalmente complexo do ruído não permite uma exatidão absoluta.

A fórmula para a soma de nível de pressão de som de n fontes não coerentes. Pode ser calculada através da Equação 2.1 (www.areaseg.com/acustica):

Equação 2.1

$$L_T = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \text{ dB}$$

Onde: L_T = nível total

L_1, L_2, \dots, L_n = nível de pressão sonora das fontes separadas em dB

Observe o que acontece quando somamos duas fontes de igual nível sonoro de 93 + 93 dB.

$$L = 10 \log_{10} \left(10^{9.3} + 10^{9.3} \right) = 96 \text{ dB}$$

Portanto, quando somamos duas fontes de igual nível sonoro o resultado é um acréscimo de 3 dB.

Observe agora a adição de três níveis sonoros de 94 + 96 + 98 dB.

$$L = 10 \log_{10} \left(10^{9.4} + 10^{9.6} + 10^{9.8} \right) = 101.1 \text{ dB}$$

2.2.1 Solução utilizando-se o ábaco

Para facilitar os cálculos podemos utilizar um ábaco construído a partir da diferença entre dB dos níveis sonoros a serem adicionados.



Figura 2.1: Ábaco para adição de decibels

Fonte: CTISM

O método simplificado de adição e subtração de dB é uma ferramenta muito útil aos profissionais prevencionistas no sentido de permitir prever determinadas situações de exposição no ambiente de trabalho, quando da inclusão, retirada ou isolamento acústico de um determinado equipamento. O exemplo apresentado a seguir demonstra a utilização do método simplificado.

Exemplo 2.1

Duas fontes produzem, individualmente, um nível de pressão sonora de 85 dB e 90 dB num ponto X. Calcule o resultado para quando as duas fontes estiverem operando simultaneamente.

Solução gráfica (utilize a Figura 2.1)

- 85 dB
- X (ponto de medição)
- 90 dB

Com a diferença entre os dois níveis = 5 dB, entramos no ábaco e encontraremos no eixo y o valor de 1,2 a ser adicionado ao maior nível, ficando o valor final: $90 + 1,2 = 91,2$ dB. Para facilitar a visualização você pode utilizar a seguinte metodologia:

$$\begin{array}{ccc}
 85 & & 90 \\
 \left. \begin{array}{c} \\ \neq 5 \end{array} \right\} & & \left. \begin{array}{c} \\ +1,2 \end{array} \right\} \\
 & & \\
 & & 91,2
 \end{array}$$

Onde: \neq = diferença entre os dois níveis sonoros
 $+$ = valor a ser adicionado ao maior nível sonoro

Exercício 2.1

Sete fontes de ruído produzem, isoladamente, no ponto "0", os seguintes níveis de pressão sonora:

Tabela 2.1: Dados de fontes de ruído do Exercício 2.1

Fonte	NS em dB
1	85
2	81
3	82
4	80
5	87
6	94
7	94

Fonte: Autores

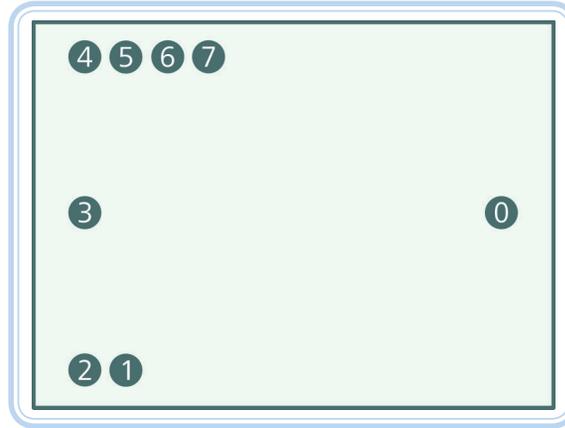


Figura 2.2: Disposição das fontes de ruído em relação ao ponto "0"

Fonte: CTISM

Faça uma previsão do NS no ponto "0" nos seguintes casos (utilize a Figura 2.2).

Observação

Pequenas diferenças podem surgir em virtude da imprecisão na visualização.

- a) Só 6 e 7 estão funcionando (Solução: 97 dB).
- b) Só 4 e 7 estão funcionando (Solução: 94,2 dB).
- c) Só 1, 2, 3, 5 e 6 estão funcionando (Solução: 95,7).
- d) Todas funcionando (Solução: 98 dB).

2.2.2 Solução utilizando-se a tabela

Os exercícios anteriores podem ser novamente resolvidos utilizando-se, agora, a tabela numérica, proporcionando um pouco mais de precisão.



Na elaboração da Tabela 2.2 os valores foram arredondados para apenas uma casa decimal, com o objetivo de facilitar os cálculos. Diante disso, alguns pequenos erros podem aparecer no resultado final.

A Tabela 2.2 baseia-se na Equação 2.2:

Equação 2.2

$$+ \text{dB(A)} = 10 \times \log \left(1 + 10^{\frac{(-X)}{10}} \right)$$

Onde: X = diferença entre os dois níveis a adicionar

Tabela 2.2: Adição de decibels

Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser adicionado ao maior NS	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser adicionado ao maior NS	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser adicionado ao maior NS	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser adicionado ao maior NS	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser adicionado ao maior NS
0,0	3,0								
0,1	3,0	4,1	1,4	8,1	0,6	12,1	0,3	16,1	0,1
0,2	2,9	4,2	1,4	8,2	0,6	12,2	0,3	16,2	0,1
0,3	2,9	4,3	1,4	8,3	0,6	12,3	0,2	16,3	0,1
0,4	2,8	4,4	1,3	8,4	0,6	12,4	0,2	16,4	0,1
0,5	2,8	4,5	1,3	8,5	0,6	12,5	0,2	16,5	0,1
0,6	2,7	4,6	1,3	8,6	0,6	12,6	0,2	16,6	0,1
0,7	2,7	4,7	1,3	8,7	0,5	12,7	0,2	16,7	0,1
0,8	2,6	4,8	1,2	8,8	0,5	12,8	0,2	16,8	0,1
0,9	2,6	4,9	1,2	8,9	0,5	12,9	0,2	16,9	0,1
1,0	2,5	5,0	1,2	9,0	0,5	13,0	0,2	17,0	0,1
1,1	2,5	5,1	1,2	9,1	0,5	13,1	0,2	17,1	0,1
1,2	2,5	5,2	1,1	9,2	0,5	13,2	0,2	17,2	0,1
1,3	2,4	5,3	1,1	9,3	0,5	13,3	0,2	17,3	0,1
1,4	2,4	5,4	1,1	9,4	0,5	13,4	0,2	17,4	0,1
1,5	2,3	5,5	1,1	9,5	0,5	13,5	0,2	17,5	0,1
1,6	2,3	5,6	1,1	9,6	0,5	13,6	0,2	17,6	0,1
1,7	2,2	5,7	1,0	9,7	0,4	13,7	0,2	17,7	0,1
1,8	2,2	5,8	1,0	9,8	0,4	13,8	0,2	17,8	0,1
1,9	2,2	5,9	1,0	9,9	0,4	13,9	0,2	17,9	0,1
2,0	2,1	6,0	1,0	10,0	0,4	14,0	0,2	18,0	0,1
2,1	2,1	6,1	1,0	10,1	0,4	14,1	0,2	18,1	0,1
2,2	2,0	6,2	0,9	10,2	0,4	14,2	0,2	18,2	0,1
2,3	2,0	6,3	0,9	10,3	0,4	14,3	0,2	18,3	0,1
2,4	2,0	6,4	0,9	10,4	0,4	14,4	0,2	18,4	0,1
2,5	1,9	6,5	0,9	10,5	0,4	14,5	0,2	18,5	0,1
2,6	1,9	6,6	0,9	10,6	0,4	14,6	0,1	18,6	0,1
2,7	1,9	6,7	0,8	10,7	0,4	14,7	0,1	18,7	0,1
2,8	1,8	6,8	0,8	10,8	0,3	14,8	0,1	18,8	0,1
2,9	1,8	6,9	0,8	10,9	0,3	14,9	0,1	18,9	0,1
3,0	1,8	7,0	0,8	11,0	0,3	15,0	0,1	19,0	0,1
3,1	1,7	7,1	0,8	11,1	0,3	15,1	0,1	19,1	0,1
3,2	1,7	7,2	0,8	11,2	0,3	15,2	0,1	19,2	0,1
3,3	1,7	7,3	0,7	11,3	0,3	15,3	0,1	19,3	0,1
3,4	1,6	7,4	0,7	11,4	0,3	15,4	0,1	19,4	0,0
3,5	1,6	7,5	0,7	11,5	0,3	15,5	0,1	19,5	0,0
3,6	1,6	7,6	0,7	11,6	0,3	15,6	0,1	19,6	0,0
3,7	1,5	7,7	0,7	11,7	0,3	15,7	0,1	19,7	0,0
3,8	1,5	7,8	0,7	11,8	0,3	15,8	0,1	19,8	0,0
3,9	1,5	7,9	0,7	11,9	0,3	15,9	0,1	19,9	0,0
4,0	1,5	8,0	0,6	12,0	0,3	16,0	0,1	> = 20	0,0

Fonte: Autores

Refazendo o exemplo 2.1

Com a diferença entre os dois níveis = 5 dB, entramos na Tabela 2.2 e encontraremos na coluna “Diferença entre os níveis em dB” correspondente a 5 dB o valor de 1,2 a ser adicionado ao maior nível. O valor final fica: $90 + 1,2 = 91,2$ dB.

Exemplo 2.2

Faça uma previsão do nível de pressão sonora a ser produzido por seis equipamentos em determinado posto de trabalho, se eles produzem, nesse ponto, os seguintes valores:

Fonte	NS em dB (A)
1	88
2	80
3	80
4	82
5	82
6	82

Fonte: Autores

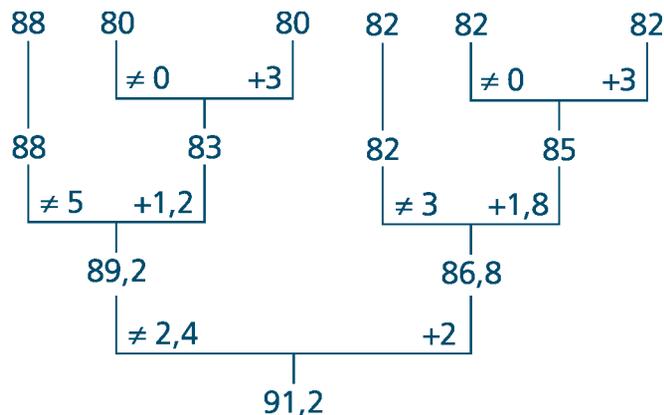
Solução

a) Simbologia

\neq = diferença entre os dois níveis

$+$ = valor a ser adicionado ao maior Nível Sonoro (NS)

b) Coloque os valores em dB lado a lado e some dois a dois. (Comece pelos de valor igual nível sonoro para simplificação).



Observação

Pequenas diferenças podem surgir em virtude do arredondamento dos valores da Tabela 2.2 e da ordem escolhida para efetuar a soma.

2.3 Subtração de decibels

A subtração de decibels é ferramenta importante na avaliação do ruído de fundo e, principalmente, quando se querem estimar os possíveis resultados da retirada ou isolamento de um equipamento. O exercício e os exemplos a seguir esclarecerão o uso do método e sua importância.

O método é similar à adição de decibels.

Quando a diferença de leituras, com e sem uma fonte em funcionamento, respectivamente, for maior que 15 dB, é porque o ruído da fonte predomina sobre o ruído de fundo, então, seu controle reduzirá o ruído do ambiente. Por outro lado, se ao desligarmos a fonte o nível de pressão sonora se mantiver quase inalterado (até 2 dB de diferença), significa que o ruído de fundo possui um nível de pressão sonora tão intenso que não justificaria o isolamento acústico de uma única fonte. Assim, é necessário investir no controle das várias fontes responsáveis pelo ruído.

Exemplo 2.3

Observe a seguinte operação com subtração de ruído.

$60,0 \text{ dB} - 59,0 \text{ dB} = (\text{diferença} = 1 \text{ dB}, \text{valor a ser subtraído do maior NS} = 6,9 \text{ dB}) = 53,1 \text{ dB}$

$$\begin{array}{r} 60 \qquad \qquad 59 \\ | \qquad \qquad | \\ \hline \neq 1 \qquad -6,9 \\ | \\ 53,1 \end{array}$$

Onde: \neq = diferença entre os dois níveis

$-$ = valor a ser subtraído do maior nível sonoro

Na elaboração da Tabela 2.4 os valores foram arredondados para apenas uma casa decimal, com o objetivo de facilitar os cálculos. Diante disso, alguns pequenos erros podem aparecer no resultado final.



Tabela 2.4: Subtração de decibels

Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser subtraído do nível total	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser subtraído do nível total	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser subtraído do nível total	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser subtraído do nível total	Diferença entre os níveis em dB	Valor a ser subtraído do nível total
0,1	16,4	4,1	2,1	8,1	0,7	12,1	0,3	16,1	0,1
0,2	13,5	4,2	2,1	8,2	0,7	12,2	0,3	16,2	0,1
0,3	11,8	4,3	2,0	8,3	0,7	12,3	0,3	16,3	0,1
0,4	10,6	4,4	2,0	8,4	0,7	12,4	0,3	16,4	0,1
0,5	9,6	4,5	1,9	8,5	0,7	12,5	0,3	16,5	0,1
0,6	8,9	4,6	1,8	8,6	0,6	12,6	0,2	16,6	0,1
0,7	8,3	4,7	1,8	8,7	0,6	12,7	0,2	16,7	0,1
0,8	7,7	4,8	1,7	8,8	0,6	12,8	0,2	16,8	0,1
0,9	7,3	4,9	1,7	8,9	0,6	12,9	0,2	16,9	0,1
1,0	6,9	5,0	1,7	9,0	0,6	13,0	0,2	17,0	0,1
1,1	6,5	5,1	1,6	9,1	0,6	13,1	0,2	17,1	0,1
1,2	6,2	5,2	1,6	9,2	0,6	13,2	0,2	17,2	0,1
1,3	5,9	5,3	1,5	9,3	0,5	13,3	0,2	17,3	0,1
1,4	5,6	5,4	1,5	9,4	0,5	13,4	0,2	17,4	0,1
1,5	5,3	5,5	1,4	9,5	0,5	13,5	0,2	17,5	0,1
1,6	5,1	5,6	1,4	9,6	0,5	13,6	0,2	17,6	0,1
1,7	4,9	5,7	1,4	9,7	0,5	13,7	0,2	17,7	0,1
1,8	4,7	5,8	1,3	9,8	0,5	13,8	0,2	17,8	0,1
1,9	4,5	5,9	1,3	9,9	0,5	13,9	0,2	17,9	0,1
2,0	4,3	6,0	1,3	10,0	0,5	14,0	0,2	18,0	0,1
2,1	4,2	6,1	1,2	10,1	0,4	14,1	0,2	18,1	0,1
2,2	4,0	6,2	1,2	10,2	0,4	14,2	0,2	18,2	0,1
2,3	3,9	6,3	1,2	10,3	0,4	14,3	0,2	18,3	0,1
2,4	3,7	6,4	1,1	10,4	0,4	14,4	0,2	18,4	0,1
2,5	3,6	6,5	1,1	10,5	0,4	14,5	0,2	18,5	0,1
2,6	3,5	6,6	1,1	10,6	0,4	14,6	0,2	18,6	0,1
2,7	3,3	6,7	1,0	10,7	0,4	14,7	0,1	18,7	0,1
2,8	3,2	6,8	1,0	10,8	0,4	14,8	0,1	18,8	0,1
2,9	3,1	6,9	1,0	10,9	0,4	14,9	0,1	18,9	0,1
3,0	3,0	7,0	1,0	11,0	0,4	15,0	0,1	19,0	0,1
3,1	2,9	7,1	0,9	11,1	0,4	15,1	0,1	19,1	0,1
3,2	2,8	7,2	0,9	11,2	0,3	15,2	0,1	19,2	0,1
3,3	2,7	7,3	0,9	11,3	0,3	15,3	0,1	19,3	0,1
3,4	2,7	7,4	0,9	11,4	0,3	15,4	0,1	19,4	0,1
3,5	2,6	7,5	0,9	11,5	0,3	15,5	0,1	19,5	0,0
3,6	2,5	7,6	0,8	11,6	0,3	15,6	0,1	19,6	0,0
3,7	2,4	7,7	0,8	11,7	0,3	15,7	0,1	19,7	0,0
3,8	2,3	7,8	0,8	11,8	0,3	15,8	0,1	19,8	0,0
3,9	2,3	7,9	0,8	11,9	0,3	15,9	0,1	19,9	0,0
4,0	2,2	8,0	0,7	12,0	0,3	16,0	0,1	> = 20	0,0

Fonte: Autores

Exercício 2.2

Realize as seguintes subtrações de ruído:

a) $66,0 \text{ dB} - 60,0 \text{ dB} =$

b) $67,0 \text{ dB} - 66,0 \text{ dB} =$

c) $70,0 \text{ dB} - 60,0 \text{ dB} =$

d) $70,0 \text{ dB} - 58,0 \text{ dB} =$

Exemplo 2.4

Numa empresa metalúrgica avaliou-se o nível de pressão sonora no setor de montagem e constatou-se um nível de pressão sonora de 80 dB. O gerente de produção solicitou ao técnico em segurança uma orientação para a compra de um equipamento para o setor. Qual o máximo NS que pode ser produzido por esse novo equipamento, e deverá ser indicado pelo técnico em segurança para que o nível de pressão sonora não ultrapasse 85 dB? (Lembramos aos técnicos em segurança que o valor de 85 dB é o limite de tolerância legal para oito horas e que providências técnicas devem ser tomadas a partir de 50% da dose, ou seja, 80 dB).

Solução

$85 \text{ dB} - 80 \text{ dB}$ (valor máximo) (valor atual)	diferença = 5 dB (valor a ser subtraído do maior NS da tabela de subtração de dB = 1,7)
$= 85 - 1,7 = 83,3 \text{ dB}$ (valor máximo para o novo equipamento)	

Verificação

$80 \text{ dB} + 83,3 \text{ dB}$ (valor atual) (novo equip.)	diferença = 3,3 (valor a ser adicionado ao maior NS da tabela de adição de dB = 1,7)
$= 83,3 + 1,7 = 85 \text{ dB}$ (= valor máximo estabelecido no problema)	

Exemplo 2.5

Uma lixadeira pneumática está colocada no meio de outras máquinas. O NS, quando todas estão funcionando, é de 100 dB. Desligando-se a lixadeira (o restante das máquinas permanece funcionando), o NS é de 96 dB. Determine o NS produzido no ponto de medição pela lixadeira isoladamente.

Solução

100 dB (todas funcionando)	-	96 dB (todas menos a lixadeira)	diferença = 4 dB (valor a ser subtraído do maior NS da tabela de subtração de dB = 2,2)
$= 100 - 2,2 = 97,8 \text{ dB}$ (valor da lixadeira)			

Verificação

97,8 dB (lixadeira)	+	96 dB (todas menos a lixadeira)	diferença = 1,8 (valor a ser adicionado ao maior NS da tabela de adição de dB = 2,2)
$= 97,8 + 2,2 = 100 \text{ dB}$ (= valor todas funcionando)			

Resumo

Nesta aula, pode-se conhecer um pouco sobre a adição e subtração de decibels. Pode-se observar, ainda, a aplicação dessas operações na previsão de novos níveis de pressão sonora, no que se refere à implantação de medidas de controle, ou, do efeito do acréscimo de novas fontes de ruído em um ambiente de trabalho.



Atividades de aprendizagem

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

1. O TST ao avaliar um ambiente encontrou um NS total de 90 dB. Ao desligar a máquina X, o ruído caiu para 82 dB. O NS da máquina desligada (X) vale aproximadamente:

a) 89,3 dB

b) 87,8 dB

c) 92,4 dB

d) 94,0 dB

e) 88,4 dB

2. Efetue as seguintes subtrações em dB, relacionando a operação (coluna 1) com o resultado (coluna 2).

(1) $89 - 80 =$ () 88,4 dB

(2) $98 - 80 =$ () 97,9 dB

(3) $90 - 89 =$ () 83,1 dB

(4) $90 - 80 =$ () 89,5 dB

(5) $92 - 72 =$ () 92,0 dB

(6) $85 - 81 =$ () 82,8 dB

(7) $89 - 75 =$ () 88,8 dB

3. O TST ao avaliar um ambiente encontrou um nível sonoro de 91 dB. Uma máquina que gera 89 dB recebeu um isolamento acústico que reduziu o seu NS em 10 dB. O novo NS total após o isolamento acústico corresponde a aproximadamente:

a) 87,4 dB

b) 89,3 dB

c) 82,4 dB

d) 94,0 dB

e) 83,0 dB

4. O TST ao avaliar um ambiente encontrou um NS total de 94 dB. Ao desligar as máquinas 04 e 05 o ruído caiu para 84 dB. Sabendo-se que o NS da máquina 05 é 89 dB, o ruído da máquina 04 corresponde a aproximadamente:

a) 91,6 dB

b) 89,8 dB

c) 93,4 dB

d) 94,0 dB

e) 85,0 dB

5. Em uma avaliação encontramos um NS de 89,6 dB. Desligando-se a máquina 01 o ruído cai para 89,3 dB. Religando-se as máquinas e desligando-se a máquina 05 o ruído cai para 87,2 dB. Se isolarmos acusticamente a máquina 05, obtemos uma redução no ruído de 10 dB, o novo NS total corresponde a aproximadamente:

a) 87,5 dB

b) 89,8 dB

c) 82,4 dB

d) 84,0 dB

e) 88,0 dB

6. Em uma avaliação o TST encontrou um NS de 85,5 dB. Como o valor está acima do limite de tolerância o TST resolveu enclausurar duas máquinas, a 02 e a 03. Desligando-as o ruído caiu para 81 dB. Sabendo-se que a máquina 02 sozinha produz 81 dB e que barreiras foram instaladas reduzindo em 6 dB o ruído da máquina 02 e em 5 dB o ruído da máquina 03, o NS final corresponde a aproximadamente:

a) 82,8 dB

b) 89,8 dB

c) 80,0 dB

d) 84,0 dB

e) 86,0 dB

7. O TST ao avaliar um ambiente encontrou um NS total de 90 dB. Ao desligar as máquinas 01 e 02 o ruído caiu para 88 dB. Sabendo-se que o NS da máquina 01 é 84 dB, o ruído da máquina 02 corresponde aproximadamente a:

a) 80,8 dB

b) 84,8 dB

c) 82,4 dB

d) 84,0 dB

e) 88,0 dB

8. O TST ao avaliar o ruído de cinco máquinas encontrou um NS igual a 88,5 dB. Desligando-se as máquinas 02 e 03 o ruído caiu para 86,9 dB. Com todas as máquinas novamente ligadas e desligando-se as máquinas 04 e 05 o ruído caiu para 84 dB. Sabendo-se que a máquina 01 produz sozinha 75 dB, a máquina 02 produz sozinha 82 dB e a máquina 05 sozinha produz 86 dB, o TST optou por instalar barreiras acústicas que conseguiram diminuir o ruído da máquina 02 em 8 dB e em 6 dB para a máquina 05. O resultado final do trabalho do TST corresponde a uma redução no valor total de aproximadamente:

a) 4,0 dB

b) 6,5 dB

c) 2,5 dB

d) 3,0 dB

e) 7,0 dB

Aula 3 – Equipamentos para avaliação do ruído

Objetivos

Aprender sobre equipamentos para medição da pressão sonora, seus tipos, características e parâmetros de avaliação.

3.1 Considerações iniciais

Para a avaliação do ruído inúmeros aspectos devem ser considerados. Além de se estudar as rotinas de trabalho para determinação do ciclo de exposição (representatividade), uma série de parâmetros precisam ser estudados e compreendidos para que a avaliação tenha sucesso. Procuraremos, a seguir, apresentá-los de uma maneira resumida para que, na execução prática, possamos assegurar a qualidade da avaliação.

Os equipamentos para a avaliação do ruído são denominados sonômetros.

Antes de estudarmos os equipamentos veremos algumas características que são importantes na avaliação do ruído. A seguir apresentamos as mais importantes.

3.2 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 3.1 apresenta os tempos de respostas dos equipamentos em função dos circuitos de resposta e sua aplicação principal.

Quadro 3.1: Tempo de resposta para os sonômetros

Resposta	Período	Observações
<i>Slow</i> (lento)	1 segundo	Para situações de grande flutuação no ruído, expressa valores que tendem para a média.
<i>Fast</i> (rápido)	125 milisegundos	Para determinar valores extremos de ruídos intermitentes.
<i>Impulse</i> (impulso)	35 milisegundos	Para ruído de impacto em virtude da maior velocidade de detecção.
<i>Peak</i> (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).



NR 15 = Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres (Anexo I).

NHO 01 = Norma de Higiene Ocupacional nº 01 – Avaliação de Exposição Ocupacional ao Ruído.

3.3 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 a 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 e é a padrão para avaliação do ruído contínuo e intermitente. Os valores de medição devem ser, portanto, indicados como dB(A).



dB(C) = decibels ponderados na curva C.

dB(Z) = decibels ponderados na curva Z.

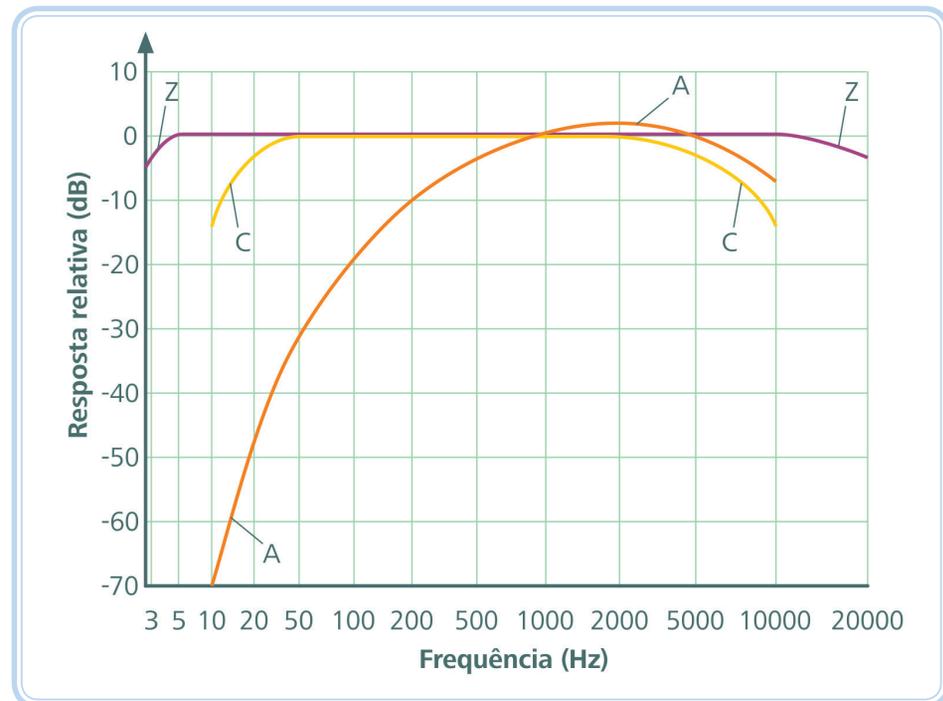


Figura 3.1: Curvas de compensação

Fonte: <http://www.questtechnologies.com/Assets/Documents/Sound%20Level%20Meter%20Terms.pdf>

Tabela 3.1: Valores de correção para as curvas de compensação A, C e Z

Frequência (Hz)	Curva Z dB(Z)	Curva A dB(A)	Curva C dB(C)
10	0	- 70,4	- 14,3
12,5	0	- 63,4	-11,2
16	0	- 56,7	- 8,5
20	0	- 50,5	- 6,2
25	0	- 44,7	- 4,4
31,5	0	- 39,4	- 3,0
40	0	- 34,6	- 2,0
50	0	- 30,2	- 1,3
63	0	- 26,2	- 0,8
80	0	- 22,5	- 0,5
100	0	- 19,1	- 0,3
125	0	- 16,1	- 0,2
160	0	- 13,4	- 0,1
200	0	- 10,9	+ 0,0
250	0	- 8,9	+ 0,0
315	0	- 6,6	+ 0,0
400	0	- 4,8	+ 0,0
500	0	- 3,2	+ 0,0
630	0	- 1,9	+ 0,0
800	0	- 0,8	+ 0,0
1000	0	+ 0,0	+ 0,0
1250	0	+ 0,6	+ 0,0
1600	0	+ 1,0	- 0,1
2000	0	+ 1,2	- 0,2
2500	0	+ 1,3	- 0,3
3150	0	+ 1,2	- 0,5
4000	0	+ 1,0	- 0,8
5000	0	+ 0,5	- 1,3
6300	0	- 0,1	- 2,0
8000	0	- 1,1	- 3,0
10000	0	- 2,5	- 4,4
12500	0	- 4,3	- 6,2
16000	0	- 6,6	- 8,5
20000	0	- 9,3	- 11,2

Fonte: GERGES, 2002

A curva Z ou correção **zero** foi introduzida pela IEC 61672 em 2003 em substituição às repostas **plana** e **linear**, presentes nos equipamentos de medição mais antigos.

A audição humana é especialmente sensível aos sons entre 1 kHz e 5 kHz.



dB(linear) = decibels sem aplicação do circuito de ponderação.

$$\text{dB(A)} = \text{dB(Z)} + \text{correção}$$

Os exemplos a seguir estão resolvidos. Acompanhe a resolução para melhor compreensão do conteúdo.

Exemplo 3.1

Um ruído de 90 dB(Z) na frequência de 125 Hz vai ser registrado por um medidor de nível de pressão sonora em dB(A) no valor de _____.

Solução

$$90 \text{ dB(Z)} - 16,1 \text{ (correção)} = 73,9 \text{ dB(A)}$$

Exemplo 3.2

Um ruído de 80 dB(Z) na frequência de 2000 Hz vai ser registrado por um medidor de nível de pressão sonora em dB(A) no valor de _____.

Solução

$$80 \text{ dB(Z)} + 1,2 \text{ (correção)} = 81,2 \text{ dB(A)}$$

Exemplo 3.3

Na avaliação de uma máquina, o TST encontrou, na frequência de 4000 Hz, um ruído de 87 dB(A). Qual o real valor do ruído sem a compensação para a diferença de sensibilidade a frequências diferentes do ouvido humano?

Solução

$$87 \text{ dB(A)} - 1,0 \text{ (correção)} = 86 \text{ dB(Z)}$$



Pode ser observado que na frequência de 1000 Hz a correção em todas as curvas é zero. Devido a isso os calibradores acústicos para calibração dos equipamentos de avaliação de ruído são construídos para emitir um valor em decibels (geralmente 94 ou 114) nessa frequência, permitindo que o ruído emitido e o valor lido pelo equipamento sejam idênticos em quaisquer das curvas de compensação, evitando erros de ajuste durante a calibração.

Nas frequências onde a correção é positiva o ouvido humano tem maior sensibilidade.

3.4 Equipamentos para avaliação do nível de pressão sonora

Os equipamentos utilizados para se medir o nível de pressão sonora são denominados medidores de nível de pressão sonora ou sonômetros. Na prática são conhecidos popularmente como decibelímetros.

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 NS está apresentado na Figura 3.2.

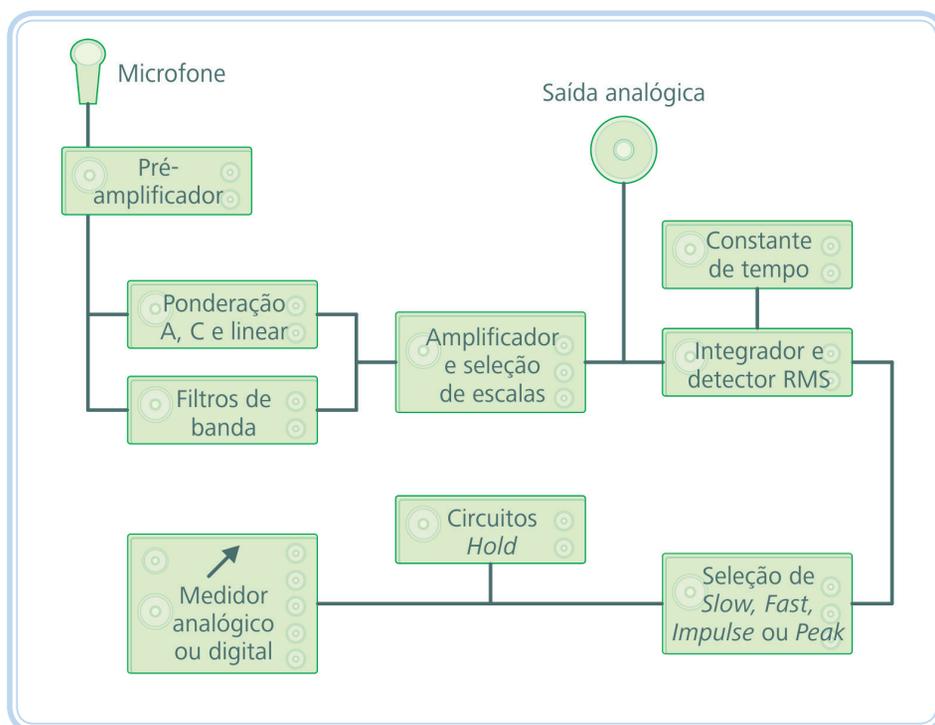


Figura 3.2: Diagrama simplificado de um medidor de nível sonoro

Fonte: CTISM

O microfone tem a função de transformar um sinal mecânico (vibração sonora) num sinal elétrico. Os sinais elétricos são pré-amplificados, para que a amplitude dos sinais seja ampliada. Normalmente utilizamos, para fins de avaliação do ruído ocupacional, um microfone denominado “incidência aleatória”, adequado para quando se tem várias fontes de som ou superfícies refletivas. Um exemplo seria medições acústicas em uma oficina mecânica.

O circuito de medição pode apresentar resposta lenta (*slow*), rápida (*fast*), impulso (*impulse*) e pico (*peak*), dependendo do tipo de ruído que está sendo avaliado (item 3.2).

Como já visto no item 3.3 os sonômetros podem apresentar filtros de compensação (ponderação) A e C ou a ausência de compensação, a curva Z (as ponderações B e D não são mais utilizadas).



Os medidores de nível de pressão sonora de menor custo apresentam apenas as ponderações **slow** e **fast** e as curvas A e C e não calculam o **nível equivalente**, só indicam os valores instantâneos.



nível equivalente
É o valor único médio que contém a mesma energia acústica de um ruído variável no tempo.

Os aparelhos de boa qualidade atendem os padrões da IEC (*International Electrotechnical Commission*) e ANSI (*American National Standards Institute*). 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).
- ANSI 1.25 1991 (R 2002) – *Specification for Personal Dosimeters* (especificação para dosímetro).
- ANSI 1.4 1983 (R 2001) – *Specification for Sound Level Meters* (especificação para medidor de nível sonoro).

Em função de sua precisão nas medições (tolerâncias), os medidores são classificados pela IEC em duas classes, como mostra o Quadro 3.2.

Quadro 3.2: Padrões dos medidores de ruído conforme a aplicação

Padrão IEC 61672	Aplicação
Classe 1	Uso em laboratório ou campo em condições controladas.
Classe 2	Uso geral em campo.

Fonte: IEC 61672, 2003

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 IEC 61672 substituiu a IEC 60651 (*sound level meters*) e a IEC 60804 (*integrating averaging sound level meters*).

A NHO 01 especifica que os equipamentos utilizados na avaliação da exposição ocupacional devem ter classificação mínima do tipo 2 (lembramos que a IEC 61672 prevê a classe 2). A NR 15 não especifica essa característica. Para os profissionais prevencionistas fica implícito o uso de medidores de nível de pressão sonora classe 2 (tipo 2), no mínimo.

A Legislação brasileira (NHO 01) faz referência às normas: ANSI S1.25 (1991), ANSI S1.4 (1983) e ANSI S1.40 (1984) – *Specification for acoustical calibrators*.

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



Para saber mais sobre Inmetro, acesse: www.inmetro.gov.br

3.5 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 médio) e se são portados pelo avaliador ou pelo usuário.

3.5.1 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 (veja item 4.7), 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 pressão sonora simples, mede o ruído de forma pontual, sem levar em consideração o tempo efetivo de exposição à fonte.

3.5.2 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).

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

Medidor de nível de som que pode ser afixado na zona auditiva do trabalhador durante o período de medição que acumula a energia total do som e calcula uma média (nível equivalente) e a dose. São conhecidos como dosímetros de ruído. São os mais adequados para avaliação da exposição pessoal ao ruído. Os dosímetros são integradores de uso pessoal (portados pelo trabalhador) que acumulam os NS 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, TWA_{8h}, 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 (estudaremos mais sobre o assunto na Aula 5).

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 a finalidade ao qual se destina o equipamento.



Figura 3.3: Medidor de nível de pressão sonora integrador com filtro para bandas de frequência e dosímetro de ruído

Fonte: CTISM

Se o objetivo for um mapeamento geral, e não uma análise mais rigorosa do perfil do ruído, podemos optar por:

- 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.
- No mínimo, 2 constantes de tempo: lenta (*slow*) ou rápida (*fast*).
- Faixa de medida de 30 a 140 dB.
- 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 o nível médio equivalente, 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% (estudaremos esses indicadores nas Aulas 4 e 5).

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, alguns dosímetros permitem a avaliação do ruído simultaneamente pela NR 15 e NHO 01 (Aula 5).

3.6 Recomendações na avaliação de ruído com decibelímetro

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:

- a)** Utilizar um medidor de nível de pressão sonora, no mínimo, IEC classe 2 (ANSI tipo 2).
- b)** A posição do avaliador deve ser sempre aquela que evite interferências com a medição. 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 aparelho deve ser orientado de maneira a captar o maior NS 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 à 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 3.4: Avaliação do ruído com decibelímetro

Fonte: CTISM



Para saber mais sobre recomendações para avaliação com dosímetro de ruído, acesse: http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/exposure/workshift_protocol.html

http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/exposure/special_considerations.html

3.7 Recomendações na avaliação de ruído com dosímetro

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

- a) Utilizar um medidor de nível de pressão sonora, no mínimo, IEC classe 2 (ANSI tipo 2).
- b) Ajustar os parâmetros legais (configurações) e calibrar o equipamento (Quadro 5.4 da Aula 5).

- c)** Informar ao trabalhador que será monitorado que o dosímetro não deve interferir em suas atividades normais.
- d)** Explicar o propósito do dosímetro a cada trabalhador e enfatizar que ele não é um dispositivo de gravação de voz.
- e)** Instruir 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 movê-lo de sua posição de instalação. Informar o empregado quando e onde o dosímetro será removido.
- 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 pode ser colocado no meio da parte superior do ombro no lado onde houver o nível mais elevado de ruído.
- h)** Usar 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 movimentos bruscos ou inconveniência para 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)** Verificar o dosímetro periodicamente para garantir que o microfone esteja 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).

Considerações especiais podem incluir:

- a) Verificar sempre as pilhas antes de usar.
- b) Tenha muito cuidado com o cabo do microfone (se houver). Nunca torcer, apertar, esticar, ou danificar o cabo.
- c) 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.
- d) Nunca tente limpar um microfone, particularmente com ar comprimido, uma vez que pode danificá-lo. Embora a sujeira 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.
- e) Retirar as baterias quando o dosímetro ficará armazenado por mais de 5 dias.
- f) Proteger os dosímetros do calor e umidade extremas.



Figura 3.5: Trabalhador portando um dosímetro de ruído

Fonte: CTISM

3.8 Calibradores

Têm a finalidade de se 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.



Leia na página 64 o motivo dos calibradores emitirem um sinal sonoro a 1000 Hz.

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.



Figura 3.6: Calibrador acústico

Fonte: CTISM

3.9 Analisadores de frequência

Indicam a distribuição do som em função da frequência. São importantes para a identificação dos níveis sonoros gerados, discriminados por frequência, o que permite a especificação mais adequada do equipamento de proteção individual (o nível de atenuação dos protetores auriculares está diretamente relacionado com a frequência do som), o projeto de medidas de controle de ruído em máquinas (seleção de isolamento acústico ou amortecedores de vibrações) e a avaliação do ruído para fins de conforto e incômodo (NBR 10152). Os analisadores de frequência normalmente vêm acoplados aos decibelímetros. Os resultados indicam qual banda de oitava (ou terça) que contém a maior parte da energia do som irradiado.

O acréscimo de analisadores de frequência aos sonômetros tornam-os de custo mais alto.

Resumo

Nesta aula pode-se conhecer um pouco mais sobre os equipamentos utilizados na avaliação do ruído ocupacional, as curvas de ponderação, os tempos de resposta, os tipos, a legislação internacional e os cuidados necessários que se deve considerar quando da realização das avaliações.

Atividades de aprendizagem



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

1. O TST necessita avaliar, com decibelímetro, um ambiente onde está presente ruído intermitente, 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. Os medidores de nível sonoro são calibrados em uma frequência de 1000 Hz, pois nessa frequência:
 - a) O ruído é máximo.
 - b) O ruído é mínimo.
 - c) A correção para as curvas de compensação é zero.
 - d) O ouvido humano é menos sensível.
 - e) A correção para a sensibilidade do ouvido humano é maior.

3. Analise as afirmativas relativo à avaliação do ruído.

I - Uma leitura em dB(Z) pode ser maior que uma leitura em dB(A).

II - Uma leitura em dB(Z) pode ser menor que uma leitura em dB(A).

III - Uma leitura em dB(Z) pode ser igual a uma leitura em dB(A).

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 que em uma leitura **linear** em 4000 Hz apresentar um valor de 83 dB vai ser considerado e registrado pelo equipamento em dB(A) com um valor de:

a) 84 dB(A).

b) 83 dB(A).

c) 82 dB(A).

d) 80 dB(A).

e) 85 dB(A).

5. Para 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. Sonômetro que realiza apenas a avaliação pontual do nível sonoro, não indicando o nível médio equivalente, suficiente apenas para a avaliação de ruído contínuo.
- 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) 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. A 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 4 – Avaliação do ruído ocupacional

Objetivos

Aprender sobre limites de tolerância ao ruído, legislação aplicável, nível equivalente, dose e nomenclaturas que aparecem nos instrumentos de medição.

4.1 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.

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 na Aula 05 veremos os demais valores estabelecidos para 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).



4.2 Dose de ruído

Representa a quantidade da exposição ao ruído, em percentual, que o trabalhador foi exposto em função do nível de pressão sonora 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 de ruído é calculada através da expressão:

Equação 4.1

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

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

Exemplo 4.1

Vamos supor que o trabalhador ficou exposto durante 8 horas a um ruído de 85 dB(A). Consultando-se a NR 15 veremos que o tempo máximo que esse trabalhador pode ficar exposto a esse NS é de 8 horas. Aplicando-se na Equação 4.1:

$$\text{Dose} = \frac{8}{8} = 1,0 \text{ ou } 1,0 \times 100 = 100\%$$

Então ficar exposto oito horas a 85 dB(A) é o mesmo que estar exposto a uma dose de 100 %.

Esse somatório é realizado automaticamente pelos denominados medidores integradores de nível de pressão sonora (dosímetros de ruído).

Uma avaliação manual, através de medidores não integradores (decibelímetros mais comuns), onde o avaliador anota valores instantâneos medidos, é permitida pelas normas. Como os erros advindos desse tipo de avaliação são muito grandes, recomenda-se realizar a avaliação da exposição de trabalhadores ao ruído ocupacional apenas com dosímetros de ruído.

No decorrer deste material, no estudo da NR 15 e NHO 01, apresentaremos exercícios que esclarecerão mais a respeito desse item.

Você observará também que fazemos referência a equivalência da terminologia para a língua inglesa, uma vez que a grande maioria dos equipamentos de medição seguem os padrões internacionais.

4.3 Nível de critério (*Criterion Level – CL*)

É a exposição máxima ao ruído permitida 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.



4.4 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 essas normas, no estabelecimento dos limites de tolerância, usam diferentes fatores duplicativos de dose. Esse 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).



Exemplo 4.2

A NR 15 prevê que para uma exposição a um nível de 85 dB(A) o tempo máximo permitido é de 8 horas, correspondendo a uma dose de 100 %. Como esta norma adota o fator duplicativo de dose 5, isso implica que se o nível de pressão sonora for elevado para 90 dB(A), permanecendo a exposição de 8 horas, a dose duplicará para 200 %. Se aumentarmos para 95 dB(A) mantendo as oito horas de exposição a dose será igual a 400 %. Para a NHO 01, que usa o fator duplicativo de dose de 3 dB(A), uma exposição de 88 dB(A) durante 8 horas produz uma dose de 200 %.

Quando estudarmos a avaliação do ruído por dosimetria de ruído veremos com mais detalhes esse aspecto.

Para esclarecer ainda mais observe os quadros a seguir baseados na NR 15.

	16 h	8 h	4 h	2 h	1 h
80 dB(A)	100 %	50 %	25 %	12,5 %	6,25 %
85 dB(A)	200 %	100 %	50 %	25 %	12,5 %
90 dB(A)	400 %	200 %	100 %	50 %	25 %
95 dB(A)	800 %	400 %	200 %	100 %	50 %
100 dB(A)	1600 %	800 %	400 %	200 %	100 %

Fonte: Autores

Na coluna em destaque podemos observar que se mantivermos o tempo de 8 horas cada vez que aumentarmos 5 dB(A) (ou reduzirmos) a dose duplica (ou fica a metade), isso devido o fator duplicativo de dose.



	16 h	8 h	4 h	2 h	1 h
80 dB(A)	100 %	50 %	25 %	12,5 %	6,25 %
85 dB(A)	200 %	100 %	50 %	25 %	12,5 %
90 dB(A)	400 %	200 %	100 %	50 %	25 %
95 dB(A)	800 %	400 %	200 %	100 %	50 %
100 dB(A)	1600 %	800 %	400 %	200 %	100 %

Fonte: Autores

Na linha em destaque podemos observar que se mantivermos o nível de pressão sonora cada vez que reduzirmos o tempo à metade (ou duplicarmos) a dose reduz pela metade (ou duplica).

Para esclarecer ainda mais observe os quadros a seguir baseados na NHO 01.



	16 h	8 h	4 h	2 h	1 h
82 dB(A)	100 %	50 %	25 %	12,5 %	6,25 %
85 dB(A)	200 %	100 %	50 %	25 %	12,5 %
88 dB(A)	400 %	200 %	100 %	50 %	25 %
91 dB(A)	800 %	400 %	200 %	100 %	50 %
94 dB(A)	1600 %	800 %	400 %	200 %	100 %

Fonte: Autores

Na coluna em destaque podemos observar que se mantivermos o tempo de 8 horas cada vez que aumentarmos 3 dB(A) (ou reduzirmos) a dose duplica (ou fica a metade), isso devido o fator duplicativo de dose.



	16 h	8 h	4 h	2 h	1 h
82 dB(A)	100 %	50 %	25 %	12,5 %	6,25 %
85 dB(A)	200 %	100 %	50 %	25 %	12,5 %
88 dB(A)	400 %	200 %	100 %	50 %	25 %
91 dB(A)	800 %	400 %	200 %	100 %	50 %
94 dB(A)	1600 %	800 %	400 %	200 %	100 %

Fonte: Autores

Na linha em destaque podemos observar que se mantivermos o nível de pressão sonora cada vez que reduzirmos o tempo a metade (ou duplicarmos) a dose reduz pela metade (ou duplica).

Nas referidas normas são apresentados os valores intermediários (aprenderemos a calcular mais adiante), mas fica implícito que os valores que variam de 5 em 5 dB(A) (NR 15) e de 3 em 3 dB(A) (NHO 01) podem ser facilmente escritos, partindo-se do nível de critério, pois cada vez que aumentarmos em 5 dB(A) ou 3 dB(A) o tempo máximo permitido será reduzido a metade.



Exemplo 4.2

dB(A) – NR 15	Tempo Máximo	dB(A) – NHO 01	Tempo Máximo
80	16 h	82	16 h
85	8 h	85	8 h
90	4 h	88	4 h
95	2 h	91	2 h
100	1 h	94	1 h
105	30 min	97	30 min
110	15 min	100	15 min
115	7,5 min	103	7,5 min
		106	3,75 min
		109	1,87 min
		112	0,93 min
		115	0,46 min

Fonte: NR 15 e NHO 01

Na solução dos exercícios propostos muita atenção quando a hora for expressa em valores decimais, ou seja, 1,5 horas corresponde a 1 hora e 30 minutos, ou ainda 90 minutos.



4.5 Limiar de integração (*Threshold Level – TL*)

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 não serão 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.



A NR 15 não faz referência ao limiar de integração. A instrução normativa nº 45/2010 (INSS) especifica sua utilização.



4.6 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. O valor equivalente (médio) é aquele utilizado para fins de comparação com os limites de tolerância legalmente estabelecidos para o ruído.

Vamos explicar utilizando as figuras a seguir. Na Figura 4.1 apresentamos um determinado ruído ao longo do tempo e, em roxo, um valor constante (nível equivalente). Portanto, o ruído variável (em amarelo) da Figura 4.1 tem a mesma energia acústica do som constante (em roxo) da Figura 4.1. Para efeitos de ruído ocupacional esse ruído equivalente constante produziria o mesmo efeito sobre o ouvido humano que o ruído variável apresentado, ou seja, um valor constante que caracterizaria a exposição do trabalhador ao ruído.



O importante na avaliação do ruído é estabelecer uma amostragem representativa da exposição, ou seja, o número de amostragem e o tempo de amostragem devem caracterizar a exposição, levando em consideração ciclos de trabalho e suas especificidades.

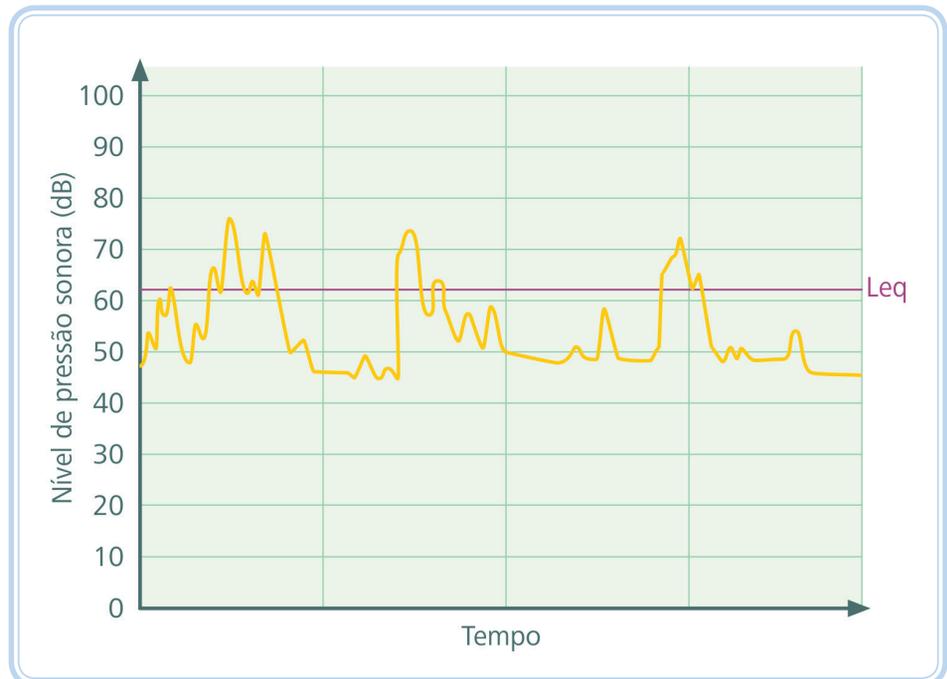


Figura 4.1: Ruído variável ao longo do tempo e seu respectivo nível equivalente

Fonte: CTISM

4.7 Nível equivalente

Você encontrará, em alguns equipamentos, para o nível equivalente duas nomenclaturas:

4.7.1 Nível equivalente (*Level Equivalent – Leq*)

Nível de pressão sonora contínuo equivalente durante um período de tempo t , em dB.

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.

4.7.2 Nível médio (*Level Average – Lavg*)

Nível de pressão sonora contínuo equivalente durante um período de tempo t , em dB.

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.

Ao utilizarmos o limiar de integração (*threshold level*) se todas as leituras ficarem abaixo desse valor, o $Lavg$ (ou Leq) serão igual a zero. Exemplo: na configuração do limiar em 80 dB(A) se, para o período de medição, nenhum valor se igualar ou for superior a 80 dB(A) encontraremos um $Lavg$ ou Leq zero. Se durante esse mesmo período, em algum instante, o ruído ultrapassar 80 dB(A) poderemos encontrar, por exemplo, um $Lavg$ de 40 dB(A), que será resultado da média dos valores zero (abaixo do limiar) e dos valores acima do limiar.

Para padronização e simplificação, nessa disciplina, quando nos referirmos a Leq estaremos considerando fator duplicativo de dose igual a 3 (NHO 01), e $Lavg$ quando utilizarmos fator duplicativo de dose igual a 5 (NR15).

4.7.3 Equivalência entre nomenclaturas para os níveis equivalentes

Você irá encontrar, para o nível contínuo equivalente, outras nomenclaturas, a saber:



TWA = *time weighted average*

Lavg = *level average*

Leq = *level equivalent*

TWA_{8h} = *time weighed average* projetado para 8 horas

NE = nível de exposição

NEN = nível de exposição normalizado

Dose = dose para o período de medição (equivalente em % ao TWA)

Dose_{8h} = dose projetada para 8 horas (equivalente em % ao TWA_{8h})

Qual a diferença entre elas?

O Lavg e o Leq são basicamente o nível contínuo equivalente. Normalmente se utiliza o Lavg quando aplicarmos o fator duplicativo de dose igual a 5 dB(A) e o Leq quando utilizarmos o fator duplicativo de dose igual a 3 dB(A). Alguns equipamentos não fazem esta distinção.

O TWA é um valor que sempre será um valor médio para o tempo de medição de oito horas. Se a avaliação for de quatro horas, o TWA será o valor desse período contabilizado com quatro horas de exposição zero para o cálculo do valor equivalente (o NEN é equivalente ao TWA). Vamos explicar melhor no gráfico a seguir.

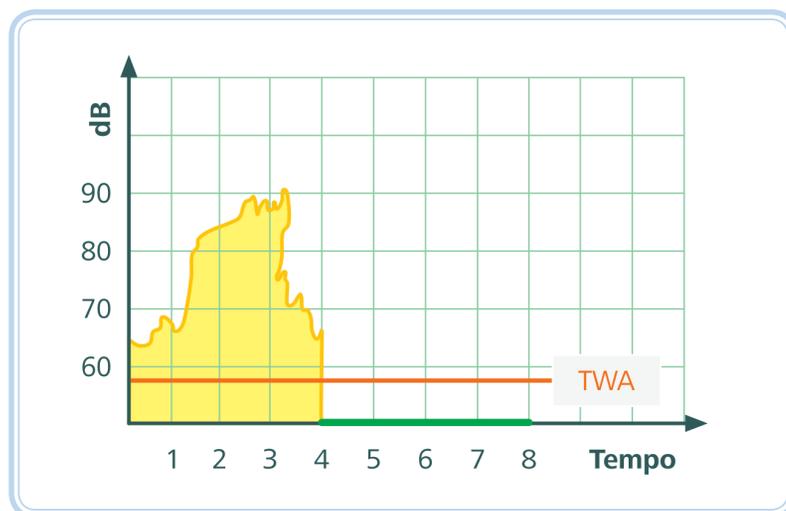


Figura 4.2: Representação do TWA

Fonte: CTISM

O TWA considera a média do tempo avaliado e considera o restante (que faltam para oito horas) como exposição zero.

O TWA_{8h} é a projeção do ruído medido para a jornada de oito horas, ou seja, se realizarmos uma avaliação de 4 horas o valor equivalente será calculado como se o ruído medido para essas quatro horas se repetisse ao longo da jornada.

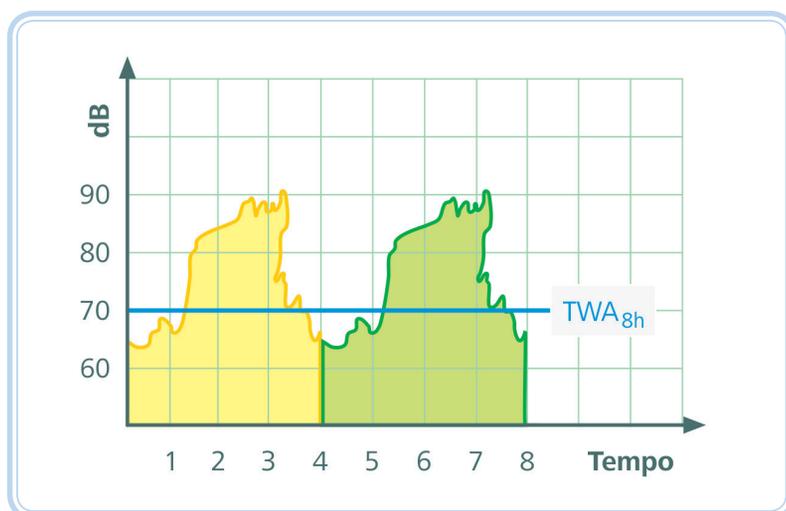


Figura 4.3: Representação do TWA_{8h}
Fonte: CTISM

O TWA_{8h} projeta o ruído avaliado por um determinado tempo para oito horas, ou seja, considera as outras quatro horas a repetição das quatro horas avaliadas.

Já o L_{avg} e o L_{eq} são o ruído contínuo equivalente para a exposição.

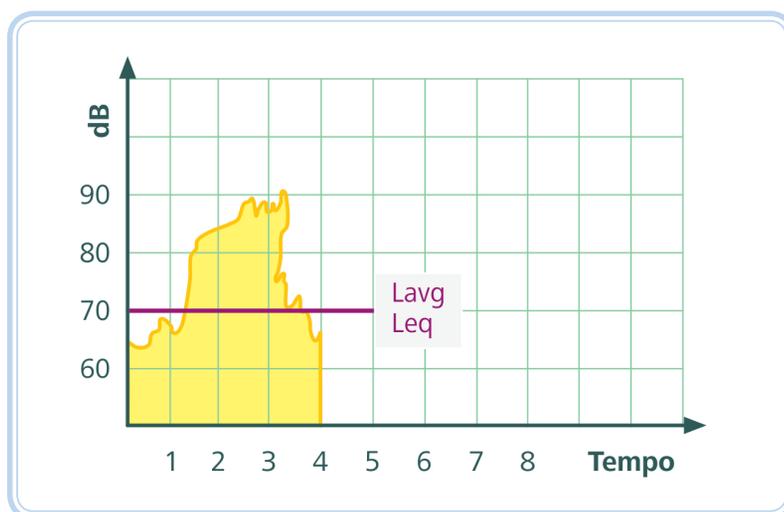


Figura 4.4: Representação do L_{avg} e L_{eq}
Fonte: CTISM

O L_{avg} e o L_{eq} expressam o valor médio contínuo para o tempo de medição. Como representam o nível equivalente da exposição (caracterizam a exposição), nos medidores de nível de pressão sonora em geral L_{avg} ou $L_{eq} = TWA_{8h}$.



Quando utilizarmos para avaliar a exposição ocupacional ao ruído utilizando medidores integradores de uso pessoal:

L_{avg} ou L_{eq} (NE) > TWA para $t < 8$ h

TWA > L_{avg} ou L_{eq} (NE) para $t > 8$ h

L_{avg} ou L_{eq} (NE) = NEN = TWA = TWA_{8h} quando $t = 8$ h

NEN = TWA

Os dosímetros modernos apresentam os valores de L_{avg} , L_{eq} e TWA_{8h} automaticamente independente do tempo de medição e esses são os valores que devem ser utilizados.

4.8 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 de pressão sonora 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, este pode apresentar os denominados níveis LN.

Exemplo

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

L_{90} = nível excedidos 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 contínuo médio (ou nível de som equivalente) durante o período de medição.

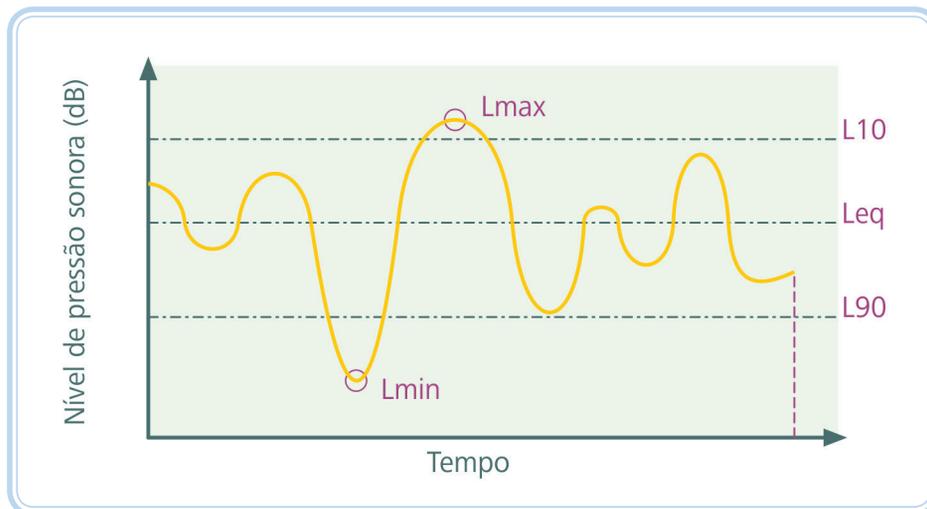


Figura 4.5: Níveis de ruído

Fonte: CTISM

4.9 Outras nomenclaturas utilizadas na avaliação do ruído

No decorrer dessa apostila você se deparará com vários termos utilizados na avaliação do ruído, muitos deles abreviaturas de termos em inglês que aparecem na maioria dos equipamentos de avaliação do ruído (que não têm o português como opção). Lembre-se que no decorrer da disciplina alguns desses termos serão mais detalhadamente apresentados.

4.9.1 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.

4.9.2 Bandas de oitavas (*octave bands*).

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 frequências, essas faixas foram divididas nas denominadas “bandas de oitavas”. Assim, a energia acústica é juntada 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



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



A sequência de nomenclaturas apresenta um glossário sobre termos técnicos encontradas na literatura internacional e nacional. Os medidores de nível de pressão sonora seguem, basicamente, essa terminologia. Para saber mais, acesse: <http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO//NHO01.pdf>

http://www.cirrusresearch.co.uk/library/glossary_of_terms.php

<http://www.questtechnologies.com/Assets/Documents/Sound%20Level%20Meter%20Terms.pdf>

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 (Quadro 4.1):



Como saber se as frequências são preponderantes em uma exposição se eu não possuir medidor de NS com filtro de bandas de oitava? Medir em dB(C); medir em dB(A) se a variação C-A for > 3 dB predominam sons de baixa frequência e se a variação for < 3 dB predominam as altas frequências.

Quadro 4.1: Frequências centrais para as bandas de 1/3 de oitava

Frequência anterior	Frequência central	Frequência superior
25 Hz	31.5 Hz	40 Hz
50 Hz	63 Hz	80 Hz
100 Hz	125 Hz	160 Hz
200 Hz	250 Hz	315 Hz
400 Hz	500 Hz	630 Hz
800 Hz	1000 Hz	1250 Hz
1600 Hz	2000 Hz	2500 Hz
3150 Hz	4000 Hz	5000 Hz
6300 Hz	8000 Hz	10000 Hz

Fonte: Autores

A análise por bandas de frequência 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.

4.9.3 Calibrador acústico (*acoustic calibrator*)

Dispositivo que fornece uma fonte de ruído de referência (normalmente 114 dB a 1000 Hz) que é usada para calibrar e verificar o desempenho de um sonômetro.

4.9.4 Ciclo de exposição

Conjunto de situações acústicas ao qual é submetido o trabalhador.

4.9.5 Critério de referência (*Criterion Level – CL*)

Nível médio, por um período de 8 horas, que corresponde a uma dose de 100 %. No Brasil a NR 15 e a NHO 01 estabelecem uma exposição máxima de 85 dB(A) para 8 horas.

4.9.6 Curva de ponderação A (A weighting)

Curva de ponderação padrão das frequências audíveis, concebida de modo a refletir a resposta do ouvido humano ao ruído, presente nos sonômetros.

4.9.7 Curva de ponderação C (C weighting)

Curva de ponderação padrão das frequências audíveis utilizadas para a medição do nível de pressão sonora de pico.

4.9.8 C-A

É uma média que realça os componentes de baixa frequência do sinal de som. A medição é utilizada para avaliar a proteção auditiva e outros dispositivos de redução de ruído.

4.9.9 dB(■)

No espaço indicado (■):

A = decibels ponderados na curva A.

C = decibels ponderados na curva C.

Z = decibels ponderados na curva Z.

4.9.10 Decibel (dB)

Unidade de medida da exposição ao ruído.

4.9.11 Dose% (% dose)

Exposição ao ruído expressa em percentagem (%) para o período de tempo avaliado.

4.9.12 Dose projetada (Projected dose – Pdose)

Exposição ao ruído expressa em percentagem (%) projetada para um período de tempo estabelecido. No caso brasileiro será de 8 horas.

É a dose de ruído (%) calculada para um tempo determinado a partir de uma amostragem de qualquer período.

Exemplo

Se fizermos uma avaliação de 2 horas e a dose for igual a 25 % e projetarmos a dose para 8 horas veremos que o equipamento indicará 100 %, isso se deve ao fato da amostragem ser assumida como uma repetição da mesma exposição para as outras 6 horas.

4.9.13 Frequência central (*center frequency*)

Frequência central de cada filtro (banda) de oitava e terça de oitava.

4.9.14 Grupo Homogêneo de Exposição – GHE

Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam uma exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo.

4.9.15 IEC 60651:1979

Norma internacional para medidores de nível de pressão sonora (substituída pela IEC 61672).

4.9.16 IEC 60804:1984

Norma internacional padrão para sonômetros integradores e dosímetros (substituída pela IEC 61672).

4.9.17 IEC 61260:1995

Norma internacional para filtros de oitava e 1/3 de oitava (frequência).

4.9.18 IEC 61672:2002

Padrão internacional para medidores de nível de som e de medidores integradores de nível de som. Substituiu tanto IEC 60651 e IEC 60804.

4.9.19 Largura de banda (*bandwidth*)

Gama de frequências que define uma faixa de frequências de percepção similar ao ouvido humano.

4.9.20 LAeq,t

Nível de pressão sonora médio equivalente durante um período de tempo t, em dB, com ponderação "A".

4.9.21 LAF

Nível de som com ponderação "A" e resposta rápida (*fast*).

4.9.22 LAFmax

Nível máximo de som com ponderação "A" e resposta rápida (*fast*).

4.9.23 LAFteq

LAFteq Takt nível máximo de som, tal como definido pela norma DIN 45641.

4.9.24 LAI

Nível de som com ponderação "A" e resposta impulso (*impulse*).

4.9.25 LAImax

Nível máximo de som com ponderação "A" e resposta impulso (*impulse*).

4.9.26 LAS

Nível de som com ponderação "A" e resposta lenta (*slow*).

4.9.27 LASmax

Nível máximo de som com ponderação "A" e resposta lenta (*slow*).

4.9.28 LASmin

Nível mínimo de som com ponderação "A" e resposta lenta (*slow*).

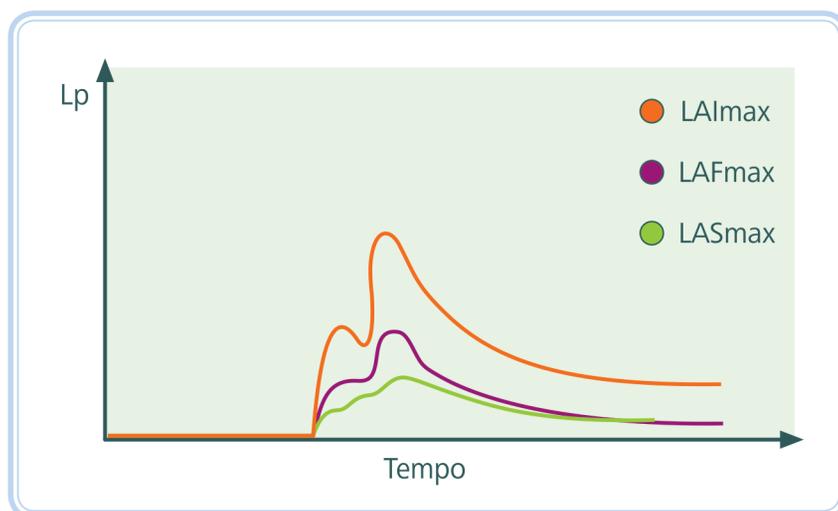


Figura 4.6: Comparação entre os valores máximos nas respostas lenta (S), rápida (F) e impulso (I)

Fonte: CTISM

4.9.29 LCeq,t

Nível de pressão sonora médio equivalente durante um período de tempo t , em dB, com ponderação "C".

4.9.30 LCF

Nível de som com ponderação "C" e resposta rápida (*fast*).

4.9.31 LCFmax

Nível máximo de som com ponderação "C" e resposta rápida (*fast*).

4.9.32 LCI

Nível de som com ponderação "C" e resposta impulso (*impulse*).

4.9.33 LCImax

Nível máximo de som com ponderação "C" e resposta impulso (*impulse*)

4.9.34 LCpeak (LCpk)

Nível de pressão sonora com ponderação "C" e resposta pico (*peak*).

4.9.35 LCS

Nível de som com ponderação "C" e resposta lenta (*slow*).

4.9.36 LCSmax

Nível máximo de som com ponderação "C" e resposta lenta (*slow*).

4.9.37 LEP,d (d = *daily*)

Exposição pessoal diária ao ruído.

4.9.38 LLeqT

Leq impulso ponderada, t, tal como definido pela norma DIN 45641.

4.9.39 Limiar de integração (*Threshold Level – TL ou TH*)

Todos os sons abaixo do limiar de integração não serão considerados quando da integração para obtenção dos valores médios (Leq, Lavg, TWA e Dose). Também é conhecido como "*cut off*".

4.9.40 Limite de Exposição – LE

Parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e entender uma conversação normal.

4.9.41 Limite de Exposição Valor Teto – LE-VT (*Ceiling Exposure Limit*)

Corresponde ao valor máximo, acima do qual não é permitida exposição em nenhum momento da jornada de trabalho.

4.9.42 LZeq,t

Nível de pressão sonora contínuo equivalente (médio) durante um período de tempo t, em dB, na ponderação "Z".

4.9.43 LZF

Nível de som com ponderação "Z" e resposta rápida (*fast*).

4.9.44 LZFmax

Nível máximo de som com ponderação "Z" e resposta rápida (*fast*).

4.9.45 LZI

Nível de som com ponderação "Z" e resposta impulso (*impulse*).

4.9.46 LZImax

Nível máximo de som com ponderação "Z" e resposta impulso (*impulse*).

4.9.47 LZS

Nível de som com ponderação "Z" e resposta lenta (*slow*).

4.9.48 LZSmax

Nível máximo de som com ponderação "Z" e resposta lenta (*slow*).

4.9.49 Nível de Ação – NA (*Action Level – AL*)

Valor a partir do qual devem ser tomadas medidas preventivas. Corresponde a 50 % da dose. Para a NR 15 esse valor é de 80 dB(A) e para a NHO 01 é de 82 dB(A).

4.9.50 Nível de Exposição – NE

Nível médio representativo da exposição ocupacional diária.

4.9.51 Nível de Exposição Normalizado – NEN

Nível de exposição, convertido para uma jornada padrão de 8 horas diárias, para fins de comparação com o limite de exposição.

4.9.52 Nível de exposição ao ruído comunitário (*Community Noise Exposure Level – CNEL*)

O CNEL é de nível sonoro médio 24 horas que acrescenta 5 dB ao ruído medido entre 19h e 22h, e acrescenta a 10 dB ao ruído medido entre 22h e 07h.

4.9.53 Nível de exposição sonora (*Sound Exposure Level – SEL*)

Nível de exposição sonora produzido por um único evento, exibido como LAE, LCE ou LZE de acordo com a ponderação escolhida. Definido como um nível sonoro com duração de um segundo que contenha a mesma energia sonora de um evento (soma da energia sonora total do evento). Utilizado na

avaliação da exposição nas proximidades de ferrovias e aeroportos (utilizado para descrever a quantidade de ruído tal como o sobrevoo de uma aeronave).

Observe na Figura 4.7 que, enquanto o Leq faz a média do ruído ao longo do tempo o SEL é numericamente equivalente ao total da energia do som.



Figura 4.7: Representação do SEL

Fonte: CTISM

4.9.54 Nível de pressão sonora (*Sound Pressure Level – SPL*)

Nível de pressão sonora em dB.

4.9.55 Nível equivalente por espectro de 1/8

Mostra os valores dos níveis equivalentes por bandas de oitava do ruído existente no local avaliado para qualificar o ruído em comparação às curvas isofônicas (Curvas NC – NBR 10152).

4.9.56 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).

4.9.57 Nível sonoro (*sound level*)

É o nível de pressão sonora em dB(A).

4.9.58 Nível sonoro dia-noite (*Day-Night Sound Level – Ldn*)

Nível sonoro médio equivalente ao longo de um período de 24 horas, com um acréscimo de 10 dB para o ruído durante as horas noturnas de 22 h às 7 h,

para levar em conta a diminuição no ruído de fundo durante este período. Normalmente as medidas são na ponderação A, fator duplicativo de dose 3 dB e nenhum threshold. É utilizado para descrever a exposição da comunidade ao ruído das aeronaves, por exemplo.

4.9.59 Pascal (Pa)

Unidade de pressão que corresponde a 1N/m^2 .

4.9.60 Pa²Hr

Medida da exposição ao ruído. Uma exposição ao ruído de 85 dB(A) é idêntica a uma exposição de 1 Pa²Hr.

4.9.61 Pico (*Peak – Pk*)

É o nível de pressão sonora mais alto medido instantaneamente durante o período de medição. O circuito de pico é muito sensível, basta roçar o microfone na camisa que aparecerão níveis de pico elevados. Medido na escala linear (sem circuito de compensação) para comparação aos valores limites estabelecidos em normas.

4.9.62 Registro de dados (*data logging*)

Os dados podem ser armazenados no medidor de nível de som e transferidos por *download*.

4.9.63 Resposta impulso (*impulse time weighting*)

Tempo de resposta padrão para leitura do nível de som de impacto.

4.9.64 Resposta lenta (*slow time weighting – slow*)

Ponderação de tempo padrão aplicada pelo medidor de nível sonoro. Conhecida como resposta lenta (*slow*). A resposta lenta tem uma constante de tempo de 1 segundo.

4.9.65 Resposta rápida (*fast time weighting – fast*)

Ponderação de tempo padrão aplicada pelo medidor de nível sonoro. Conhecida como resposta rápida (*fast*). A resposta rápida tem uma constante de tempo de 125 milissegundos.

O tempo de resposta vai indicar em quanto tempo o equipamento de medição vai efetuar uma média para efeitos de registro, atenuando as flutuações do ruído. Quanto mais curto o tempo maiores poderão ser as médias registradas.



4.9.66 Ruído de fundo (*background noise*)

Entende-se como ruído de fundo a média dos níveis de ruído mínimos no local e hora considerados na ausência da fonte emissora em questão (NBR 10151). Se ao desligar a fonte em estudo o nível de ruído se mantiver praticamente o mesmo, significa que o ruído emitido pela fonte encontra-se mascarado pelo ruído de fundo. Isso pode causar um erro considerável na medição, quando o seu teor elevado em relação ao nível de uma fonte de ruído de interesse.

4.9.67 Sobrecarga (*Overload – OL*)

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

4.9.68 Tempo de sobrecarga (*Overload Time – OLtime, %OL, OL%*)

Período de tempo durante o qual a medição ficou acima da faixa de medição do equipamento. OL% é o percentual do tempo de medição durante o qual a condição de sobrecarga ocorreu.

4.9.69 Média ponderada no tempo (*Time Weighed 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.

4.9.70 Média ponderado no tempo projetada (*Projected Time Weighed 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 $PTWA_{8h}$ executará a média do ruído de oito horas projetando como se o valor medido das duas horas se repetisse ao longo das oito horas.

4.9.71 Z weighting

Resposta plana de frequência (sem ponderação) entre 10 Hz e 20 kHz.

Resumo

Nesta aula, aprendeu-se sobre alguns parâmetros importantes utilizados na avaliação do ruído ocupacional, bem como as nomenclaturas técnicas empregadas.

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 limite de tolerância é garantia absoluta da proteção dos trabalhadores na exposição ao ruído.

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, e corresponde a um valor de 80 dB(A) para uma exposição de 8 horas.

Está(ão) correta(s):

- a) I somente.
 - b) II somente.
 - c) I e II somente.
 - d) II 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 4 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. Dadas as afirmativas:

I - Se mantivermos constante o nível sonoro a duplicação no tempo de exposição produzirá a duplicação da dose.

II - A dose duplica cada vez que aumentarmos o nível sonoro em um valor igual ao fator duplicativo de dose, independente do tempo de exposição.

III - Mantido constante o tempo de exposição a dose duplica cada vez que aumentarmos o nível sonoro em um valor igual ao fator duplicativo de dose.

Está(ão) correta(s):

a) I somente.

b) II somente.

c) I e II somente.

d) I e III somente.

e) Todas estão corretas.

4. 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, o tempo máximo permitido para uma exposição a um nível sonoro de 95 dB(A) será de 2 horas.

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.

5. Dadas as afirmativas:

I - O nível equivalente representa um valor médio contínuo que produziria o mesmo efeito sobre o ouvido humano de uma exposição a ruídos variáveis, já que o ruído ocupacional é composto de sons de várias intensidades e frequências.

II - Normalmente quando nos referirmos a um fator duplicativo de dose igual a 3 dB(A) denominaremos o nível equivalente como Leq , e quando utilizarmos o fator duplicativo de dose igual a 5 dB(A) denominaremos o nível equivalente como $Lavg$.

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, pode dar igual a zero.

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 - Para uma dosimetria de ruído de 8 horas o TWA é igual ao Leq (NHO 01).

II - Para uma dosimetria de ruído de 8 horas o TWA é igual ao Lavg (NR 15).

III - Para uma avaliação de ruído de 8 horas o TWA é igual ao TWA_{8h} .

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 - O TWA e o TWA_{8h} nunca serão iguais.

II - Se você estiver em um local onde o ruído nunca ultrapassa 75 dB(A) e seu sonômetro estiver operando em uma escala de 80 a 130 dB(A) aparecerá a indicação de UR (*under range*).

III - Uma leitura de 85 dB(A) em resposta lenta pode ser indicada por LAS = 85 dB.

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 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 $L_{A\text{Smáx}}$.

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.

9. Dadas as afirmativas:

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

II - Uma exposição a 90 dB(A) durante 8 horas (NR 15) equivalerá a uma dose de 200 %.

III - Uma exposição de 88 dB(A) durante 8 horas (NHO 01) equivalerá a uma dose de 200 %.

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. Assinale a afirmativa correta.

a) A NR 15 é sempre mais rigorosa que a NHO 01.

b) A NR 15 é mais rigorosa para exposições a ruído 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 acima de 85 dB(A).

e) A NHO 01 é menos rigorosa para exposição a ruídos acima de 85 dB(A).

Aula 5 – Avaliando o ruído

Objetivos

Aprender como se avalia o ruído ocupacional, cálculos de dose e nível equivalente, ajuste de parâmetros normatizados e exercícios de aplicação.

5.1 Considerações iniciais

A avaliação dos níveis de ruído efetuada através dos medidores de nível de pressão sonora ou sonômetros (decibelímetros e dosímetros) e, em avaliação ocupacional da exposição do trabalhador, segue, basicamente, duas legislações: a NR 15 e a NHO 01. Quando se tratar da avaliação ambiental do nível de ruído para fins de conforto e incômodo em ambientes de trabalho utilizaremos a NBR 10152. Para avaliação do conforto da comunidade e perturbação do sossego público utilizaremos a NBR 10151 ou legislações municipais mais rigorosas específicas.

5.2 Limites de tolerância

Depois das avaliações quantitativas no ambiente de trabalho, ordenadas para facilitar a interpretação, precisamos compará-las com valores padrões, denominados **Limites de Tolerância** (LT), estabelecidos em normas. Os LT referem-se ao tempo máximo permitido sem a utilização de proteção individual.

Os resultados fornecidos pelos equipamentos de avaliação do nível de pressão sonora (dose, TWA_{8h} , L_{avg} , L_{eq}) representam, na forma de valor único, o resultado de uma exposição totalmente aleatória, ou seja, a perda auditiva produzida por esse valor único seria a mesma daquela produzida por essa exposição aleatória.

Devido às diferentes susceptibilidades individuais, os limites de tolerância nunca devem ser interpretados como linha certa que separa o ruído perigoso daqueles sons aceitáveis. Referem-se à maioria dos trabalhadores e, conseqüentemente, uma pequena porcentagem pode apresentar efeitos nocivos, apesar de estarem expostos a valores inferiores. Isto torna os exames periódicos de pessoal exposto importantes.

Os profissionais prevencionistas devem, na avaliação quantitativa da exposição ao ruído, adotar como parâmetro de atuação o **nível de ação** que, para o ruído, segundo a NR 9, foi estabelecido em 50 % da dose, ou seja, 80 dB(A) segundo a NR 15 e 82 dB(A) segundo a NHO 01, como será observado adiante.

5.3 Avaliação do ruído contínuo ou intermitente

A seguir apresenta-se a legislação (NR 15 e NHO 01) que rege a avaliação do ruído contínuo ou intermitente. O profissional prevencionista deve estar atento as diferenças existentes entre as duas normas, observando que a NHO 01 é bem mais conservativa, garantindo uma proteção maior ao trabalhador.

Existem ainda referências ao ruído na NR 09 (PPRA) que destaca a atenção para o nível de ação e a NR 17 (Ergonomia) que destaca a importância do conforto no ambiente de trabalho, tratando o ruído (níveis que superam 65dB) como fator de incômodo na eficiência, por serem considerados irritantes, conduzindo ao desconforto, remetendo a NBR 10152.

O texto a seguir é um extrato da NR 15 (Anexo I) e segue a numeração do documento original.

1. Entende-se por ruído contínuo ou intermitente, para os fins de aplicação de limites de tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.
2. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibels (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*SLOW*). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.
3. Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados no Quadro deste anexo.
4. Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.
5. Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

6. Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das seguintes frações:

Equação 5.1

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

exceder a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância.

Na equação acima, Cn indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, e Tn indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo o Quadro deste Anexo.

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

Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	
Nível de ruído db(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15

No Quadro 5.1 apresentamos uma análise dos procedimentos de atuação em função da dose diária de exposição ou NS equivalente, segundo a NR 15.

Quadro 5.1: Interpretação dos resultados de avaliação do ruído intermitente – NR 15

Dose diária (%)	Lavg/TWA _{8h} dB(A)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 50	até 80	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
50 a 80	80 a 84	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas.
80 a 100	84 a 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da dose diária.
acima de 100	> 85	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Fonte: Autores



Nível de ação – valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas para o ruído correspondente a 50 % da dose, ou seja, 80 dB(A) para a jornada de oito horas. (Veja as páginas 81 e 82)

O texto a seguir é um extrato da NHO 01 e segue a numeração do documento original.

1. OBJETIVO

Esta Norma Técnica tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que implique risco potencial de surdez ocupacional.

2. APLICAÇÃO

A Norma aplica-se à exposição ocupacional a ruído contínuo ou intermitente e a ruído de impacto, em quaisquer situações de trabalho, contudo não está voltada para a caracterização das condições de conforto acústico.

3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

As edições das Normas relacionadas a seguir, referidas ao longo do texto, encontravam-se em vigor durante a elaboração da presente Norma. Os usuários desta Norma devem estar atentos a edições mais recentes das Normas referendadas.

ANSI S1.25 (1991) - *Specification for personal noise dosimeters*

ANSI S1.4 (1983) - *Specification for sound level meters*

ANSI 51.40 (1984) - *Specification for acoustical calibrators*

IEC 804 (1985) - *Integrating-averaging sound level meters*

IEC 651 (1993) - *Sound level meters*

4. DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

4.1 Para os fins desta Norma aplicam-se as seguintes definições, símbolos e abreviaturas:

Ciclo de Exposição: conjunto de situações acústicas ao qual é submetido o trabalhador, em sequência definida, e que se repete de forma contínua no decorrer da jornada de trabalho.

Critério de Referência (CR): nível médio para o qual a exposição, por um período de 8 horas, corresponderá a uma dose de 100%.

Dose: parâmetro utilizado para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base em parâmetros preestabelecidos (q. CR, NLI).

Dose Diária: dose referente à jornada diária de trabalho.

Dosímetro de Ruído: medidor integrador de uso pessoal que fornece a dose da exposição ocupacional ao ruído.

Grupo Homogêneo: corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo.

Incremento de Duplicação de Dose (q): incremento em decibels que, quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido.

Limite de Exposição (LE): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e entender uma conversação normal.

Limite de Exposição Valor Teto (LE-VT): corresponde ao valor máximo, acima do qual não é permitida exposição em nenhum momento da jornada de trabalho.

Medidor Integrador de Uso Pessoal: medidor que possa ser fixado no trabalhador durante o período de medição, fornecendo por meio de integração a dose ou o nível médio.

Medidor Integrador Portado pelo Avaliador: medidor operado diretamente pelo avaliador, que fornece, por meio de integração, a dose ou o nível médio.

Nível de Ação: valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído causem prejuízos à audição do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Nível Equivalente (Neq): nível médio baseado na equivalência de energia, definido pela expressão que segue:

Equação 5.2

$$Neq = \left[\frac{\left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt \right)}{p_0^2} \right] \text{ [dB]}$$

Onde: Neq = nível de pressão sonora equivalente referente ao intervalo de integração ($T = t_1 - t_2$)

$p(t)$ = pressão sonora instantânea

p_0 = pressão sonora de referência, igual a 20 μPa

Nível de Exposição (NE): nível médio representativo da exposição ocupacional diária.

Nível de Exposição Normalizado (NEN): nível de exposição, convertido para uma jornada padrão de 8 horas diárias, para fins de comparação com o limite de exposição.

Nível Limiar de Integração (NLI): nível de ruído a partir do qual os valores devem ser computados na integração para fins de determinação do nível médio ou da dose de exposição.

Nível Médio (NM): nível de ruído representativo da exposição ocupacional relativo ao período de medição, que considera os diversos valores de níveis instantâneos ocorridos no período e os parâmetros de medição predefinidos.

Ruído Contínuo ou Intermitente: todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou impulsivo.

Ruído de Impacto ou Impulsivo: ruído que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

Situação Acústica: cada parte do ciclo de exposição na qual o trabalhador está exposto a níveis de ruído considerados estáveis.

Zona Auditiva: região do espaço delimitada por um raio de 150 mm \pm 50 mm, medido a partir da entrada do canal auditivo.

4.2 As principais correlações entre a terminologia em Português e Inglês são as seguintes:

Critério de Referência (CR): *Criterion Level* (CL)

Incremento de Duplicação de Dose (q): *Exchange Rate* (q ou ER)

Limite de Exposição (LE): *Threshold Limit Value* (TLV)

Limite de Exposição Valor Teto (LE – VT): *Threshold Limit value – Ceiling* (TLV-C)

Nível Equivalente (Neq): *Equivalent Level* (Leq)

Nível Médio (NM): *Average Level* (Lavg)

Nível Limiar de Integração (NLI): *Threshold Level* (TL)

5. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO

5.1 Ruído contínuo ou intermitente

O critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados para ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A).

O critério de avaliação considera, além do critério de referência, o incremento de duplicação de dose (q) igual a 3 e o nível limiar de integração igual a 80 dB(A).

A avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente deverá ser feita por meio da determinação da dose diária de ruído ou do nível

de exposição, parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador. Esses parâmetros são totalmente equivalentes, sendo possível, a partir de um obter-se o outro, mediante as expressões matemáticas que seguem:

Equação 5.3

$$NE = 10 \times \log \left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \text{ [dB]}$$

Equação 5.4

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE - 85}{3}\right)} \text{ [%]}$$

Onde: NE = nível de exposição

D = dose diária de ruído em porcentagem

TE = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho

A avaliação deve ser realizada utilizando-se medidores integradores de uso pessoal, fixados no trabalhador.

Na indisponibilidade destes equipamentos, a Norma oferece procedimentos alternativos para outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, não fixados no trabalhador, que poderão ser utilizados na avaliação de determinadas situações de exposição ocupacional. Em cada caso deverão ser seguidos os procedimentos de medição específicos estabelecidos na presente norma.

No entanto, as condições de trabalho que apresentem dinâmica operacional complexa, como, por exemplo, a condução de empilhadeiras, atividades de manutenção, entre outras, ou que envolvam movimentação constante do trabalhador, não deverão ser avaliadas por esses métodos alternativos.

5.1.1 Avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio da dose diária

5.1.1.1 Utilizando medidor integrador de uso pessoal

A determinação da dose de exposição ao ruído deve ser feita, preferencialmente, por meio de medidores integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído), ajustados de forma a atender as especificações contidas no item 6.2.1.1 (equipamentos de medição).

Neste caso o limite de exposição ocupacional diário ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%.

O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído é de dose diária igual a 50%.

O limite de exposição valor teto para o ruído contínuo ou intermitente é 115 dB(A).

5.1.1.2 Utilizando medidor portado pelo avaliador

Na impossibilidade da utilização de medidores integradores de uso pessoal, poderão ser utilizados medidores portados pelo avaliador. Neste caso a dose diária pode ser determinada por meio da seguinte expressão:

Equação 5.5

$$\text{Dose Diária} = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 \quad [\%]$$

Onde: C_n = tempo total diário em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico

T_n = tempo máximo diário permissível a este nível, segundo a Tabela 1

Para níveis de ruído com valores intermediários aos constantes na Tabela 1 será considerado o tempo máximo diário permissível relativo ao nível imediatamente mais elevado.

Exposições a níveis inferiores a 80 dB(A) não serão consideradas no cálculo da dose.

Quando a exposição for a um único nível de ruído o cálculo da dose diária também é feito utilizando a expressão apresentada, ou seja, simplesmente dividindo " C_1 " por " T_1 ".

Neste critério, o limite de exposição ocupacional diária ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%.

O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído é de dose diária igual a 50%.

O limite de exposição valor teto para o ruído contínuo ou intermitente é 115 dB(A).

5.1.2 Avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio do nível de exposição

A avaliação da exposição pelo nível de exposição deve ser realizada, preferencialmente, utilizando-se medidores integradores de uso pessoal. Na indisponibilidade destes equipamentos, poderão ser utilizados outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, portados pelo avaliador.

O **Nível de Exposição – NE** é o Nível Médio representativo da exposição diária do trabalhador avaliado.

Para fins de comparação com o limite de exposição, deve-se determinar o Nível de Exposição Normalizado (NEN), que corresponde ao Nível de Exposição (NE) convertido para a jornada padrão de 8 horas diárias.

O **Nível de Exposição Normalizado – NEN** é determinado pela seguinte expressão:

Equação 5.6

$$NEN = NE + 10 \log \frac{T_E}{480} \quad [dB]$$

Onde: NE = nível médio representativo da exposição ocupacional diária

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho

Neste critério o limite de exposição ocupacional diária ao ruído corresponde a NEN igual a 85 dB(A), e o limite de exposição valor teto para ruído contínuo ou intermitente é de 115 dB(A).

Para este critério considera-se como nível de ação o valor NEN igual a 82 dB(A).

Tabela 1. Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído

Nível de ruído dB(A)	Tempo máximo diário permissível (Tn) (minutos)	Nível de ruído dB(A)	Tempo máximo diário permissível (Tn) (minutos)
80	1523,90	98	23,81
81	1209,52	99	18,89
82	960,00	100	15,00
83	761,95	101	11,90
84	604,76	102	9,44
85	480,00	103	7,50
86	380,97	104	5,95
87	302,38	105	4,72
88	240,00	106	3,75
89	190,48	107	2,97
90	151,19	108	2,36
91	120,00	109	1,87
92	95,24	110	1,48
93	75,59	111	1,18
94	60,00	112	0,93
95	47,62	113	0,74
96	37,79	114	0,59
97	30,00	115	0,46

Fonte: NHO 01

6.6 Interpretação dos resultados

6.6.1 Ruído contínuo ou intermitente

6.6.1.1 Dose diária

Com base no critério apresentado no item 5.1.1, sempre que a dose diária; de exposição a ruído determinada for superior a 100%, o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle.

Se a dose diária estiver entre 50% e 100%, a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído causem prejuízos à audição do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição.

6.6.1.2 Nível de exposição normalizado

Com base no critério apresentado no item 5.1.2, sempre que o nível de exposição normalizado - NEN - for superior a 85 dB(A), o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle.

Se o NEN estiver entre 82 dB(A) e 85 dB(A) a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas a fim de minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído causem prejuízos à audição do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) para indivíduos. Os que não estejam adequadamente protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição.

6.6.1.3 Critério de julgamento e tomada de decisão

O quadro a seguir apresenta considerações técnicas e a atuação recomendada em função da Dose Diária ou do Nível de Exposição Normalizado, encontrados na condição de exposição avaliada.



O nível de ação para NHO 01 é de 82 dB(A).

Dose diária (%)	NEN dB(A)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 50	até 82	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
50 a 80	82 a 84	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas.
80 a 100	84 a 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da dose diária.
Acima de 100	> 85	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Fonte: NHO 01



Para saber mais sobre IN 45/2010, acesse: http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/inss-pres/2010/45_1.htm#cp4_s4_sb5

Ao analisarmos, quando se trata da avaliação do ruído, a NR 15 e a NHO 01 observamos divergências. Para minimizar esse conflito o INSS publica as Instruções Normativas (IN). Com relação ao ruído a IN 45/2010 especifica, em seu artigo 239, que na avaliação devemos utilizar:

- a) Os limites de tolerância definidos no Quadro Anexo I da NR 15 do MTE; e
- b) As metodologias e os procedimentos definidos nas NHO 01 da FUNDA-CENTRO.

Os “decibelímetros” mais simples, que são na realidade indicadores instantâneos dos níveis de pressão sonora, não apresentam o valor do nível equivalente (Leq, Lavg), e não permitem ajustes segundo os parâmetros para dosimetria de ruído. Quando se avalia ruído pela leitura de valores instantâneos que são apresentados no visor, a leitura dependerá da capacidade subjetiva do observador em avaliar os números apresentados pelo equipamento. Erros importantes são muito comuns, mesmo para observadores experientes. Hoje já estão disponíveis decibelímetros com a possibilidade de ajuste nos parâmetros de avaliação de dose e resultado do ruído equivalente (Leq e Lavg são representativos de um período de exposição ao ruído e possibilitam uma análise um pouco mais precisa da exposição).

5.4 Parâmetros para equipamentos 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 integração, ou seja, o nível limiar de integração (*Threshold – TH*), 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*).

O Quadro 5.2 apresenta um comparativo entre os parâmetros estabelecidos pela NR 15 (+ IN 45/2010) e a NHO 01.

Quadro 5.2: Comparativo entre os parâmetros estabelecidos pela NR 15 (+IN 45/2010) e a NHO 01

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

Fonte: Autores

Lembramos 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.

5.5 Exercícios de fixação dos conteúdos

A seguir estão propostos vários exercícios para que possamos estudar mais um pouco sobre o ruído. Para cada um deles você encontrará uma descrição do objetivo. Muito dos exercícios apresentados são teóricos, para reforçar o entendimento apenas, visto que os equipamentos de medição do ruído ocupacional (dosímetros de ruído) já nos informam os resultados finais.

- **No exercício 5.1 vamos aprender a calcular o tempo máximo de exposição admissível para um determinado nível de pressão sonora em dB(A).**

Exercício 5.1

Neste exercício apresentaremos as fórmulas utilizadas para a determinação dos tempos máximos de exposição ao ruído para os NS, considerando as normas NR 15 e NHO 01. Confira com os valores estabelecidos nas respectivas normas.

Para confeccionar esta tabela de valores utilize as Equações 5.7 e 5.8:

NR 15	NHO 01
Equação 5.7 $Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{TWA - 85}{5}\right)}}$	Equação 5.8 $Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{TWA - 85}{3}\right)}}$

Onde: $Te(h)$ = tempo máximo permitido (horas)

TWA = valor do NS para o qual se quer determinar o tempo máximo (dB(A))

Solução

Sabemos que o tempo de exposição permitido para um NS de 85 dB(A) é de oito horas, tanto para a NR 15 quanto para a NHO 01. Vamos verificar aplicando as fórmulas.

$$\text{NR 15: } Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{85 - 85}{5}\right)}}$$

$$Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{0}{5}\right)}}$$

$$\text{NHO 01: } Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{85 - 85}{3}\right)}}$$

$$Te(h) = \frac{8}{2^{\left(\frac{0}{3}\right)}}$$

$$Te(h) = \frac{8}{2^{(0)}}$$

$$Te(h) = \frac{8}{2^{(0)}}$$

$$Te(h) = \frac{8}{1}$$

$$Te(h) = \frac{8}{1}$$

$$Te(h) = 8$$

$$Te(h) = 8$$

Agora calcule para os valores apresentados. Para converter para minutos basta multiplicar o valor em horas por 60.

Os valores de 5 em 5 dB(A) para a NR 15 e de 3 em 3 dB(A) para a NHO 01 não precisam ser calculados, basta partir do nível de critério que é de 85 dB(A) para 8 horas.



Tabela 5.1: Dados do Exercício 5.1

NS dB(A)	NR 15 Te(h)	NR 15 Te (min)	NHO 01 Te (h)	NHO 01 Te (min)
80				
-	-	-		
81	-	-		
82	-	-		
83	-	-		
84	-	-		
85	8	480	8	480
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				
101				
102				
103				
104				
105				



A NR 15 não apresenta valores abaixo de 85 dB(A).

106
107
108
109
110
111
112
113
114
115

Fonte: Autores

- **No Exercício 5.2 vamos aprender a calcular o nível máximo de ruído admissível para uma determinada jornada de tempo.**

Exercício 5.2

No exercício 5.1 você determinou o tempo máximo que o trabalhador pode estar exposto a um determinado NS. Nesse exercício vamos determinar qual o nível máximo de ruído para uma determinada jornada diária. Aplique as Equações 5.9 e 5.10.

NR 15

NHO 01

Equação 5.9

$$L = \frac{\log(16/T)}{\log 2} \times 5 + 80$$

Equação 5.10

$$L = \frac{\log(8/T)}{\log 2} \times 3 + 85$$

Onde: L = nível de pressão sonora dB(A)

T = tempo (horas)

Aplicando para a jornada de oito horas:

$$\text{NR 15: } L = \frac{\log(16/8)}{\log 2} \times 5 + 80$$

$$\text{NHO 01: } L = \frac{\log(8/8)}{\log 2} \times 3 + 85$$

$$L = \frac{\log(2)}{\log 2} \times 5 + 80$$

$$L = \frac{\log(1)}{\log 2} \times 3 + 85$$

$$L = 85 \text{ dB(A)}$$

$$L = 85 \text{ dB(A)}$$

Aplicando para a jornada de seis horas:

$$\text{NR 15: } L = \frac{\log (16/6)}{\log 2} \times 5 + 80 \quad \text{NHO 01: } L = \frac{\log (8/6)}{\log 2} \times 3 + 85$$

$$L = \frac{\log (2,67)}{\log 2} \times 5 + 80 \quad L = \frac{\log (1,33)}{\log 2} \times 3 + 85$$

$$L = 87,1 \text{ dB(A)}$$

$$L = 86,2 \text{ dB(A)}$$

Agora calcule para as demais jornadas diárias.

Tabela 5.2: Dados do Exercício 5.2

Tempo (h)	NR 15 (dB(A))	NHO 01 (dB(A))
2		
4		
5		
6	87,1	86,2
7		
8	85	85
8,5		
9		
10		

Fonte: Autores

Observe que a medida que a jornada aumenta o nível de pressão sonora admissível diminui.

Exercício 5.3

Muitas empresas adotam a denominada “jornada inglesa”, isto é, de 8 h e 48 min, para folga no sábado. Você como técnico em segurança estabeleceria qual limite máximo diário para essa jornada? (NR 15 e NHO 01)

Lembre-se de converter para horas decimais. Para fazer isso pode ser utilizada uma simples relação de proporcionalidade.

$$1 \text{ hora} \longrightarrow 60 \text{ minutos}$$

$$x \longrightarrow 48$$

$$x = 48/60 = 0,8$$

Portanto você terá de utilizar o tempo de 8,8 horas na equação.

- **No Exercício 5.4 vamos aprender a converter uma dose (8 h) em % (ou decimal) para um valor em dB(A).**

Exercício 5.4

Se, durante avaliação de uma empresa metalúrgica, o TST encontrasse as seguintes doses em %, apresentadas na Tabela 5.3, quais seriam os valores em dB(A) para a NR 15 e NHO 01, respectivamente?

Utilize as Equações 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14.

NR 15	NHO 01
Equação 5.11 $L_{avg}=85+[16,61 \times \log(\text{dose})]$	Equação 5.13 $L_{eq}=85+[10 \times \log(\text{dose})]$
Equação 5.12 $L_{avg}=51,78+[16,61 \times \log(\text{dose}\%)]$	Equação 5.14 $L_{eq}=65+[10 \times \log(\text{dose}\%)]$

Onde: L_{avg}/L_{eq} = nível médio equivalente em dB(A)
dose = dose com valor em decimais
dose % = dose com valor em %

Tabela 5.3: Dados do Exercício 5.4

Dose _{8h} (%)	Lavg/TWA _{8h} dB(A) – NR 15	Leq/TWA _{8h} dB(A) – NHO 01
50		
100		
150		
180		
200		
250		
280		
300		
350		
380		
400		
450		
500		
600		
700		
800		
900		
1000		
1100		

Dose _{8h} (%)	Lavg/TWA _{8h} dB(A) – NR 15	Leq/TWA _{8h} dB(A) – NHO 01
1200		
1300		
1400		
1500		
1600		
1700		
1800		
1900		
2000		
2500		
3000		
3200		
4000		
5000		
6000		
6400		

Fonte: Autores

- **No Exercício 5.5 vamos aprender a converter um nível equivalente em dB(A) para uma dose em % para uma jornada de oito horas.**

Exercício 5.5

Compare as normas de exposição ocupacional ao ruído, calculando a dose de ruído (%), segundo a NR 15 e a NHO 01, para os seguintes níveis de pressão sonora, em uma exposição de oito horas.

Utilize as Equações 5.15 e 5.16.

NR 15	NHO 01
Equação 5.15	Equação 5.16
$\text{dose (\%)} = 100 \times 2^{\left(\frac{\text{Lavg} - 85}{5}\right)}$	$\text{dose (\%)} = 100 \times 2^{\left(\frac{\text{Leq} - 85}{3}\right)}$

Onde: Dose (%) = dose com valor em %

Lavg/Leq = nível médio equivalente para 8 horas em dB(A)

Tabela 5.4: Dados do Exercício 5.5

TWA/Lavg/Leq 8h (dB(A))	Dose (%) NR 15	Dose (%) NHO 01
NR 15		
NHO 01		
77,0		
78,0		
79,0		
80,0		
81,0		
82,0		
83,0		
84,0		
85,0		
86,0		
87,0		
88,0		
89,0		
90,0		
91,0		
92,0		
93,0		
94,0		
95,0		
96,0		
97,0		
98,0		
99,0		
100,0		
101,0		
102,0		
103,0		
104,0		
105,0		
106,0		
107,0		
108,0		
109,0		
110,0		
111,0		
112,0		
113,0		
114,0		
115,0		

Fonte: Autores

- **No Exercício 5.6 vamos aprender a calcular a dose em % em função de um determinado nível equivalente em dB(A) avaliado durante um tempo T_e .**

Exercício 5.6

Na avaliação da exposição ao ruído em uma empresa metalúrgica o técnico em segurança obteve as seguintes exposições numa jornada de 8 horas. Calcule a dose segundo a NR15 e a NHO 01 para o tempo de 4 horas.

Utilize as Equações 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20.

NR 15

Te = horas

NHO 01

Equação 5.17

$$\text{dose (\%)} = \frac{T_e}{8} 100 \times 2^{\left(\frac{L_{avg} - 85}{5}\right)}$$

Equação 5.19

$$\text{dose (\%)} = \frac{T_e}{8} 100 \times 2^{\left(\frac{L_{eq} - 85}{3}\right)}$$

Te = minutos

Equação 5.18

$$\text{dose (\%)} = \frac{T_e}{480} 100 \times 2^{\left(\frac{L_{avg} - 85}{5}\right)}$$

Equação 5.20

$$\text{dose (\%)} = \frac{T_e}{480} 100 \times 2^{\left(\frac{L_{eq} - 85}{3}\right)}$$

Onde: dose (%) = dose com valor em %

T_e = tempo de exposição

TWA = nível equivalente avaliado para o tempo T_e

Tabela 5.5: Dados do Exercício 5.6

Tabela 5.5: Dados do Exercício 5.6		
TWA _{8h}	Dose para 4h	
	NR 15	NHO 01
dB(A)		
85		
86		
87		
88		
90		
91		
95		
100		

Fonte: Autores

Para solução desse exercício poderíamos também usar a relação C_n/T_n . Vejamos para 85 dB(A) numa exposição de 4 horas:

$$\begin{aligned} \text{dose (\%)} &= \frac{4}{8} 100 \times 2^{\left(\frac{85-85}{5}\right)} \quad Cn/Tn \\ \text{dose (\%)} &= \frac{4}{8} 100 \times 2^{(0)} \quad = 4/8 \\ \text{dose (\%)} &= 50 \quad = 0,5 = 50\% \end{aligned}$$

- **No Exercício 5.7 vamos aprender a calcular o Lavg/Leq (projetado para 8 horas) em função de uma dose em % que foi realizada durante um tempo Te na qual o trabalhador permanecerá na mesma situação acústica até completar 8 horas.**

Exercício 5.7

O técnico em segurança do trabalho fez as dosimetrias apresentadas a seguir, em cinco trabalhadores de diferentes áreas. Para algumas delas, efetuou tempos de dosimetrias menores por considerar a exposição pouco variável e, portanto, a dosimetria representativa. Calcule o TWA_{8h} resultante e a Dose prj_{8h} para a avaliação das várias dosimetrias a seguir. Vamos aproveitar e utilizar as equações do Exercício 5.4 para converter dB(A) em %.



Os tempos de dosimetria foram menores, mas o trabalhador permanecerá as oito horas na situação acústica.

Tabela 5.6: Dados do Exercício 5.7

Avaliação	Dose %	Tempo de dosimetria	Lavg/ TWA_{8h} NR 15	Dose prj_{8h} NR 15	Leq/ TWA_{8h} NHO 01	Dose prj_{8h} NHO 01
Dosimetria 1	50	2 h				
Dosimetria 2	100	4 h				
Dosimetria 3	25	2 h				
Dosimetria 4	100	4 h				
Dosimetria 5	200	8 h				

Fonte: Autores

Utilize as Equações 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24.

NR 15
NHO 01

Equação 5.21

$$Lavg(TWA_{8h}) = 85 + 16,61 \times \log\left(\frac{dose\% \times 480}{100 \times Te}\right)$$

Equação 5.23

$$Leq(TWA_{8h}) = 85 + 10 \times \log\left(\frac{dose\% \times 480}{100 \times Te}\right)$$

Equação 5.22

$$dose\ (%) = 100 \times 2^{\left(\frac{Lavg - 85}{5}\right)}$$

Equação 5.24

$$dose\ (%) = 100 \times 2^{\left(\frac{Leq - 85}{3}\right)}$$

Onde: $Lavg/Leq/TWA_{8h}$ = nível equivalente
dose % = dose em % para o tempo T_e
 T_e = tempo de avaliação em minutos

Para a linha 1 teríamos:

$$Lavg(TWA_{8h}) = 85 + 16,61 \log\left(\frac{50 \times 480}{100 \times 120}\right)$$

$$Lavg = 90 \text{ dB(A)}$$

$$dose\ (%) = 100 \times 2^{\left(\frac{90 - 85}{5}\right)}$$

$$dose\ (%) = 200\%$$

Exercício 5.8

Vamos ver a aplicação da linearidade da dose da linha 1 do Exercício 5.7.

Avaliação	Dose %	Tempo de dosimetria	Lavg/TWA _{8h} NR 15	Dose prj _{8h} NR 15
Dosimetria 1	50	2 h		

Fonte: Autores

Se a avaliação foi de duas horas e houve pouca variação no ruído, poderíamos dizer que, como o ruído se repete, teríamos.

Tabela 5.7: Dados do Exercício 5.8

Avaliação	Dose %	Tempo de dosimetria
Dosimetria 1ª parte	50	2 h
Dosimetria 2ª parte (repetição)	50	2 h
Dosimetria 3ª parte (repetição)	50	2 h
Dosimetria 4ª parte (repetição)	50	2 h
Total	200	8 h

Fonte: Autores

Se construirmos o quadro da NR 15 e procurarmos qual o NS que corresponde a uma dose de 200 % para um tempo de 8 horas vamos encontrar 90 dB(A).

Tabela 5.8: Quadro da NR 15 para solução do Exercício 5.8

	16 h	8 h	4 h	2 h	1 h
80 dB(A)	100 %	50 %	25 %	12,5 %	6,25 %
85 dB(A)	200 %	100 %	50 %	25 %	12,5 %
90 dB(A)	400 %	200 %	100 %	50 %	25 %
95 dB(A)	800 %	400 %	200 %	100 %	50 %
100 dB(A)	1600 %	800 %	400 %	200 %	100 %

Fonte: Autores

Que corresponde ao mesmo resultado anterior.

- **No Exercício 5.9 vamos aprender que é possível somar várias dosimetrias em % (linearidade da dose) realizadas durante tempos de medição distintos e achar um nível equivalente. Lembre-se que não é possível somar os níveis equivalentes em dB(A).**



Para aplicar esse tipo de resolução devemos também, considerar o critério especificado na ACGIH para a dose semanal, ou seja:

- A dose diária pode ser > 1 .
- A dose 7 dias deve ser < 5 .
- Nenhuma dose diária deve ultrapassar a 3.

Exercício 5.9

Durante uma jornada de trabalho de 8 horas o técnico em segurança realizou quatro dosimetrias de ruído em quatro locais diferentes (para caracterizar uma exposição) encontrando os seguintes resultados:

Tabela 5.9: Dados do Exercício 5.9

Avaliação	Dose % (para o tempo de medição)	Tempo de dosimetria
1	40	2 h
2	30	2 h 30 min
3	25	2 h 30 min
4	30	1 h

Fonte: Autores

Qual o valor da dose total?

Como a jornada foi de 8 horas a dose total será o somatório das doses de cada avaliação.

$$40 + 40 + 25 + 30 = 125\%$$

Como a dose é maior que 100 % considera-se ultrapassado o limite de tolerância.

Se quisermos saber o valor em dB(A) correspondente a essa dose, podemos calcular (NR 15), utilizando a Equação 5.12:

$$L_{avg} = 86,6 \text{ dB(A)}$$

Agora observe uma avaliação onde o técnico em segurança realizou várias dosimetrias que resultaram num tempo de amostragem muito superior a 8 horas.



Exercício 5.10

Na avaliação de ruído muito variável ao longo da semana, o técnico em segurança optou por realizar várias dosimetrias, para ter uma noção mais real da exposição. Sabendo que, devido à linearidade da dose em função do tempo e do nível de exposição, elas podem ser adicionadas, o técnico em segurança efetuou 10 dosimetrias em dias e horários escolhidos aleatoriamente. Ele obteve o seguinte resultado (NR 15). Calcule o nível equivalente resultante.

Tabela 5.10: Dados do Exercício 5.10

Avaliação	Dose % (para o tempo de medição)	Tempo de dosimetria
1	84,5	4 h
2	79,5	3 h 30 min
3	90,5	6 h
4	80,0	4 h 20 min
5	64,0	2 h 30 min
6	70,0	3 h 20 min
7	60,0	2 h 30 min
8	72,5	2 h 50 min

Fonte: Autores

Utilize as Equações 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24:

1º passo: efetuar o somatório das doses:

$$84,5 + 79,5 + 90,5 + 80,0 + 64,0 + 70,0 + 60,0 + 72,5 = 601\%$$

2º passo: efetuar o somatório dos tempos (em minutos):

$$240 + 210 + 360 + 260 + 150 + 200 + 150 + 170 = 1740 \text{ minutos}$$

3º passo: aplicar na Equação 5.21:

$$L_{avg}(TWA_{8h}) = 85 + 16,61 \times \log \left(\frac{601 \times 480}{100 \times 1740} \right)$$

$$L_{avg} = 88,6 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Dose} = 164,7\%$$

Agora resolva o exercício para a NHO 01.



Alguns equipamentos efetuam esse resultado final ao selecionarmos as várias dosimetrias (estudos, eventos) de interesse.

Exercício 5.11

O técnico em segurança do trabalho fez as dosimetrias apresentadas a seguir, em diferentes áreas, para tornar a avaliação representativa. A exposição ultrapassa o LT? Calcule o nível equivalente resultante (NR 15 e NHO 01).

Tabela 5.11: Dosimetrias

Avaliação	Dose %	Tempo de dosimetria
Dosimetria 1	90	8 h
Dosimetria 2	35	8 h
Dosimetria 3	42	8 h
Dosimetria 4	82	8 h
Dosimetria 5	67	8 h
Dosimetria 6	98	8 h
Dosimetria 7	88	8 h

Fonte: Autores

- **Nos exercícios a seguir vamos aprender a calcular a dose em função de uma determinada exposição utilizando o somatório Cn/Tn (suponha que você não tenha um equipamento que calcule a dose automaticamente).**

Exercício 5.12

Um trabalhador executa sua atividade num local cujo NS = 90 dB (A) durante uma hora. Após certo tempo, o NS cai para 84 dB(A) e ele permanece durante

4 horas. O restante da jornada (3 horas) permanece em um local onde o NS é de 70 dB(A). O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? (NR 15 e NHO 01)

Solução

Primeiro vamos criar uma tabela com os dados do problema:

Tabela 5.12: Dados do Exercício 5.12			
Coluna 01	Coluna 02	Coluna 03	Coluna 04
NS dB(A)	Tempo Exposição (Cn)	Tempo máximo permitido NR 15 – (Tn)	Tempo máximo permitido NHO 01 – (Tn)
90	1 hora	240 min	151,19 min
85	4 horas	480 min	480 min
70	3 horas	-	-

Fonte: Autores

Coluna 01 e coluna 02 são dados do problema.

Coluna 03 contém dados extraídos da NR 15.

Coluna 04 contém dados extraídos da NHO 01.

A linha correspondente a 70 dB(A) não é incluída no cálculo pois é inferior ao limite de integração 80 dB(A).

Então para a NR 15:

$$60/240 + 240/480 = 0,25 + 0,5 = 0,75 \text{ ou } 75\%$$

Para a NHO 01:

$$60/151,19 + 240/480 = 0,40 + 0,5 = 0,90 \text{ ou } 90\%$$

Exercício 5.13

Um trabalhador fica exposto a um nível de ruído de 95 dB(A) durante 20 minutos, 100 dB(A) durante 20 minutos, 82 dB(A) durante 1 hora e 20 minutos e 85 dB(A) o restante da jornada. O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? Qual o nível equivalente? (NR 15 e NHO 01)

Exercício 5.14

Numa casa de força, o pessoal expõe-se diariamente, durante 8 horas a seguinte situação:

Tabela 5.13: Dados do Exercício 5.14

Nível medido dB(A)	Tempo de exposição
82	6 h
87	30 min
91	30 min
94	30 min
96	15 min
100	10 min
102	5 min

Fonte: Autores

O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? Qual o nível equivalente? (NR 15 e NHO 01)

Exercício 5.15

Numa operação industrial foi encontrada a seguinte situação:

Tabela 5.14: Dados do Exercício 5.15

Nível medido dB(A)	Tempo de exposição
80	1h e 45 min
82	1h e 15 min
84	1h e 15 min
86	1h e 30 min
89	1h e 30 min
91	45 min

Fonte: Autores

O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? Qual o nível equivalente? (NR 15 e NHO 01)

- **No exercício 5.16 vamos analisar uma exposição onde se tenha definido um ciclo de trabalho.**

Lembre-se que esse é um exercício teórico para praticarmos o que foi exposto. Em uma avaliação real com a utilização de um dosímetro de ruído, por o trabalhador portar o equipamento durante a realização de suas atividades, todas as especificidades da exposição que está sendo avaliada serão contempladas, sendo o nível equivalente (e a dose) informado no relatório do equipamento sem a necessidade de cálculos.

Exercício 5.16

Um operador de prensa hidráulica executa suas tarefas do seguinte modo:

Tabela 5.15: Dados do Exercício 5.16

Ordem	Tarefa	Nível de ruído dB(A)	Duração (min)
1	Passa ar comprimido na bandeja	95	1,8
2	Montagem das peças na bandeja	85	1,5
3	Ajuste da bandeja na prensa	87	0,5
4	Montagem das peças na bandeja	85	1,5
5	Retirada da bandeja da prensa	88	0,45
6	Passa ar comprimido na bandeja	95	0,15
7	Montagem das peças na bandeja	85	1,5
8	Ajuste da bandeja na prensa	87	0,5
9	Montagem das peças na bandeja	85	1,5
10	Retirada da bandeja da prensa	88	0,45
11	Passa ar comprimido na bandeja	95	0,15
12(o ciclo se repete)

Fonte: Autores

O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? Qual o nível equivalente? (NR 15 e NHO 01)

Observação

Para a solução desse exercício será necessário calcular o tempo desse ciclo de trabalho, ou seja, $1,8 + 1,5 + 0,5 + 1,5 + 0,45 + 0,15 + 1,5 + 0,5 + 1,5 + 0,45 + 0,15 = 10$ minutos



Verificar quantas vezes esse ciclo se repete durante 480 minutos (8 horas): $480/10 = 48$.

Agora multiplicar a duração por 48. Como exemplo, para a tarefa 1 de 95 dB(A) o tempo de exposição ao longo do dia seria: $1,8 \times 48 = 86,4$ minutos, valor esse que deve ser utilizado para o somatório de C_n/T_n .

Faça o exposto acima para os demais e calcule a dose.

Exercício 5.17

Um operador de esmeril executa as seguintes tarefas:

Tabela 5.16: Dados do Exercício 5.17

Ordem	Tarefa	NS dB(A)	Duração (min)
1	Retira a peça da caixa de fundição	80	0,50
2	Esmerila a face frontal da peça	90	0,45
3	Esmerila a face traseira da peça	95	0,35
4	Esmerila rebarbas laterais	88	0,70
5	Coloca a peça na caixa de usinagem	80	0,50
6	Retira a peça da caixa de fundição	80	0,50
7	Esmerila a face frontal da peça	90	0,45
8	Esmerila a face traseira da peça	95	0,35
9	Esmerila rebarbas laterais	88	0,70
10	Coloca a peça na caixa de usinagem	80	0,50
11	...		

Fonte: Autores

O limite de tolerância foi ultrapassado? Qual a dose de ruído? Qual o nível equivalente? (NR 15 e NHO 01)

Exercício 5.18

Um trabalhador fica exposto, durante 4 horas, a um NS = 85 dB(A). Qual o tempo máximo que ele pode ficar exposto a 90 dB(A) de modo que o limite de tolerância não seja ultrapassado? (NR 15 e NHO 01)

Solução

Para NR 15: vamos utilizar o somatório de Cn/Tn na solução.

$$\frac{4}{8} + \frac{x}{4} = 1,0$$

$$x = 2 \text{ horas}$$

Para NHO 01: vamos utilizar o somatório de Cn/Tn na solução.

$$\frac{4}{8} + \frac{x}{2,52} = 1,0$$

$$x = 1,26 \text{ horas ou aproximadamente 1 hora e 16 minutos}$$

Exercício 5.19

Um trabalhador fica exposto, durante 2 horas a um NS = 84 dB(A). Após esse tempo desloca-se para outro setor, permanecendo 4 horas a 85 dB(A). Qual o tempo máximo que ele pode ficar exposto a 88 dB(A) de modo que o limite de tolerância não seja ultrapassado? (NR 15 e NHO 01)

5.6 Exemplo de relatório de um dosímetro de ruído

Apresentamos a seguir algumas das informações que podem ser extraídas de um relatório da avaliação da exposição ocupacional ao ruído, obtido através da realização de uma dosimetria com equipamento EDGE 5 da 3M. Na disciplina de instrumentação, aprenderemos a interpretar melhor todas essas informações.

Quadro 5.3: Relatório de dosimetria com equipamento EDGE 5 da 3M

Relatório do estudo 27/11/12		
Painel de dados geral		
Descrição	Medidor/sensor	Valor
Dose	1	12,8 %
Lcpk	1	127 dB 19:49:35
Lasmx	1	102,1 dB
Pdose	1	99,7 %
Rtime	1	01:01:44
Utime	1	00:00:00
UR%	1	0 %
Mxtime	1	20/11/2012 20:39:38
Dose8	1	99,7 %
Resposta	1	SLOW
Nível do critério	1	85 dB
Taxa de contagem	1	32 #
Limite de integração	1	80 dB
ULL	1	115 dB
Ponderação no pico	1	C
Teto da faixa	1	140 dB
Nome conf. dosímetro	1	Setup 1
Lavg	1	84,9 dB
PKtime	1	20/11/2012
Lasmn	1	62,1 dB
TWA	1	70,1 dB
OL%	1	0 %
SEL	1	144,2 dB
Mntime	1	20/11/2012 20:43:48
TWA estimada	1	84,9 dB
Taxa de troca	1	5 dB
Taxa de registro	1	60 s
Período do critério	1	8 hrs.
Período estimado	1	480 mins.

Fonte: Dosímetro EDGE 5 – 3M

5.7 Avaliação do ruído de impacto

Na avaliação do ruído de impacto são importantes os seguintes procedimentos:

- a) O período de medição deve ser representativo da exposição.
- b) Ajustar o equipamento segundo os parâmetros normalizados para a avaliação.
- c) Calibrar o equipamento.
- d) Manter o microfone do medidor dentro da zona auditiva do trabalhador e posicione-se de forma a minimizar a interferência na medição.
- e) Efetuar medições em número suficiente para determinar os níveis de impacto.
- f) Determinar o número de impactos por dia a que fica exposto o trabalhador avaliado.
- g) O número de impactos e os níveis medidos em um período menor que a jornada diária de trabalho podem ser extrapolados para toda a jornada, desde que o período avaliado seja representativo de toda a exposição do trabalhador.



A NHO 01 adota o critério do nível de ação para o ruído de impacto e altera o limite de tolerância em dB linear e não cita as alternativas na utilização de parâmetros com leitura em dB(C) e circuito de resposta *fast*.

Observe que a NR 15 apenas apresenta um valor limite, sem se preocupar com a quantidade de impactos diários, ou seja, ficar exposto a 100 impactos por dia ou a 10000 impactos por dia não faz diferença. Evidentemente, 10.000 impactos serão mais prejudiciais ao trabalhador.

O texto a seguir é um extrato da NR 15 e segue a numeração do documento original.

ANEXO N.º 2 da NR 15

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDOS DE IMPACTO

1. Entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

2. Os níveis de impacto deverão ser avaliados em decibels (dB), com medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto. As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (linear). Nos intervalos entre os picos, o ruído existente deverá ser avaliado como ruído contínuo.

3. Em caso de não se dispor de medidor de nível de pressão sonora com circuito de resposta para impacto, será válida a leitura feita no circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação "C". Neste caso, o limite de tolerância será de 120 dB(C).

4. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores, sem proteção adequada, a níveis de ruído de impacto superiores a 140 dB(LINEAR), medidos no circuito de resposta para impacto, ou superiores a 130 dB(C), medidos no circuito de resposta rápida (FAST), oferecerão risco grave e iminente.

O texto a seguir é um extrato da NHO 01 e segue a numeração do documento original.

5.2 Ruído de Impacto

A determinação da exposição ao ruído de impacto ou impulsivo deve ser feita por meio de medidor de nível de pressão sonora operando em "Linear" e circuito de resposta para medição de nível de pico.

Neste critério o limite de exposição diária ao ruído de impacto é determinado pela expressão a seguir:

Equação 5.25

$$N_p = 160 - 10 \log n \quad [\text{dB}]$$

Onde: N_p = nível de pico, em dB(Lin), máximo admissível

n = número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada diária de trabalho acima do NS

A Tabela 2, obtida com base na expressão anterior, apresenta a correlação entre os níveis de pico máximos admissíveis e o número de impactos ocorridos durante a jornada diária de trabalho, extraída a partir da expressão de determinação do limite de exposição diária ao ruído de impacto.

Tabela 2. Níveis de pico máximo admissíveis em função do número de impactos

Np	n	Np	n	Np	n
120	10000	127	1995	134	398
121	7943	128	1584	135	316
122	6309	129	1258	136	251
123	5011	130	1000	137	199
124	3981	131	794	138	158
125	3162	132	630	139	125
126	2511	133	501	140	100

Quando o número de impactos ou de impulsos diários excederem a 10.000 ($n > 10.000$), o ruído deverá ser considerado como contínuo ou intermitente.

O limite de tolerância valor teto para ruído de impacto corresponde ao valor de nível de pico de 140 dB(Lin).

O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído de impacto corresponde ao valor N_p obtido na expressão acima, subtraído de 3 decibels $\rightarrow (N_p - 3)$ dB.

6.6 Interpretação dos resultados

6.6.2 Ruído de impacto

Com base no critério apresentado no item 5.2, sempre que o nível de pico ultrapassar o nível máximo permitido – **N_p** , calculado para o número de impactos a que o trabalhador está exposto em sua jornada diária de trabalho, o de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle.

Não é permitida exposição a ruídos de impacto ou impulsivos com níveis pico superiores a 140 dB para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

Se o nível de pico estiver entre **$(N_p - 3)$** e **N_p** a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas para minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite de exposição.

6.6.3 Ruído contínuo ou intermitente simultâneo com ruído de impacto

Na ocorrência simultânea de ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto, a exposição ocupacional estará acima do limite de exposição, quando pelo menos o limite para um dos tipos de ruído for excedido.

Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição.

Não é permitida exposição a ruídos de impacto ou impulsivos com níveis de pico superiores a 140 dB para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

Nota

Os critérios estabelecidos na presente norma estão baseados em conceitos e parâmetros técnico-científicos modernos, seguindo tendências internacionais atuais, não havendo um compromisso de equivalência com o critério legal. Dessa forma, os resultados obtidos e sua interpretação quando da aplicação da presente norma podem diferir daqueles obtidos na caracterização da insalubridade pela aplicação do disposto na NR 15, Anexo 1, da Portaria, nº 3.214 de 1978.

5.7.1 Medição de sons de impacto

Algumas normas já estão adotando os limites de ruído de impacto em termos da constante de tempo para “impulso” (0,035 s). Os medidores de nível de ruído mais sofisticados do mercado já possuem a escala impulso.

Nos parece que a melhor maneira de caracterizar uma exposição a ruído de impacto seria o uso da escala “valor de pico” (*peak*), que trata-se não mais da medição da pressão média quadrática RMS em um determinado tempo, mas sim o valor máximo atingido pela pressão sonora durante a medição. Ensaios mostram que o ouvido humano não pode suportar níveis de impacto superiores a 140 dB (pico).

A Tabela 5.17 mostra os ruídos medidos com diversas constantes de tempo.

Tabela 5.17: Diferentes formas de medição do ruído de impacto

Constante de tempo	Fonte de ruído		
	Martelo manual	Martelete pneumático	Prensa excêntrica
Rápida [0,125 s]	105 dB(A)	112 dB(A)	93 dB(A)
Impulso [0,035 s]	112 dB(A)	113 dB(A)	97 dB(A)
Pico	131 SPL	128 SPL	121 SPL

Fonte: Fernandes, 2005

5.7.2 Ruído de impacto: comparação entre as normas

Quadro 5.4: Comparação entre NR 15 e NHO 01	
NR 15	NHO 01
Circuito linear e resposta para impulso LT: 130 db(linear)	$N_p = 160 - 10 \log(n)$ [db] Onde: N_p = nível de pico em db(linear) n = número de impactos por dia acima do N_s
Opcional: curva de compensação c e circuito de resposta rápida (<i>fast</i>) LT: 120 db(c)	
Valor teto	
Circuito linear e resposta para impulso VT: 140 db(linear)	Circuito linear e resposta pico VT: 140 db(linear)
Opcional: curva de compensação C e circuito de resposta rápida (<i>fast</i>) VT: 130 dB(C)	

Fonte: Autores

Exemplos para fixação dos conteúdos.

Exemplo 5.1

Na avaliação de ruído de impacto em um processo de forjamento foram obtidos os seguintes valores:

Tabela 5.18: Dados do Exemplo 5.1

Atividade	Número de impactos por hora	Tempo de permanência na atividade	Nível de pressão sonora medido	Número de impactos por dia
Operação 01	1200	3 horas	123	3600
Operação 02	1200	3 horas	124	3600

Fonte: Autores

Solução

Quadro 5.5: Solução do Exemplo 5.1

Atividade	NS dB(linear)	Número de impactos	NHO 01	NR 15	Conclusão
Operação 01	123	$3600 + 3600 = 7200$	121	130	Acima do limite de tolerância segundo a NHO 01
Operação 02	124	3600	124,5	130	Acima do limite de ação segundo a NHO 01

Fonte: Autores

Solução

Na coluna 3 aparece a soma $3600 + 3600$, pois para o ruído atingir os 124 dB teve que antes ultrapassar os 123 dB.

Exemplo 5.2

Numa determinada empresa são realizadas operações de manutenção em cilindros de aço que envolvem operações com marteletes e puncionamento, gerando altos níveis de ruído de impacto.

Na avaliação da exposição, além do ruído intermitente nas demais operações de manutenção, o profissional de segurança obteve os seguintes valores para a exposição ao ruído de impacto:

Tabela 5.19: Dados do Exemplo 5.2

Atividade/ equipamento	Nº de impactos por hora	Tempo de permanência na atividade	Nível de pressão sonora medido	Nº de impactos por dia
Martelete	1200	3 horas	122	3600
Puncionamento	600	2 horas	123	1200
Martelete	2000	1 hora	125	2000

Fonte: Autores

Com base na exposição acima, complete o Quadro 5.6 a seguir.

Solução

Quadro 5.6: Solução do Exemplo 5.2

Atividade	NS dB(linear)	Número de impactos	NHO 01 (Np)	NR 15 (LT)	Conclusão
Martelete	122	$3600 + 1200 + 2000 = 6800$	121,7	130	Acima do limite de tolerância segundo a NHO 01
Puncionamento	123	$1200 + 2000 = 3200$	125,0	130	Acima do limite de ação segundo a NHO 01
Martelete	125	2000	127,0	130	Acima do limite de ação segundo a NHO 01

Observação: O limite de tolerância não foi ultrapassado em nenhum momento se considerarmos a NR 15. Como a NHO leva em consideração o número de impactos diários, ela deve ser observada durante a avaliação da exposição a ruído de impacto.

Fonte: Autores

5.8 Considerações à medição de sons de impacto

Os critérios de risco auditivo devido a sons de impacto ainda não estão totalmente definidos. Algumas normas internacionais ISO sugerem medir em dB(A) *slow* e acrescentar 10 dB, mas esse critério não é considerado preciso. Outras normas adotam os limites de ruído de impacto em termos da constante de tempo para "impulso" (0,035 s). Outra maneira é medir o som de impacto utilizando o "valor de pico" (*peak*), não utilizando-se o valor de medição segundo a média quadrática RMS em um determinado tempo, mas sim o valor máximo atingido pela pressão sonora. Os métodos utilizados no Brasil

ainda precisam ser revistos para evitar, a origem a várias interpretações por falta de detalhamento em alguns aspectos, o que deve acontecer com a revisão da NR 15.

5.9 Efeitos da exposição ao ruído

Os efeitos do ruído vão desde alterações passageiras no sistema auditivo até danos irreversíveis. Como exemplos de alterações mais imediatas podemos citar, entre outras, aumento do número de acidentes de trabalho, da incidência de hipertensão arterial, de gastrite e de úlcera gástrica e alterações do sono. O ruído pode produzir ainda alterações emocionais, que podem gerar irritabilidade, fadiga e maus ajustamentos.



Para saber mais sobre programa de conservação auditiva, acesse: http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Resources/Two/One/

5.10 Efeitos sobre o sistema auditivo

- a) **Mudança temporária do limiar de audição** (surdez temporária) – efeito da exposição ao ruído intenso, mesmo por um curto período de tempo. Na prática acontece quando saímos de um ambiente barulhento e, temporariamente, ficamos com certa dificuldade de audição. A audição normal retornará após algum tempo.
- b) **Surdez permanente** – decorrente da exposição repetida, por longos períodos (anos), a ruídos de intensidade excessiva, estando associada a danos no sistema auditivo. Como as perdas iniciam nas frequências mais altas os trabalhadores não percebem a alteração, pois não afetam na conversação normal. Quando o trabalhador começar a encontrar dificuldade na comunicação verbal provavelmente já terá danos irreversíveis na audição.



A dificuldade em se implementar um plano de conservação auditiva está no fato de que as perdas na audição acontecerem progressivamente e ao longo do tempo (anos). Muitos trabalhadores, por falta de esclarecimento, não utilizam os equipamentos de proteção individual, pois só consideram o efeito imediato e não o que essa exposição acima dos limites produzirá ao longo de sua vida laboral.

- c) **Trauma acústico** – acontece na exposição a ruídos intensos (explosões, impactos sonoros) que produzem uma perda auditiva imediata. Pode ser temporária ou permanente, dependendo da extensão da lesão.

Muitos danos auditivos (e físicos) acontecem em ocasiões em que se detonam fogos de artifício devido à intensidade sonora da explosão.



A PAIR (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído) recebe o nome de hipoacusia ou disacusia neurosensorial e é mais grave quanto maior for o tempo de exposição a ruído e quanto mais intenso ele for, podendo evoluir até a surdez completa.

Para os trabalhadores que exercem suas atividades em ambientes com níveis de ruído maior ou igual a 85 dB(A) devem ser submetidos à avaliação da situação auditiva periódica (exames periódicos), ou sempre que apresentarem sintomas. A NR 07 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO), em seu Anexo I, estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados.



Para saber mais sobre NR 07, acesse: http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf

5.11 Medidas de controle na exposição ao ruído

Se as avaliações comprovarem que os níveis de pressão sonora estão acima do tolerável, devem ser tomadas providências a fim de reduzi-los. A prioridade deve ser sempre direcionada para a eliminação/redução do nível de ruído da fonte geradora.

Como já estudado, existem três medidas de controle para o ruído: na fonte, na trajetória e no trabalhador.

5.11.1 Controle na fonte

Podemos efetivar medidas de controle na fonte através da eliminação ou substituição da fonte, manutenção adequada (eliminação de fontes de ruído provocadas por desalinhamentos, desgastes, falta de lubrificação, etc.) ou com medidas organizacionais (evitar concentração de máquinas ruidosas, remoção para áreas isoladas, etc.).

5.11.2 Controle na transmissão do som

Através da aplicação de isolamento acústico da fonte sonora, através da inclusão de superfícies absorvedoras, no teto, paredes e piso e de barreiras na propagação do som. Existem vários materiais que podem ser utilizados no isolamento, sendo que o importante é se realizar uma avaliação do ruído por bandas de frequência para analisar o espectro desse som, ou seja, verificar os valores equivalentes por frequência para a escolha do melhor material isolante. Os projetos de atenuação do ruído são realizados por profissionais

com conhecimento na área de acústica, cabendo aos técnicos em segurança do trabalho avaliar o ambiente de trabalho e solicitar tais projetos.

5.11.3 Controle no trabalhador

Medida que deve ser implantada depois de se esgotarem as tentativas de controle na fonte e na trajetória e durante a fase de implantação das soluções de engenharia. Infelizmente a realidade indica que essa é a medida prioritária, pois os controles na fonte e na trajetória implicam em custos, tornando-se mais simples o fornecimento dos equipamentos de proteção individual. Muitas empresas por simplificação e pouca visão prevencionista adotam apenas essa medida de controle.

5.12 Programa de Conservação Auditiva (PCA)

Para o monitoramento do ruído devemos não só adotar medidas de controle, mas também, medidas administrativas, ou seja, estabelecer na empresa um planejamento estratégico que permita tornar efetivas essas medidas. Para tanto, é necessário a implantação de um programa de conservação auditiva que contemple as seguintes etapas:

- a) Avaliação dos níveis de ruído no ambiente ocupacional.
- b) Medidas administrativas e de engenharia para minimizar ou neutralizar a exposição.
- c) Exames audiométricos periódicos.
- d) Utilização de equipamentos de proteção individual (protetores auriculares) e divulgação, através de treinamento, dos efeitos prejudiciais do ruído.
- e) Compromisso da administração em implementar o PCA.
- f) Documentação de todas as atividades, para respaldo legal.
- g) Auditoria interna do PCA, de modo a garantir o cumprimento de seus objetivos.

A fundamentação legal para a implantação do PCA está na OS INSS 608/98 em seu Anexo II, que prevê:



Na página da 3M Saúde Ocupacional você pode fazer o download de guia prático para a elaboração de um programa de conservação auditiva.
http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Resources/Two/One/



Para saber mais sobre Ordem de Serviço INSS, acesse:
http://www.oficionet.com.br/arquivos_links/INSS/OS608-INSS-05-08-98.pdf

ANEXO II - Programa de Conservação Auditiva

De acordo com a NR 09 da Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho, toda empresa deve ter um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Em se tendo o nível de pressão sonora elevado como um dos agentes de risco levantados por esse programa, a empresa deve organizar sob sua responsabilidade um Programa de Conservação Auditiva – PCA.

Para a viabilização do PCA, é necessário o envolvimento dos profissionais da área de saúde e segurança, da gerência industrial e de recursos humanos da empresa e, principalmente, dos trabalhadores.

5.13 Protetores auditivos para a exposição ao ruído

Existem vários fabricantes de equipamentos para proteção individual ao ruído. O importante para o técnico em segurança do trabalho ao fazer a opção por um deles é sempre levar em conta a atenuação necessária, o certificado de aprovação, a qualidade dos materiais e o conforto proporcionado ao usuário. Lembre-se sempre que mais importante que o preço, a escolha deve recair sobre aquele que vai conduzir ao uso efetivo do EPI.

5.13.1 Protetor auditivo tipo concha

É constituído de duas conchas de material plástico com bordas almofadadas. Tem como vantagens a utilização simples e rápida, atenuação uniforme e o tamanho único. São eficientes e fáceis de higienizar. Como desvantagem, poderíamos citar o desconforto em ambientes quentes.

Alguns fabricantes produzem o abafador tipo concha acopláveis à capacetes, facilitando quando da necessidade do uso dos dois equipamentos de proteção individual.



Figura 5.1: Protetor auditivo tipo concha

Fonte: CTISM

5.13.2 Protetor auditivo de inserção em silicone ou pré-moldado

Constituído de três flanges geralmente em silicone medicinal para a inserção no canal auditivo. Sua aplicação é indicada quando necessário o uso de outros EPIs simultaneamente (óculos, capacetes e/ou respiradores). São pequenos e fáceis de serem guardados e transportados e relativamente confortáveis (mesmo em ambientes quentes). Como desvantagens podemos citar a necessidade de treinamento para colocação e higienização.



Figura 5.2: Protetor auditivo de inserção

Fonte: CTISM

5.13.3 Protetor auditivo de inserção moldáveis (sem manutenção)



Figura 5.3: Protetor auditivo de inserção moldáveis

Fonte: CTISM

Fabricado em espuma moldável o que permite a adaptação em qualquer tamanho de canal auditivo. Ideais para uso concomitante com outros EPIs proporcionando excelente vedação do canal auditivo. São pequenos e fáceis de serem guardados e transportados e relativamente confortáveis (mesmo em ambientes quentes). Como desvantagem, podemos citar a necessidade de treinamento para colocação. São do tipo sem manutenção (descartáveis).

5.13.4 Protetor auditivo tipo capa de canal

Constituído de uma haste plástica com plugues de espuma em suas extremidades, permitindo o uso abaixo do queixo ou atrás da cabeça. É uma opção para usos intermitentes em substituição ao protetor tipo concha.

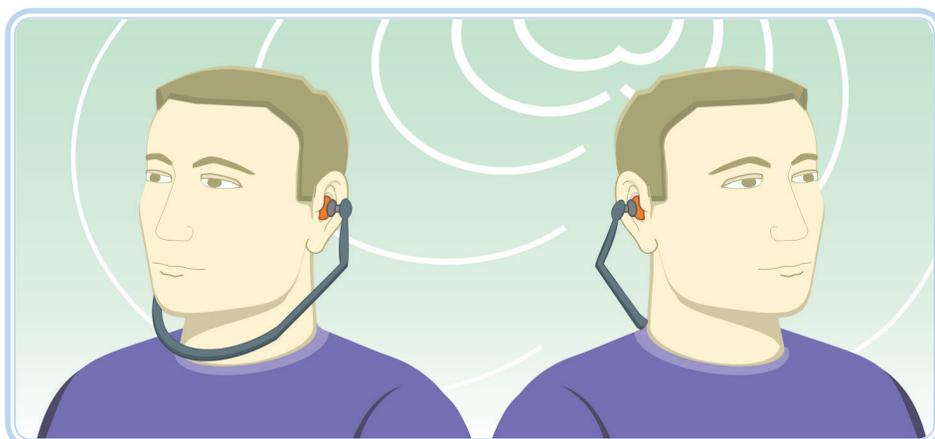


Figura 5.4: Protetor auditivo tipo capa de canal

Fonte: CTISM

5.14 Atenuação dos protetores auditivos

Os protetores auriculares trazem em sua embalagem a informação do NRRsf (Nível de Redução do Ruído *Subject Fit* (*subject fit* – colocação pelo usuário), conhecido como método do ouvido real (ANSI S12.6 – 1997), onde um grupo de usuários, após ler apenas as instruções do fabricante (antes do teste), são testados na atenuação. Os ouvintes são utilizados poucas vezes nos testes, tornando assim os valores obtidos mais próximos possível dos valores obtidos no mundo real.

O NS no ouvido protegido do trabalhador será obtido pela expressão:

Equação 5.26

$$dB(A) = Leq - NRRsf$$

Onde: dB(A) = ruído que penetra no ouvido protegido

Leq = ruído equivalente da fonte sonora

NRRsf = atenuação do protetor

Exemplo

Na avaliação de um ambiente de trabalho encontrou-se um ruído de 94 dB(A). O técnico em segurança optou pela escolha de um protetor auricular tipo *plug* da 3M, que traz indicado um NRRsf = 15 dB. A escolha foi correta?

$$dB(A) = 94 - 15 = 79 \text{ dB(A)}$$

A escolha está correta pois o nível sonoro caiu abaixo do nível de ação.



Os valores de atenuação fornecidos pelos fabricantes correspondem a uma atenuação que “em média” corresponde a esse valor, pois são elaborados estatisticamente para uma confiabilidade de 84 %. Isso representa que a maioria dos usuários estaria adequadamente protegida.

Outro aspecto importante é o tempo em que o protetor auricular é utilizado, pois deixar de usar o protetor auditivo durante 100 % do tempo em que se está exposto pode aumentar drasticamente a dose de exposição. Devido a isso o técnico em segurança do trabalho deve estar atento às ações de educação, conscientização e treinamento e à escolha de protetores adequados e confortáveis, tendo em vista obter um uso consciente, voluntário e constante.

É importante salientar que a NIOSH recomenda o uso de dois protetores auriculares (tipo concha + tipo *plug*) quando o ruído médio do local de trabalho estiver acima de 100 dB(A). Atenção: Essa dupla proteção vai atenuar apenas mais 5 ou 10 decibels e não a soma das atenuações.

O uso de EPIs auditivos para atenuar o ruído ocupacional é muito comum. O controle do ruído através de medidas de engenharia é muitas vezes, erroneamente, considerado ser de difícil execução e dispendioso.

Também é muito comum encontrar alguma resistência do trabalhador ao uso do equipamento, com a alegação do desconforto imediato e pela desconsideração do efeito ao longo prazo. Cabe ao profissional de segurança estabelecer medidas educacionais e verificar a eficiência de seu programa de conservação auditiva.

5.15 NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade

O ruído, além dos possíveis danos auditivos que possa produzir nos trabalhadores (ruído ocupacional), também pode afetar a comunidade em torno da fonte sonora e você como profissional prevencionista pode ser solicitado a realizar esse tipo de avaliação, ou acompanhar algum perito como representante da empresa. A NBR 10151 estabelece parâmetros para realizar avaliações em interiores e exteriores de edificações, que envolve a medição do nível equivalente (LAeq), distância mínima do piso e paredes refletoras, etc. (veja mais detalhes na norma), fixando as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidade.

Quando não existir lei municipal ou estadual mais rigorosa, a norma estabelece os critérios para referenciar as avaliações em ambientes internos ou externos, conforme o caso. Veja o Exemplo 5.7.

Quadro 5.7: Nível de critério de avaliação para ambientes externos em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Área estritamente residencial urbana, de hospitais ou escolas	50	45

Fonte: NBR 10151

5.16 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico

O profissional da segurança do trabalho ainda deve dar atenção ao que prevê a NR 17. Segundo a referida norma os níveis de ruído devem ser medidos no posto de trabalho e especifica (o texto a seguir é um extrato da NR 17 e segue a numeração do documento original):



17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

a) Níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;

b) Índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C;

c) Velocidade do ar não superior a 0,75m/s;

d) Umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

17.5.2.1. Para as atividades que possuam as características definidas no subitem 17.5.2, mas não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB.

As curvas de avaliação NC foram desenvolvidas para avaliar o conforto acústico nos locais de trabalho.

Os valores em dB(A) e NC (*Noise Criteria*) são apresentados no Quadro 3 da NBR 10152. Veja extrato do quadro para salas de aula (Quadro 5.8).

Quadro 5.8: Extrato do Quadro 3 da NBR 10152

QUADRO 3		
Níveis de ruído aceitáveis em dB(A) e NC		
Local	dB(A)	NC
Escolas		
Bibliotecas, salas de música, sala de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula e laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
Notas		
a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.		
b) Níveis superiores aos estabelecidos no Quadro 3 são considerados desconfortáveis sem, necessariamente implicar risco de dano à saúde.		

Fonte: NBR 10152

Podemos observar que uma sala de aula, para que os alunos possam exercer suas atividades didáticas com relativo conforto e concentração devem estar em um ambiente onde o ruído varie de 40 a 50 dB(A).

A análise de frequências de um ruído é importante para avaliação e adoção de medidas de correção ou redução do nível sonoro. Assim, curvas de avaliação de ruído (NC), através das quais um espectro sonoro pode ser comparado, permite a identificação dos níveis de ruído mais elevados nas bandas de frequência e que, conseqüentemente, necessitam de correção.

As curvas NC servem para avaliar o grau de perturbação que um determinado ruído de fundo provoca no ambiente.

Neste método são analisadas as curvas representadas em um plano cartesiano que apresenta no eixo das abscissas as bandas de frequências e, no eixo das ordenadas, os níveis de ruído. Cada curva representa o limite de ruído para uma da atividade, tendo em vista o conforto acústico em função da comunicação humana. Portanto, na determinação do conforto nos ambientes de trabalho, é necessário medir os níveis de ruído em frequências de banda de oitava e compará-los aos valores estabelecidos para respectivas curvas.

Para uma sala de aula, portanto, o NC deve estar entre as curvas NC 35 e NC 45, ou seja, todos os ruídos medidos (níveis equivalentes por banda de oitava) devem se situar abaixo dessas curvas.



Ruído de fundo é o ruído existente em um local que não diz respeito ao objeto da medição. Como exemplo, podemos citar uma sala de aula onde o ruído de fundo é todo aquele além da voz do professor.

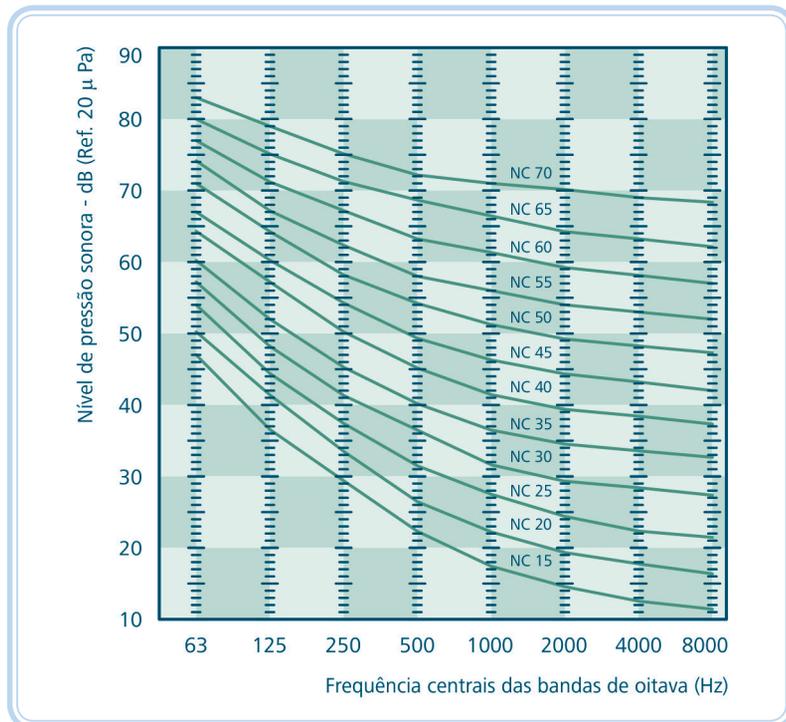


Figura 5.6: Curvas NC

Fonte: CTISM, adaptado de NBR 10152

Como pode ser observado, os limites para fins de conforto são bem menores do que o ocupacional. Assim, os níveis de ruído para o conforto dificilmente provocarão perda auditiva, no entanto, podem acarretar efeitos extra-auditivos. Esses efeitos extra-auditivos são: ações sobre o sistema cardiovascular, alterações endócrinas, dificuldades mentais e emocionais, entre as quais irritabilidade e fadiga.

Resumo

Nesta aula aprendemos como avaliar o ruído ocupacional e efetuar cálculos para a determinação da dose e do nível equivalente. Estudamos também a avaliação do ruído de impacto, a NBR 10151, a NBR 10152 e a atenuação do ruído pelos protetores auriculares.



Atividades de aprendizagem

1. 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.
2. 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.
- 3.** O nível de ação segundo a NR 15 e o nível de ação segundo a NHO 01 são, respectivamente:
- a)** 80 dB; 82 dB.
 - b)** 80 dB; 80 dB.
 - c)** 82 dB; 80 dB.
 - d)** 85 dB; 85 dB.
 - e)** 82 dB; 82 dB.
- 4.** Os tempos máximos de exposição ao ruído para um NS igual a 87 dB(A), considerando as normas NR 15 e NHO 01, respectivamente, são aproximadamente:
- a)** 6 horas e 4 minutos; 5 horas e 2 minutos.
 - b)** 5 horas e 4 minutos; 6 horas e 4 minutos.
 - c)** 5 horas e 2 minutos; 6 horas e 4 minutos.
 - d)** 6 horas e 36 minutos; 5 horas e 24 minutos.
 - e)** 5 horas e 24 minutos; 6 horas e 36 minutos.
- 5.** O nível máximo de ruído para uma jornada diária de 8 horas e 30 minutos, considerando as normas NR 15 e NHO 01, respectivamente, são aproximadamente:
- a)** 84,6 dB(A); 84,7 dB(A).
 - b)** 80,6 dB(A); 85,8 dB(A).

c) 85,6 dB(A); 85,8 dB(A).

d) 83,0 dB(A); 83,0 dB(A).

e) 85,0 dB(A); 85,0 dB(A).

6. Um TST encontrou uma dose de 170 % para uma dosimetria segundo a NR 15 e uma dose de 170 % segundo a NHO 01. Os valores correspondentes em dB(A) para essas doses são, respectivamente:

a) 88,8 dB(A); 87,3 dB(A).

b) 86,8 dB(A); 86,3 dB(A).

c) 85,0 dB(A); 85,0 dB(A).

d) 86,8 dB(A); 89,3 dB(A).

e) 89,8 dB(A); 89,3 dB(A).

7. Um TST encontrou um nível médio igual a 89 dB(A) para a NR 15 e para a NHO 01. Os valores correspondentes das doses em % são, respectivamente:

a) 174 %; 251 %.

b) 154 %; 211 %.

c) 124 %; 291 %.

d) 194 %; 221 %.

e) 124 %; 201 %.

8. Dadas as afirmativas, segundo a NR 15:

I - Uma exposição de 4 horas a um nível sonoro de 80 dB(A) produz uma dose de 25 %.

II - Uma exposição de 8 horas a um nível sonoro de 95 dB(A) produz uma dose de 400 %.

III - Uma exposição de 8 horas a um nível sonoro de 85 dB(A) produz uma dose de 100 %.

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, segundo a NHO 01:

I - Uma exposição de 4 horas a um nível sonoro de 82 dB(A) produz uma dose de 50 %.

II - Uma exposição de 8 horas a um nível sonoro de 88 dB(A) produz uma dose de 200 %.

III - Uma exposição de 4 horas a um nível sonoro de 88 dB(A) produz uma dose de 100 %.

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. Um TST encontrou uma dose igual a 27 % para uma dosimetria de 3 horas. Supondo que esse trabalhador permanecerá na mesma situação acústica (semelhante exposição) até completar 8 horas, a dose projetada (8 horas) segundo a NR 15 e a NHO 01 são, respectivamente:

a) 80,1 %; 79,4 %.

b) 89,4 %; 82,5 %.

c) 81,2 %; 83,2 %.

d) 83,4 %; 81,2 %.

e) 81,9 %; 84,2 %.

11. Um TST encontrou uma dose igual a 27 % para uma dosimetria de 3 horas. Para esse mesmo trabalhador encontrou, em outra dosimetria, uma dose de 45 % para um tempo de 4 horas. Supondo que em outra dosimetria de 1 hora a dose encontrada foi de 38 %, a dose desse trabalhador para oito horas é igual a:

a) 110 %.

b) 200 %.

c) 150 %.

d) 400 %.

e) 180 %.

Aula 6 – Temperaturas extremas (mecanismos e fatores)

Objetivos

Aprender sobre as temperaturas extremas, os mecanismos e fatores envolvidos nas trocas térmicas.

6.1 A termorregulação humana

Nesta aula vamos estudar o que é definido pela higiene ocupacional como temperaturas extremas nos ambientes de trabalho. Assim como, auxiliar você a como analisar situações que envolvem a exposição ao calor e ao frio, estudando aspectos que vão desde os mecanismos e fatores que influenciam no equilíbrio térmico do corpo humano, a reação do corpo humano perante a essas condições extremas, procedimentos de avaliação do posto de trabalho com o uso de instrumentos e de acordo com normas técnica e da legislação para fins preventivistas e de verificação de insalubridade.

A termorregulação tem como objetivo impedir grandes variações na temperatura interna do corpo de maneira que os sistemas vitais possam operar adequadamente. Essa tarefa é coordenada pelo hipotálamo, também constituído por **substância cinzenta**, é definido por ser o centro de integração e controle de atividades automáticas do organismo, cabendo a este a responsabilidade por várias funções corporais, tais como: a regulação do nosso sono, apetite, balanço de água e o controle da temperatura do núcleo do corpo diante de situações extremas de calor e frio (FUNDACENTRO, 2001, p. 20).

O hipotálamo está preparado a todo instante para receber impulsos elétricos, originados de células existentes na pele que apresentam sensibilidade a perda e ao ganho de calor, assim como dos músculos e de outras partes do organismo, e manda através dos nervos comandos que acionam mecanismos de compensação, como a vasoconstrição e vasodilatação e a sudorese, que interferem nas trocas térmicas do corpo com o ambiente de forma a manter a temperatura interna.

Lembre-se

O corpo pode perder ou ganhar calor e não frio.

A-Z

substância cinzenta

Está presente no sistema nervoso central, formada pela estrutura corporal dos neurônios, representa o seu corpo celular.



Para saber mais sobre substância cinzenta, acesse:

<http://www.cerebronosso.bio.br/branca-cinzenta/>

Para saber mais sobre hipotálamo acesse:

<http://www.guia.heu.nom.br/hipotalamo.htm>

http://www.fmrp.usp.br/revista/2006/vol39n1/2_o_hipotalamo_dorsomedial.pdf

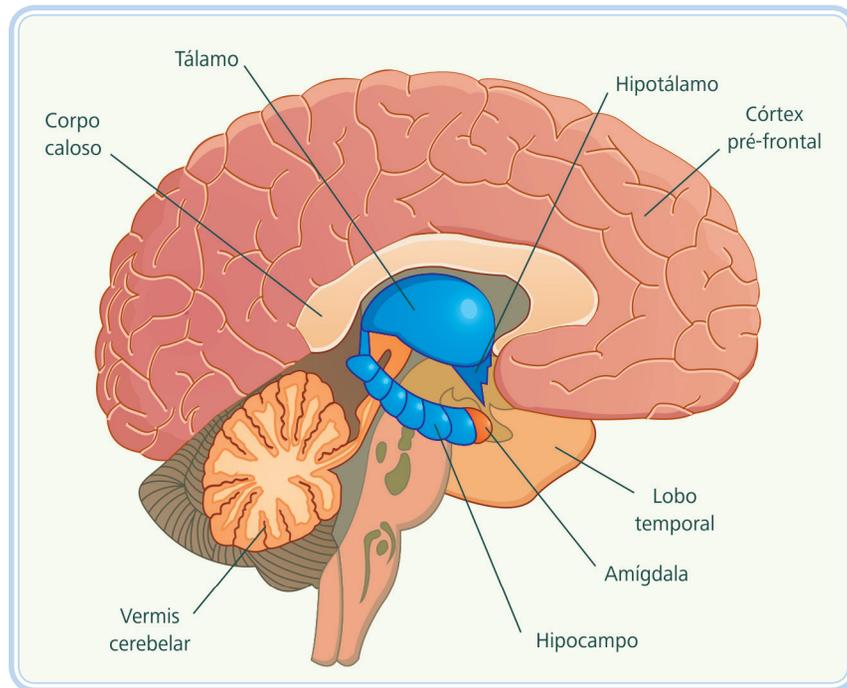


Figura 6.1: Local do hipotálamo

Fonte: CTISM

Uma explicação simples sobre a vasodilatação pode ser dada do seguinte modo: vamos considerar, por exemplo, um trabalhador entrando num ambiente com alta temperatura (aproximadamente 45°C). Percebe-se na pele, a existência de uma diferença (conhecida na engenharia como gradiente) de temperatura entre o corpo e o ambiente, a qual é informada por estímulos nervosos ao hipotálamo. Este, após receber as informações de que a temperatura ambiente está maior do que a do núcleo do corpo, inicia o processo de vasodilatação, que vai fazer com que os vasos sanguíneos presentes na superfície da pele aumentem o seu diâmetro, elevando a temperatura local devido a uma maior quantidade de sangue que passa próxima à pele. Os vasos próximos da pele também são conhecidos como capilares.

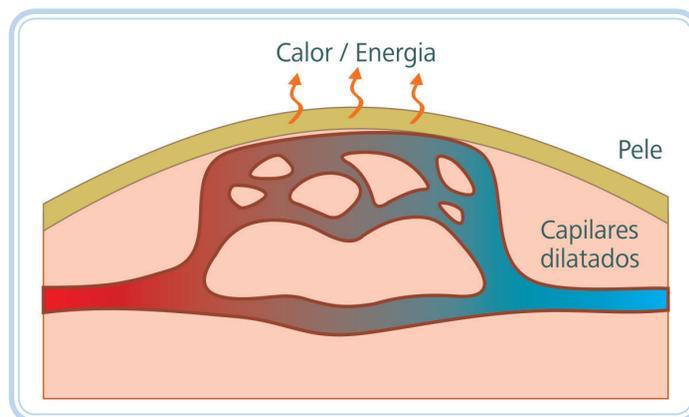


Figura 6.2: Vasodilatação

Fonte: CTISM

Havendo, atipicamente, esta maior presença de sangue e aquecimento na pele, permite-se que ocorra uma dissipação do calor pelos mecanismos de convecção e radiação. Para enviar mais sangue a pele, ocorre um aumento da frequência dos batimentos cardíacos resultando no aumento da vazão de sangue para a pele. Agora, quando as ações descritas acima se esgotam, ou seja, são insuficientes para manter o equilíbrio térmico do corpo (aproximadamente na temperatura de 37°C), a produção de suor é iniciada para refrigerar a pele, onde haverá perda de calor para o ambiente devido a evaporação do suor. A produção excessiva do suor é conhecida como sudorese ou sudação.



Figura 6.3: Sudorese

Fonte: CTISM

Ao contrário, quando nos deparamos a um ambiente que consideramos frio, a termorregulação humana inicia o processo de vasoconstrição, este tem por finalidade restringir a passagem de sangue na superfície da pele.

Com isso, mantém-se a irrigação de sangue na região que engloba o cérebro e nos órgãos de funções vitais, fazendo com que a temperatura para garantir o funcionamento do organismo não seja alterada. Este comportamento ao mesmo tempo diminui a temperatura da pele, assim como a troca de calor com o meio ambiente. Quando a vasoconstrição não consegue mais manter o equilíbrio térmico, como uma tentativa de produzir calor interno, a termorregulação inicia o tremor muscular para aumentar o seu metabolismo.

Este trabalho que o organismo desenvolve para aumentar ou diminuir o diâmetro de vasos sanguíneos é na verdade uma maneira de responder, ou melhor, reagir as condições adversas para manter o equilíbrio térmico.

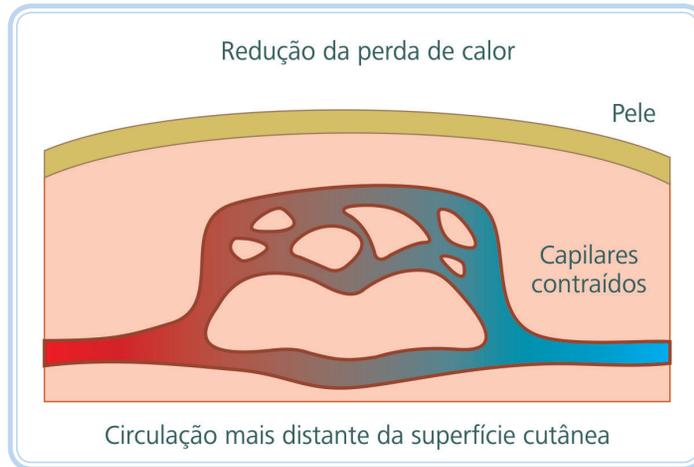


Figura 6.4: Vasoconstrição

Fonte: CTISM

6.2 Os mecanismos de troca térmica

Para a maioria dos mamíferos, entre eles podemos incluir o homem, apresentam e mantém a sua temperatura interna aproximadamente constante, mesmo que ocorram variações de temperatura ambiente. Por sermos dotados desta capacidade, somos denominados homeotérmicos. Além disso, somos endotérmicos, pois produzimos e controlamos nossas próprias fontes de calor.

Como temperaturas extremas entendem-se o calor e o frio, cuja intensidade seja suficiente para causar alterações e prejuízos à eficiência e a saúde do trabalhador. A exposição do trabalhador a temperaturas extremas é governada pela Equação 6.1 do equilíbrio homeotérmico.

Equação 6.1

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

Onde: M é o calor que está sendo produzido pelo metabolismo, sempre considerado um ganho de calor, por esta razão terá sinal positivo
C é o calor que pode ser ganho ou perdido por condução e convecção (pode ter sinal positivo ou negativo)

R é o calor ganho ou perdido por radiação (pode ter sinal positivo ou negativo)

E é o calor perdido pela evaporação, com sinal sempre negativo

Q é o valor que vai representar se existe calor que foi acumulado durante a exposição

Quando nos referimos ao **metabolismo**, estamos considerando o calor produzido pelo corpo resultante de uma atividade física que está sendo desenvolvida.

A-Z

metabolismo

A palavra tem origem da língua grega de "metabolé" cujo significado quer dizer "mudança". Este representa as transformações químicas que o organismo realiza para quebrar moléculas de substâncias que ingerimos, como por exemplo, o açúcar para produzir a glicose transformando-a em energia para nossas células.

Não podemos confundir com o metabolismo que funciona em nosso organismo quando estamos em repouso denominado "basal".

Já, as trocas térmicas por condução, convecção e radiação, podemos receber ou ganhar calor por estes mecanismos, que dependerá da temperatura da pele se está maior ou menor do que a temperatura ambiente.

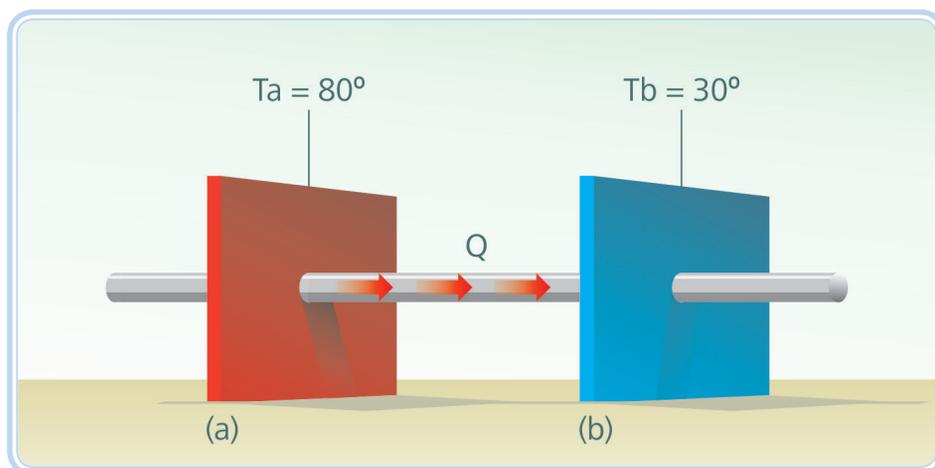


Figura 6.5: Condução do calor, onde a temperatura T_a (objeto "a") é maior do que T_b (objeto "b") e Q representa o sentido do fluxo

Fonte: CTISM

O mecanismo denominado condução é caracterizado pela passagem do calor entre dois objetos em contato, ocorrendo do material que apresenta maior temperatura para o de menor temperatura. Quando nesta situação as temperaturas dos objetos se igualarem, temos o equilíbrio térmico.

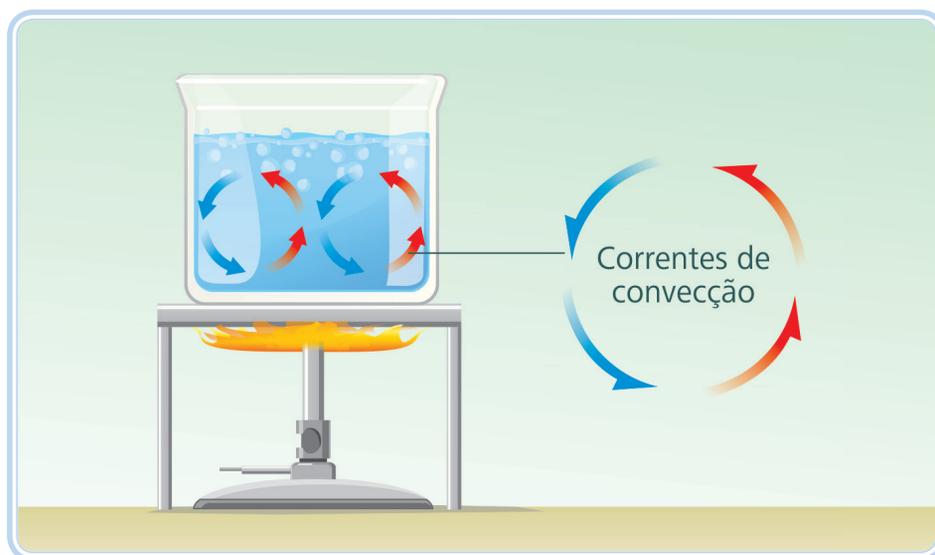


Figura 6.6: Convecção do calor, a setas vermelhas representam o fluido quente e as azuis o fluido frio

Fonte: CTISM



Para saber mais sobre metabolismo energético, acesse: <http://www.brasilecola.com/biologia/metabolismo-celular.htm>

<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica.php>

<http://www.bayerdiabetes.com.br/diabetes/insulina/>

http://www.fmrp.usp.br/revista/1998/vol31n1/determinacao_metabolismo_energetico.pdf

Na convecção, as trocas térmicas que ocorrem entre os corpos se dão por movimentação de fluidos (líquidos ou gases), que no caso dos ambientes de trabalho é o ar. De início, a troca acontece por um corpo aquecido que perde calor para o ar próximo. Este ao receber calor, aumenta sua temperatura tornando o fluido (ar) mais leve (menos denso). Com isso, surge um movimento ascendente deslocando-se, recebendo um novo volume de ar frio que o substitui. O ar aquecido é levado para corpos mais distantes, carregando consigo o calor recebido.

Na radiação, o calor se propaga sem a necessidade de ter um meio material. Neste, um corpo aquecido emite radiação infravermelha para os corpos que estão a uma temperatura menor. O calor que é transportado por este meio é denominado calor radiante.

A troca de calor por evaporação resulta na diminuição da temperatura da pele, que surge devido a mudança de fase (líquido para vapor) do suor produzido.

Então, o balanço de energia homeotérmico depende destes mecanismos, ocorrendo o equilíbrio térmico quando o $Q = 0$. Nas condições onde temos $Q > 0$, temos a possibilidade de ocorrer um hipertermia e para $Q < 0$, a hipotermia.

A hipertermia é uma elevação anormal da temperatura do corpo, quadro grave que pode levar a morte, onde o sistema termorregulador de temperatura localizado no hipotálamo, não apresenta mais o controle frente as diferenças de temperatura. Quando envolve a exposição ocupacional ao calor, a hipertermia pode ser consequência de uma sobrecarga térmica, na qual a carga térmica a que o trabalhador está exposto é suficiente para se ter o esgotamento completo do organismo para manter o equilíbrio térmico por meio de vasodilatação e sudorese. Além disso, outros problemas de saúde tais como câimbras, exaustão do calor, desidratação e choque térmico podem acometer a pessoa. A primeira, tem sintomas caracterizados por contrações e espasmos nos músculos que devido a sudorese ocorre a diminuição de cloreto do sódio (NaCl) do organismo. A segunda é causada pela vasodilatação como reação do organismo em altas temperaturas, acompanhada por baixa pressão arterial com perda de sais e de água sendo insuficiente o suprimento de sangue enviado ao cérebro, apresenta como sintomas sinais de fraqueza, mal-estar e tontura. A terceira age diminuindo o volume de sangue, causando a exaustão do calor. A quarta, doença na qual a temperatura do núcleo do corpo atinge valores que podem comprometer a vida do trabalhador, afetando a vitalidade dos tecidos e órgãos.

Usando a equação de equilíbrio (Equação 6.2), para você entender e visualizar melhor uma condição de sobrecarga térmica, ocorreria de modo que as taxas de calor produzido e recebido pelo corpo através da pele são maiores do que o calor perdido durante a evaporação do suor.

Equação 6.2

$$E < M + C + REq$$

Na exposição ocupacional ao calor, o que se analisa são as condições de trabalho com a possibilidade de sobrecarga térmica, típicas de ambientes industriais muito quentes, nos quais são desenvolvidos trabalhos pesados (com altas taxas metabólicas) como em metalúrgicas, siderúrgicas, padarias, fundições e locais com a presença de fontes de radiação (fornos de uma indústria de vidros, por exemplo).

Na exposição ao frio, a manutenção da temperatura do núcleo do corpo ocorre através do decréscimo da perda de calor (vasoconstrição) para preservar o funcionamento dos órgãos internos; aumento da produção de calor, quedas da frequência cardíaca, da pressão arterial e da taxa metabólica, desencadeando um tremor incontrolável para produzir calor. Esta perda pode se tornar mais significativa quando o corpo está imerso em água fria ou com a exposição a ambientes de baixas temperaturas com ventos fortes onde o trabalhador está usando vestimenta úmida.

Os problemas de saúde que podem ocorrer na presença do frio ocupacional podem ser divididos em lesões congelantes e não-congelantes. Nesta última, enquadra-se a hipotermia, que ocorre quando a temperatura do núcleo do corpo atinge valores abaixo de 35°C, fazendo com que o organismo seja incapaz de repor a perda de calor para o ambiente.

Existe a queimadura por frio, onde a exposição prolongada ao frio úmido pode gerar na pele um inchaço acompanhado de uma tonalidade avermelhada com aquecimento local podendo ter formigamento e adormecimento, com localização da lesão no dorso dos pés e das mãos. A perniose é a forma mais severa de queimadura por frio, na qual escaras escuras localizam-se no dorso dos pés e das mãos e, associado a isso, muitas dores.

Existem, também, os pés-de-trincheira ou pés-de-imersão, cuja causa é a exposição por muito tempo a água fria, afetando os pés, apresenta 3 (três) estágios: o primeiro é o isquêmico, área lesionada se apresenta inchada,

adormecida, branca e fria, o segundo é o hiperêmico, a lesão apresenta vesículas e ulcerações e o terceiro estágio, é o pós-hiperêmico com dormência, prurido, pele com tonalidade cinza ou escura. Já das lesões congelantes, a que merece grande atenção na segurança do trabalho é a frosbite (congelação), congelamento de caráter irreversível dos tecidos de áreas periférica (tais como: nariz, dedos, orelhas, etc.) com vesículas profundas e hemorrágicas e formação de necrose, podendo causar gangrena seca com posterior auto-amputação.

6.3 Fatores influentes nos mecanismos de trocas térmicas

Na higiene ocupacional, os fatores mais comuns de se estudar nas avaliações de sobrecarga térmica e que interferem nas trocas térmicas, são as cinco seguintes:

- A temperatura do ar.
- A velocidade do ar (dependendo do caso, pode ser o vento).
- A umidade relativa do ar.
- O calor radiante.
- Tipo de atividade.

6.3.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar vai mostrar a influência da troca de calor do corpo humano com o ambiente. A medida pode ser feita com um termômetro de bulbo seco (tbs), termopares, termorresistências. Quando a informação do equipamento fornecer uma temperatura 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.

6.3.2 Umidade relativa do ar

A umidade é um conceito diretamente relacionado com a quantidade de vapor d'água contida em uma quantidade de ar. Entretanto, 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. Pode ainda definir-se como a relação entre a pressão parcial de vapor de água e a pressão de saturação do vapor de água. O instrumento para a medição de sua influência é o termômetro de bulbo úmido natural. Este instrumento, cujo

elemento que apresenta sensibilidade ao calor é o bulbo (igual ao termômetro de bulbo seco), mede a temperatura com que a água evapora no ar, dotado de uma cobertura formada por uma mecha (pavio) de pano limpo, de cor branca, composta por um tecido de algodão com alto poder de absorção de água e molhado com **água destilada**.

Já para você aferir a umidade relativa do ar é necessário ter a informação da temperatura ambiente que pode ser feita pela leitura no termômetro de bulbo seco (tbs) e a do termômetro de bulbo úmido (tbn). Com estes dados, entramos na carta psicrométrica e obtém-se a leitura da umidade relativa.

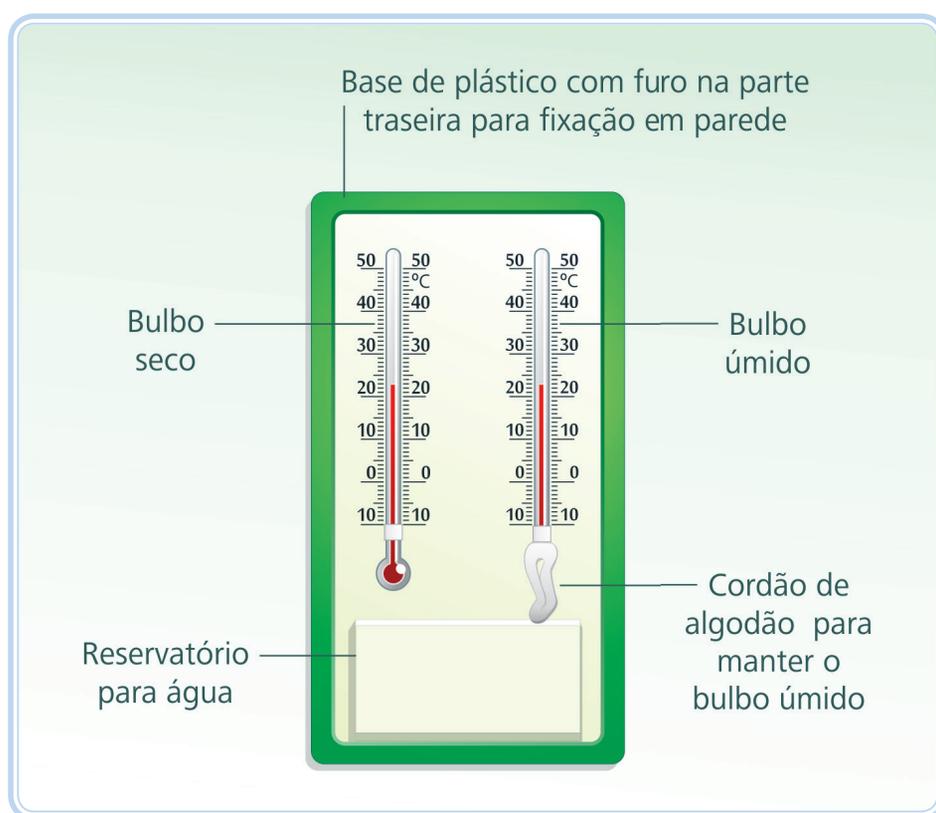


Figura 6.7: Psicrômetro: o instrumento do lado esquerdo é termômetro de bulbo seco e o da direita é o de bulbo úmido

Fonte: CTISM

A umidade relativa influi na troca térmica que ocorre entre o organismo humano e o meio ambiente pela evaporação. Ou seja, de acordo com o valor da umidade relativa, a perda de calor por evaporação poderá ser maior ou menor, pois esta é uma função da pressão de vapor d'água do meio ambiente (que depende da temperatura ambiente e da quantidade de água existente na atmosfera) juntamente com a pressão de vapor existente na superfície da pele.

A-Z

água destilada

Água purificada por um processo de destilação com o intuito de eliminar impurezas (sais e outros compostos) que possam estar dissolvidos.



Para saber mais sobre água destilada, acesse: <http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/obtencao-agua-destilada.htm>

http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua_destilada

A diferença entre as leituras pode nos dar um indicativo de que a umidade relativa está alta ou baixa. Quanto mais próximo a medida de temperatura no bulbo úmido for da lida para o do bulbo seco, mais alta será a umidade relativa, estabelecendo a saturação (umidade relativa de 100%) quando ambas forem iguais. Nesta condição a troca de calor por evaporação torna-se difícil. Reciprocamente, quando as leituras apresentam valores de temperatura cada vez mais distantes, tem-se a presença de baixa umidade relativa.

6.3.2.1 Psicrometria – estudo da carta psicrométrica

A psicrometria tem como objetivo estudar as propriedades físicas e termodinâmicas do ar seco bem como as do vapor d'água que estão presentes no ar úmido, usando estas propriedades para analisar as condições e processos envolvendo o ar úmido (ASHRAE, 2001). Até o momento, entende-se por ar seco como uma mistura de gases formada por diversos componentes, conforme mostra em valores aproximados no Quadro 6.1. Já o ar úmido pode ser entendido como uma mistura binária entre o ar seco e o vapor d'água.

Quadro 6.1: Ar seco

Componente	Concentração (%volume)
Nitrogênio	78,084
Oxigênio	20,9476
Argônio	0,934
Dióxido de carbono	0,0314
Neon	0,001818
Hélio	0,000524
Metano	0,00015
Dióxido de enxofre	0 a 0,0001
Hidrogênio	0,00005
Criptônio, xenônio e ozônio	0,0002

Fonte: ASHRAE, 2001

Algumas das propriedades termodinâmicas do ar podem ser determinadas com o uso da carta psicrométrica, conforme apresenta a Figura 6.8, como **entalpia de saturação**, **volume específico**, **temperatura de orvalho**, **fator de calor sensível** e **conteúdo de umidade**. Porém, as que serão de maior uso para avaliação de exposição ocupacional ao calor, frio e inclusive para conforto térmico para você, que está estudando no curso técnico em segurança do trabalho, será a temperatura de bulbo seco (tbs), a temperatura de bulbo úmido (tbu) e a umidade relativa do ar (UR). As outras que foram mencionadas são motivos para estudo em cursos de engenharia e arquitetura.

A-Z

entalpia de saturação

Esta representa uma quantidade de energia que contém no ar úmido, em relação a 1 kg de ar seco.

volume específico

Este é definido como o volume ocupado por uma massa de 1 kg de ar seco. O seu valor inverso nos informa a massa específica (densidade) do ar seco.

temperatura de orvalho

Esta é a temperatura onde o ar ao sofrer resfriamento inicia um processo de condensação.

fator de calor sensível

Razão entre o calor sensível e o calor perdido em um processo.

conteúdo de umidade

Massa de vapor d'água espalhada (que está dispersa) em 1 kg de ar seco.

Na carta psicrométrica (Figura 6.8), as curvas traçadas com a cor azul representam umidade relativa do ar, cada uma com o seu respectivo percentual. Com a cor laranja, cada uma, representa uma temperatura de bulbo úmido e com a cor verde, as retas verticais que caracterizam a temperatura de bulbo seco.

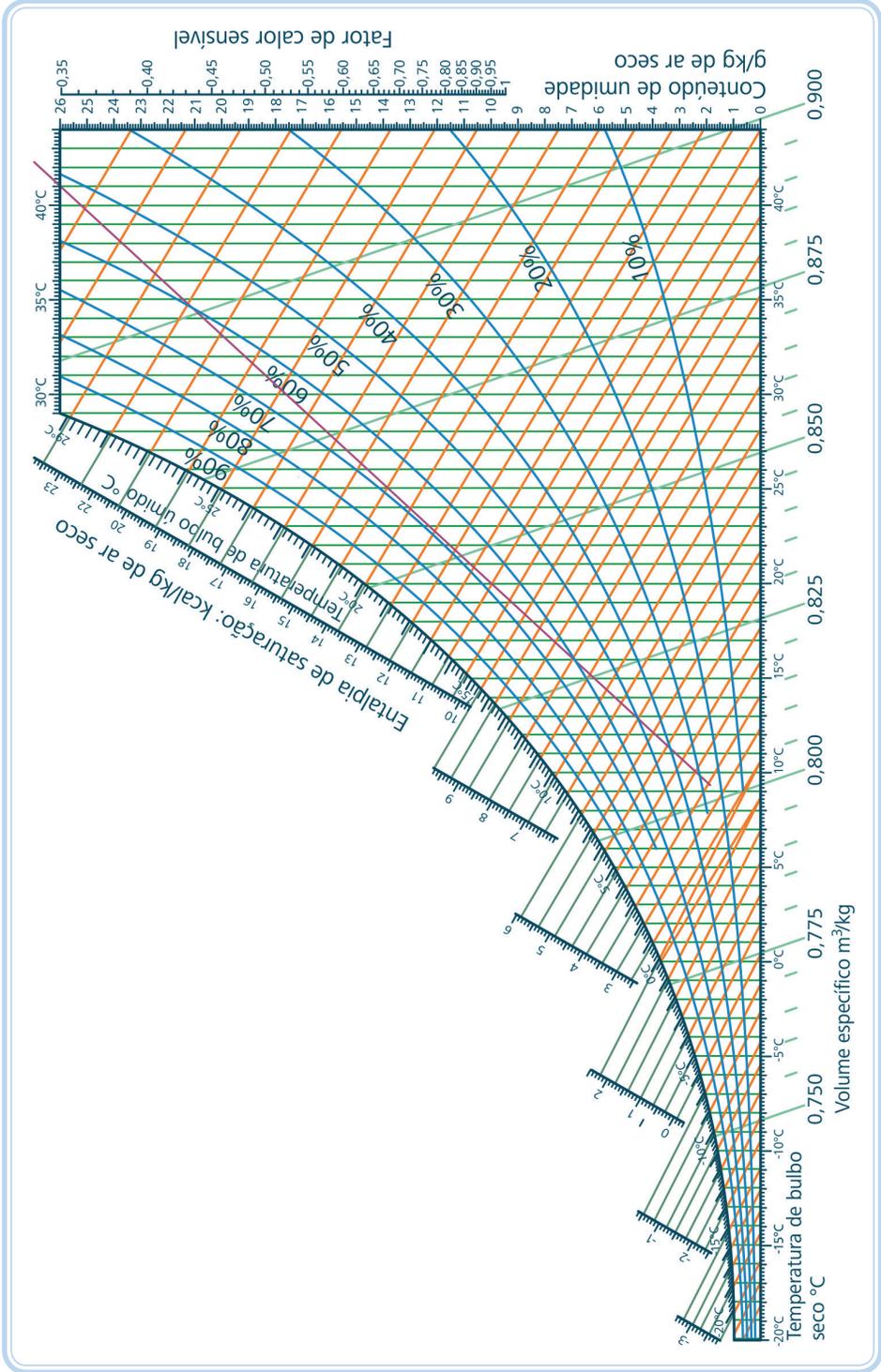


Figura 6.8: Carta psicrométrica
 Fonte: CTISM



Esta carta psicrométrica tem validade somente para ambientes cuja pressão atmosférica é de 1 atm ou 1,033 kgf/cm².

Para você entender melhor, vamos fazer um exercício resolvido. Em Santa Maria, RS, a temperatura ambiente (tbs) está em torno de 30°C. A temperatura de bulbo úmido (tbu) está marcando 22°C. Qual será a umidade relativa do no local onde foi realizada a medida?

Solução e demonstração dada na Figura 6.9.



Para saber mais sobre psicrometria, acesse:
<http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c5/Cartapsicometrica.swf>
<http://www2.pucpr.br/educacao/1st/psicrometria.html>

Primeiro, encontre na carta psicrométrica, o valor e a reta que representa a temperatura de bulbo seco de 30°C que está escrita pela reta "A".

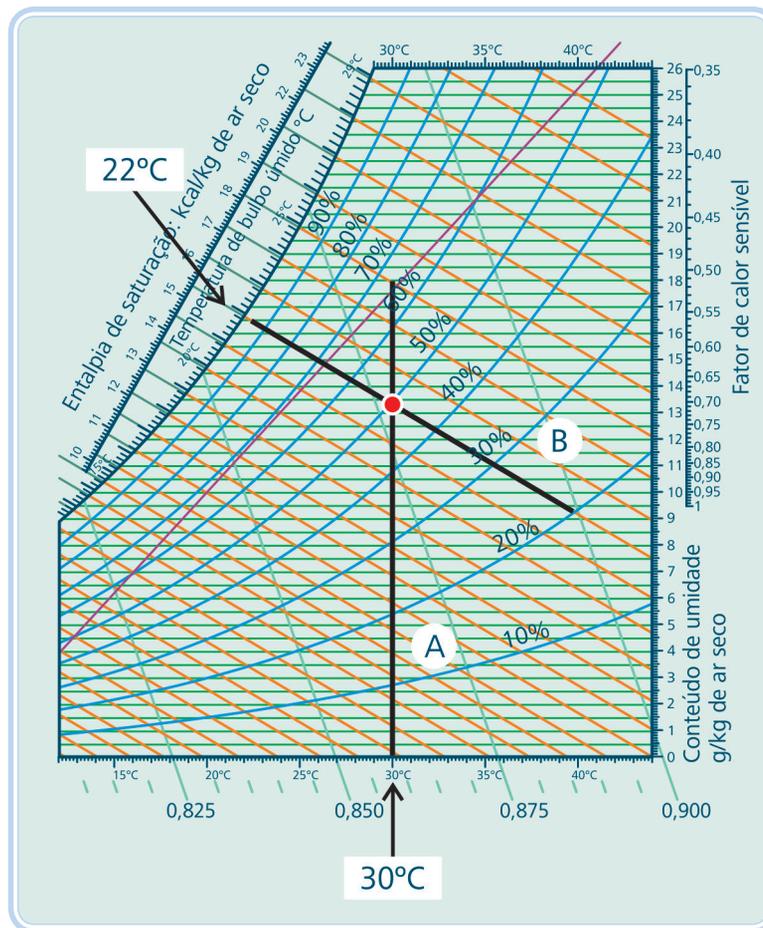


Figura 6.9: Exemplo de obtenção da umidade relativa do ar

Fonte: CTISM

Com a reta de tbs já traçada, o segundo passo é você encontrar o valor correspondente a temperatura de 22°C, que representa a temperatura de bulbo úmido, escrita na carta pela reta "B".

Com as retas “A” e “B” traçadas, você pode notar que há um ponto de intersecção entre as mesmas, representado na carta com a cor vermelha. Neste, verifica-se em qual curva de umidade relativa do ar este ponto se encontra.

O ponto de intersecção está sobreposto num local próximo da curva de umidade de 50%. O que nos leva a concluir que a umidade relativa do ar em Santa Maria está entre 49 a 50 %.

6.3.3 Velocidade do ar

A velocidade do ar é a responsável por aumentar a troca térmica entre o corpo e meio 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. Existem também aqueles que medem a velocidade do ar, mas com opção de medir a temperatura e a umidade relativa, denominados termohigroanemômetros.



Figura 6.10: Equipamento do tipo termohigroanemômetro

Fonte: CTISM

6.3.4 Calor radiante

O calor radiante é a energia emitida pelos corpos aquecidos procedente de fontes de radiação infravermelha. Em higiene ocupacional verifica-se a sua influência pela medida de temperatura de globo (tg). O instrumento usado para essa medida é o termômetro de globo (Figura 6.11), equipado por uma esfera de cobre com diâmetro de 152,4 mm e 1 mm de espessura, pintada no lado externo de preto fosco. Apresenta uma abertura na direção radial onde na mesma complementa-se um pequeno tubo de 25 mm de comprimento e 18 mm de diâmetro para a introdução de um termômetro cuja posição do bulbo deve estar internamente centralizada na esfera.

Na análise e estudo de exposição ao calor, esse fator não pode ser desprezado por contribuir com significância para elevação de uma sobrecarga térmica (SPINELLI, 2006).



Figura 6.11: Termômetro de globo

Fonte: CTISM

6.3.5 Tipo de atividade

A classificação da atividade do trabalhador pode ser feita medindo a taxa metabólica do trabalhador enquanto realiza um trabalho, através do consumo de ar, geração de dióxido de carbono e o número de batimentos cardíacos. São medições que se tornam difíceis de efetuar diretamente no trabalho, pois ainda não temos a disposição de equipamento e a sua exigência por parte da legislação brasileira.

A análise da atividade física do trabalhador em uma avaliação de exposição ocupacional ao calor, por exemplo o calor produzido pelo metabolismo constitui uma parte do total de ganho de calor pelo organismo do trabalhador quando este permanece em ambiente quente.



Para saber mais sobre
NHO 06, acesse:
<http://mcaf.ee/h9gul>

Opta-se por estimar a taxa metabólica, através de tabelas disponíveis na literatura e na legislação. Para você entender melhor, no Quadro 6.2, encontra-se algumas atividades físicas com sua respectiva taxa metabólica, disponível na Norma de Higiene Ocupacional nº 6, publicada pela FUNDACENTRO, em 2002.

Tabela 6.2: Taxa metabólica por tipo de atividade (parte do Quadro 01 da NHO 06)

Atividade	Taxa metabólica (kcal/h)*	Taxa metabólica (W/m²)**
Sentado		
Em repouso	90	58
Trabalho leve com as mãos (exemplo: escrever, datilografar, etc.).	105	68
Trabalho moderado com as mãos e braços (exemplo: desenhar, trabalho leve de montagem, etc.)	170	110

*Taxa metabólica definida por um homem-padrão (possui área superficial de pele de 1,8 m²).
 **Relação matemática de conversão para um homem-padrão na qual 1 kcal/h é igual a $0,859107 \times 1,8 \text{ m}^2$.

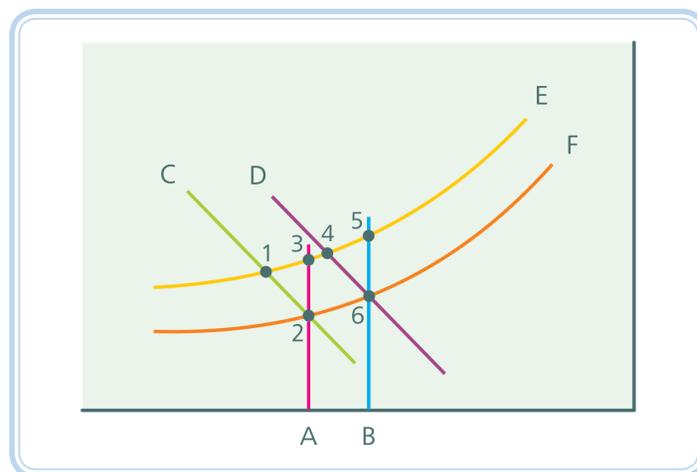
Fonte: Adaptado de NHO 06, 2002

Resumo

Nesta aula, você estudou a parte inicial do estudo de temperaturas extremas, onde foram abordados assuntos relacionados a mecanismos de troca térmica e seus fatores de influência, bem como a importância de se ter o conhecimento sobre os seus efeitos no organismo. Vale lembrar que você deve ter prestado atenção sobre a influência da umidade relativa do ar como um fator de análise especial na estimativa da temperatura de bulbo úmido, e constatará na aula seguinte, a sua importância na verificação de uma insalubridade.

Atividades de aprendizagem

1. Usando uma carta psicrométrica hipotética a seguir (Exercício 6.1), analise as afirmativas e assinale a alternativa correta.



Exercício 6.1: Carta psicrométrica hipotética

Fonte: CTISM

I - As retas A e B representam a temperatura ambiente cujo valor da mesma aumenta de baixo para cima.

II - As retas C e D representam medidas de temperatura de bulbo úmido.

III - Os pontos 4, 5 e 6 apresentam a mesma temperatura de bulbo úmido.

IV - As curvas E e F representam a umidade relativa do ar, com maior valor desta medida em F.

V - O ponto 1 apresenta temperatura de bulbo seco maior que a do ponto 3.

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

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

2. Relacione as colunas:

- | | |
|--------------------|---|
| (1) Condução | () Estuda as propriedades físicas do ar. |
| (2) Convecção | () Está relacionado ao tipo de atividade. |
| (3) Evaporação | () Mudança de fase que reduz a temperatura. |
| (4) Radiação | () Consequência de frio extremo. |
| (5) Hipotermia | () Calor cedido por corpos em contato. |
| (6) Metabolismo | () Troca térmica por mudança de fase. |
| (7) Psicrometria | () Ocorre pela diferença entre densidades de gases ou vapores. |
| | () Usada para se coletar a umidade relativa do ar. |
| | () Troca de calor por meio de fluidos em movimento. |
| | () Calor recebido por raios infravermelhos. |

Aula 7 – Avaliação da exposição ocupacional ao calor e ao frio

Objetivos

Aprender sobre os limites de tolerância na exposição ao calor e ao frio, bem como mecanismos de controle.

7.1 Calor

Neste tópico, você vai estudar os parâmetros usados na avaliação do calor com o intuito de verificar sob os pontos de vista prevencionista e da legislação brasileira a exposição a este agente físico que pode gerar ao longo do tempo de trabalho uma sobrecarga térmica, assim como, o estudo de conforto térmico em ambiente de trabalho.

Na visão prevencionista, você como técnico em segurança do trabalho deve estudar a Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) e estudos atualizados da ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*). Já pela legislação, a avaliação deve ser concentrada na caracterização de insalubridade térmica, não podendo serem ultrapassados os limites de tolerância estabelecidos no Anexo 3 da Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres.

O grau considerado de insalubridade ao trabalhador exposto ao calor é médio e adicional de 20 % (NR 15, 1978a).

7.2 Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06)

Esta é uma norma de referência técnica oficial e visa estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação de exposição ocupacional ao calor, que possa acarretar sobrecarga térmica ao trabalhador e que represente, como consequência, uma probabilidade em potencial de gerar danos a saúde do trabalhador. Todas as Normas de Higiene Ocupacional são elaboradas pela FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho) instituição de pesquisa vinculada ao Ministério do Trabalho e Emprego.



Para saber mais sobre as normas de higiene ocupacional, acesse:
<http://www.fundacentro.gov.br/>

<http://portal.mte.gov.br/legislacao/>

É importante que fique bem claro para você que esta se aplica a avaliação de exposição ocupacional e não estando associada a estudos de conforto térmico. Esta pode ser usada para avaliar a ocupação em ambientes internos e externos, com ou sem carga de energia solar.

7.2.1 Definições básicas

Neste capítulo você tem a disposição as definições de termos que são usados em procedimentos de avaliação do calor, coletados e adaptados da NHO 06 (2001).

Ciclo de exposição – estes são definidos como o conjunto de situações ao qual o trabalhador é submetido, conjugado as atividades físicas por ele desenvolvidas, em sequência definida, e que se repete de forma contínua no decorrer da jornada de trabalho.

Situação térmica – esta se refere a cada parte do ciclo de exposição onde as condições do ambiente que interferem na carga térmica a qual o trabalhador está exposto podem ser consideradas estáveis.

Para você entender melhor estas definições, considere o seguinte exemplo:

Uma empresa apresenta uma sala reservada para um equipamento do tipo caldeira para a produção de vapor. Este funciona à base da queima de lenha. A situação térmica representa a condição térmica baseada em medidas estabilizadas de temperatura onde o trabalhador se encontra exposto, concomitante com a sua atividade. Então, temos neste exemplo, em ST 1 uma situação térmica onde o trabalhador executa a tarefa de carregamento de lenha em um carrinho e o leva para a fornalha da caldeira em ST 2. Preenchida, espera a queima em um escritório aclimatado em ST 3, com repetição do ciclo. Cada uma delas tem uma condição térmica específica pelas suas temperaturas medidas e o tipo de atividade. A união destas situações será o ciclo de exposição. No Quadro 7.1 e na Figura 7.1 você encontra a visualização deste exemplo.

Quadro 7.1: Dados do exemplo

Situação térmica	Atividade	tbs (°C)	tg (°C)	Ciclo de exposição
ST 1	Carregamento de lenha	28	32	
ST 2	Carregamento da fornalha	33	40	
ST 3	Espera efetuar a queima no escritório	23	25	

A jornada se repete, quando é necessário reposição de lenha na fornalha.

Fonte: Autores

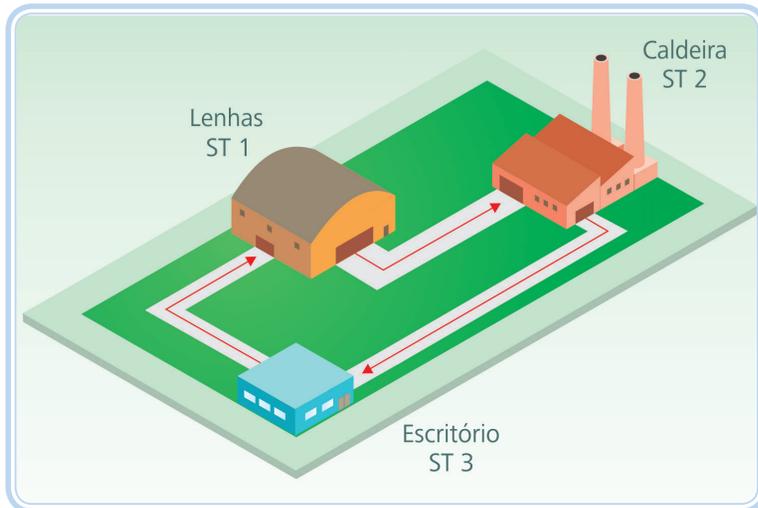


Figura 7.1: Esquemática do ciclo de exposição

Fonte: CTISM

Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG) – é definido como um índice de sobrecarga térmica obtido por uma equação matemática, onde se estabelece uma relação entre as temperaturas de bulbo úmido “natural” (tbn), temperatura de bulbo seco (tbs) e a temperatura de globo (tg) e sua dependência com a existência de carga solar. Suas expressões são:

Ambientes internos ou externos sem carga solar	Ambientes externos com carga solar
Equação 7.1	Equação 7.2
$IBUTG = 0,7 tbn + 0,3 tg$	$IBUTG = 0,7tbn+0,1tbs+0,2tg$

Onde: tbn = temperatura de bulbo úmido natural
 tg = temperatura de globo
 tbs = temperatura de bulbo seco

Lembre-se

As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo Médio (\overline{IBUTG}) – média ponderada no tempo dos diversos valores de IBUTG, obtidas em um intervalo de tempo de 60 minutos. Este cálculo é fornecido pela Equação 7.3.

Equação 7.3

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

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

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

IBUTG_i = índice de bulbo úmido e termômetro de globo da situação térmica “i”

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 num tempo de 60 min. Isto é, por mais que o trabalhador execute suas atividades em uma jornada de 8 horas somente 60 minutos desta jornada que são usados no cálculo da exposição. Para a análise, se verifica todas as condições de sobrecarga térmica e se seleciona as mais desfavoráveis, sendo analisado para escolha o par “situação térmica” e “atividade física”, a primeira considerando parâmetros (temperaturas) ambientais e a segunda a taxa metabólica gasta no trabalho.

Ponto de medição – ponto físico escolhido para o posicionamento do dispositivo de medição onde serão obtidas as leituras representativas da situação térmica objeto de avaliação.

Neste, estamos nos referindo a fixação do equipamento para o monitoramento do IBUTG para a respectiva situação térmica. Coloca-se o equipamento em um tripé como mostra a Figura 7.2 e se posiciona no local onde seria a região mais atingida no trabalhador.



Figura 7.2: Monitor de estresse térmico (IBUTG)

Fonte: CTISM

Grupo homogêneo de exposição – corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam uma exposição semelhante, tanto do ponto de vista das condições ambientais como das atividades físicas desenvolvidas, de modo que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõe o mesmo grupo.

Taxa metabólica média – média ponderada no tempo das taxas metabólicas, obtidas em um intervalo de tempo de 60 minutos corridos.

Equação 7.4

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

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

Onde: \bar{M} = taxa metabólica média ponderada no tempo, em kcal/h

M_i = taxa metabólica da atividade "i", em kcal/h

Para a classificação das atividades e posterior coleta de dados referentes a taxas metabólicas a NHO 06 fornece um quadro para diversas atividades, mostrado no Quadro 7.2, as que não se encontram nesta parcela trata-se de atividade que podem ser realizadas de pé e em movimento. Esta norma

prevencionista, fornece a você outras taxas metabólicas para atividades típicas que se encontram no Anexo “A” da mesma. Nela, você tem as taxas para pessoas transportando carga, assentamento de tijolo, alto-forno, moldagem mecanizada, etc. além de outras tabelas que estão disponíveis para você estudar.

Quadro 7.2: Taxa metabólica por tipo de atividade (parte do Quadro 01 da NHO 06)

Atividade	Taxa metabólica (kcal/h)*	Taxa metabólica (W/m²)**
Sentado (continuação do Quadro 6.2)		
Trabalho pesado de mão e braços (exemplo: bater pregos e limar).	210	136
Trabalho moderado de braços e pernas (exemplo: dirigir ônibus ou caminhar em trânsito urbano).	215	139
Em pé		
Em repouso	115	74
Trabalho leve em máquina ou bancada principalmente braços	150	97
Trabalho leve em máquina ou bancada com alguma movimentação	175	113
Trabalho moderado de braços e troncos (exemplo: limar, passar a ferro, bater pregos)	225	146
Trabalho pesado de braços e troncos (exemplo: corte manual com serrote ou serra)	365	236
*Taxa metabólica definida por um homem-padrão (possui área superficial de pele de 1,8 m²).		
**Relação matemática de conversão para um homem-padrão na qual 1 kcal/h é igual a 0,859107 × 1,8 W/m².		

Fonte: Adaptação de NHO 06, 2002

Limite de exposição (limite de tolerância) – valor máximo de \overline{IBUTG} , relacionado a taxa metabólica média que representa as condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, durante toda a sua vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos a saúde.

Quando analisamos a sobrecarga térmica, os limites de tolerância são em valores máximos de \overline{IBUTG} aceitáveis. Após a estimativa do metabolismo, verifica-se no Quadro 7.3 a sua posição e o \overline{IBUTG} aceitável para este. Se o \overline{IBUTG} for maior, o trabalhador está exposto a uma condição de trabalho insalubre e, portanto, poderá adquirir algum problema de saúde relativo a exposição ao calor.

Quadro 7.4: Limite de exposição ocupacional ao calor (parte do Quadro 2 da NHO 06)

\overline{M} (kcal/h)	\overline{IBUTG} MAX ($\overline{IBUTG}_{\text{MÁXIMO ADMISSÍVEL}}$) (°C)
125	32,0
128	31,9
132	31,8
136	31,7
139	31,6

Fonte: Adaptado da NHO 06, 2002

7.3 Anexo 3 da Norma Regulamentadora nº 15

A Norma Regulamentadora nº 15, que trata da Atividade e Operações Insalubres, em seu Anexo 3, apresenta os limites de tolerância para exposição ao calor. Com esta, você vai realizar o estudo para fins de insalubridade térmica (*stress* térmico) sob a visão da legislação.

Na avaliação, você pode fazer o uso de instrumentos eletrônicos com o uso de sensores para as medidas de temperatura que influenciam na determinação do IBUTG, por mais que se tenha em seu item 2 a seguinte transcrição:

“2. Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum.” (NR 15, 1978).

Esta possibilidade está regulamentada pela FUNDACENTRO, que menciona com a seguinte transcrição parcial da seção 5.2.2, que trata do conjunto não convencional para a determinação do IBUTG, da NHO 06:

É permitido o uso de equipamento eletrônico para a determinação da IBUTG, ou outros dispositivos para a medição da temperatura de globo, bulbo úmido natural e de bulbo seco, desde que, para quaisquer condições de trabalho avaliadas, apresentam resultados equivalentes aos que seriam obtidos com a utilização do conjunto convencional. (NHO 06, 2002).

O procedimento técnico de avaliação, como critérios para amostragem, escolha das situações térmicas desfavoráveis, condições para o uso e utilização de instrumentos deve ser obedecido o que está estabelecido para NHO 06, independente se o estudo tem finalidade para prevenção ou caracterização de insalubridade (legislação). Já para este último, obrigatoriamente, você deve adotar os limites de tolerância do Anexo 3, da NR 15, tendo a informação no início da estimativas do metabolismo e do IBUTG, se o trabalhador tem períodos de descanso no próprio local de trabalho ou não, como estão explicados nos casos 01 e 02 apresentados a seguir.

As expressões matemáticas usadas para calcular o IBUTG, tanto para ambientes com ou sem carga solar, são exatamente as mesmas da NHO 06. Já apresentadas para você nas Equações 7.1 e 7.2.

Caso 01

Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de trabalho. Estes limites estão apresentados no Quadro 7.4 deste material.

Uma aplicação desta situação ocorre quando, por exemplo, um trabalhador carrega uma fornalha com lenha e ao fechar o compartimento da mesma espera a queima ser feita no local, observando indicadores de temperatura interna do equipamento e controlando pressão.

Esta espera é considerada período de descanso, mas também como exercício do trabalho, inclusive para fins legais.

Para este caso podemos realizar o seguinte procedimento:

Tenha as informações coletadas dos instrumentos de medição e classificação do tipo de atividade, que pode ser obtida pela consulta ao Quadro 7.6.

Calcula-se o IBUTG utilizando-se a Equação 7.1.

Em seguida, como função do IBUTG obtido, o regime de trabalho intermitente será definido pelo Quadro 1 do Anexo 3 da NR 15 (Quadro 7.4). Caso o regime de trabalho seja superior ao estabelecido no Quadro 7.4 a exposição será considerada insalubre.

Para você entender melhor, vamos fazer um exercício:

Um trabalhador ao produzir travessas de vidro fica exposto constantemente (trabalho contínuo) a seguinte situação: $t_{bn} = 22^{\circ}\text{C}$ e $t_g = 43^{\circ}\text{C}$. Esse trabalhador executa atividades moderadas de limpeza da matriz. A exposição é insalubre? Em caso afirmativo, qual a jornada que deve ser recomendada pelo técnico em segurança do trabalho?

Solução

Pelos dados fornecidos percebe-se que a atividade é executada em um ambiente interno (sem carga solar). Então será usada a Equação 7.1:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \times 22^{\circ}\text{C} + 0,3 \times 43^{\circ}\text{C} = 28,3^{\circ}\text{C}$$

Como a atividade é considerada na questão como moderada e o serviço é feito de maneira contínua, o limite de tolerância aceito é de no máximo até 26,7°C de IBUTG. Extraído da coluna “Moderada” e da linha “Trabalho contínuo” do Quadro 1 da NR 15, mostrado neste material no Quadro 7.4.

O valor do IBUTG calculado está maior do que o limite de tolerância (28,3°C > 26,7°C). Portanto, este trabalho é considerado insalubre.

A resposta foi afirmativa. Agora, para sabermos o tempo de trabalho mais adequado, basta conferir no Quadro 7.4 em qual jornada o valor de 28,3°C se enquadra para as faixas de IBUTG fornecidas para a atividade moderada. Como este valor está entre 28,1 e 29,4, o regime de trabalho necessário para não acarretar em insalubridade é de 30 minutos de trabalho e 30 minutos de descanso.

Quadro 7.4: Quadro 1 do Anexo 3 da NR 15

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: Brasil, 1978

Caso 02

Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso em outro local (local de descanso).

Uma aplicação desta situação ocorre quando, por exemplo, um trabalhador carrega uma fornalha com lenha e ao fechar o compartimento da mesma espera em um outro ambiente (um escritório, gabinete ou uma mesa que não esteja muito próxima da fornalha).

Para este caso, você deve considerar como local de descanso, aquele ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo uma atividade leve. Para fins legais, este tempo de descanso é considerado exercício do trabalho.

A diferença para este estudo com relação ao anterior, está no fato de considerar o descanso como uma situação térmica na qual devem ser aferidas as temperaturas no ambiente e classificar o metabolismo identificando suas taxas. Depois, calcular uma média ponderada para o IBUTG e o metabolismo.

Em função do metabolismo médio obtido, compara-se o médio calculado com o IBUTG máximo estabelecido no Quadro 7.5. Caso o médio calculado supere o valor do IBUTG máximo estabelecido no Quadro 7.5 a exposição será considerada insalubre.

Equação 7.6

$$\bar{M} = \frac{M_T \times t_T + M_D \times t_D}{t_T + t_D}$$
$$t_T + t_D = 60 \text{ minutos}$$

Onde: M_T = taxa de metabolismo no local de trabalho (Quadro 7.6)

t_T = soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho

M_D = taxa de metabolismo no local de descanso (Quadro 7.6)

t_D = soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso

Equação 7.7

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{\text{IBUTG}_T \times t_T + \text{IBUTG}_D \times t_D}{t_T + t_D}$$

Onde: IBUTG_T = valor do IBUTG no local de trabalho

IBUTG_D = valor do IBUTG no local de descanso

Os tempos E devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo $T_T + T_D$ igual a 60 minutos.

Para entender melhor vamos fazer um exercício:

Um trabalhador fica exposto junto a uma caldeira. Feita a avaliação no local de trabalho obteve-se os seguintes dados:

- 10 minutos carregando a lenha (atividade pesada).
- 05 minutos remexendo a lenha (atividade pesada).
- 15 minutos descansando em uma mesa observando (atividade leve).

Sabendo que esse ciclo se repete até o fim da jornada de trabalho, verifique se há insalubridade. Na avaliação da exposição, tivemos a informação de que as temperaturas são:

- No local de trabalho: $t_{bn} = 32^{\circ}\text{C}$ e $t_g = 47^{\circ}\text{C}$
- No local de descanso: $t_{bn} = 27^{\circ}\text{C}$ e $t_g = 28^{\circ}\text{C}$

Solução

Note que para este exercício o somatório dos tempos das atividades é de 30 minutos. Como na avaliação do calor o estudo deve ser feito com base em 60 minutos e ainda, temos a informação de que o ciclo se repete, devemos considerar dois ciclos para resultar em 60 minutos de jornada. Ou seja, teremos para a avaliação os tempos:

- 20 minutos carregando a lenha (atividade pesada).
- 10 minutos remexendo a lenha (atividade pesada).
- 30 minutos descansando em uma mesa observando (atividade leve).

Para resolver este exemplo, vamos considerar que as atividades pesadas se classificam no Quadro 7.6 como "Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (exemplo: remoção com pá)", com taxa metabólica de 440 kcal/h e na atividade leve, como "sentado, em repouso". Com isso, podemos calcular a taxa metabólica média ponderada para 60 minutos.

Organizando os dados, tem-se:

Carregando a lenha: $M_T = 440$ kcal/h, $t_T = 20$ minutos

Remexendo a lenha: $M_T = 440$ kcal/h, $t_T = 10$ minutos

Descansando: $M_D = 100$ kcal/h, $t_D = 30$ minutos

$$\bar{M} = \frac{M_T \times t_T + M_D \times t_D}{t_T + t_D}$$

$$\bar{M} = \frac{440\text{kcal/h} \times 20\text{min} + 440\text{kcal/h} \times 10\text{min} + 100\text{kcal/h} \times 30\text{min}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\bar{M} = 270 \text{ kcal/h}$$

Com a taxa calculada, ao verificarmos no Quadro 7.5, vemos que esta está na faixa entre 250-300 kcal/h. Então, adota-se o valor de 300 kcal/h por ser o valor maior para a obtenção do máximo IBUTG admissível. Neste caso, é o valor de $27,5^{\circ}\text{C}$.

Agora, parte-se para os cálculos do IBUTG (do local de descanso e do trabalho) e depois, para a estimativa da média ponderada para 60 minutos.

$$\text{IBUTG}_T = 0,7 \times 32^\circ\text{C} + 0,3 \times 47^\circ\text{C} = 36,5^\circ\text{C}$$

$$\text{IBUTG}_D = 0,7 \times 27^\circ\text{C} + 0,3 \times 28^\circ\text{C} = 27,3^\circ\text{C}$$

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{\text{IBUTG}_T \times t_T + \text{IBUTG}_D \times t_D}{t_T + t_D}$$

$$\overline{\text{IBUTG}} = \frac{36,5^\circ\text{C} \times 20\text{min} + 27,3^\circ\text{C} \times 30\text{min}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\overline{\text{IBUTG}} = 32,0^\circ\text{C}$$

O valor calculado é maior do que o máximo permitido pela NR 15 ($32,0^\circ\text{C} > 27,5^\circ\text{C}$), portanto, a atividade é insalubre.

Quadro 7.5: Máximos IBUTG para regime de trabalho intermitente para períodos de descanso em outro local (Quadro 2 do Anexo 3 da NR 15)

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

Fonte: Brasil, 1978

Para melhorar seus conhecimentos informamos você que a ACGIH prevê a utilização de fatores de correção para diversos tipos de vestimentas (índice Clo), do inglês *Clothing*, isto é, os valores de IBUTG serão reduzidos na medida em que as roupas utilizadas ofereçam menor proteção, não permitindo a evaporação do suor e sem fornecer isolamento térmico.

Quadro 7.6: Taxas de metabolismo por tipo de atividade (Quadro 3 do Anexo 3 da NR 15)

Tipo de atividade	kcal/h
Sentado em repouso	100
Trabalho leve	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (exemplo: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (exemplo: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150

Tipo de atividade	kcal/h
Trabalho moderado	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
Trabalho pesado	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (exemplo: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: BRASIL, 1978

7.4 Parâmetros de conforto térmico

Nesta seção, vamos estudar o que a literatura apresenta para ajudar a higiene ocupacional a melhorar as condições de conforto térmico nos ambientes de trabalho, assim como, as normas da legislação que devem ser seguidas para garantir o conforto.

Você pode entender o conforto térmico por diversas maneiras, entretanto, este estará relacionado a uma condição de bem-estar, na qual temos a influência de diversos fatores, entre eles, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, a velocidade do ar, a vestimenta que está sendo usada, o calor radiante, etc. que fizeram cientistas e pesquisadores a elaborarem estudos como modelos e metodologias que os combinassem em parâmetros para análise de conforto. Por ser uma sensação pessoal, este pode ser uma tarefa muito difícil porque sempre haverá pessoas que estão satisfeitas e insatisfeitas.

Entre os diversos parâmetros existentes na literatura, o que vamos estudar são: o índice de temperatura efetiva, o índice de temperatura efetiva corrigida, a temperatura radiante média e o índice de calor (*heat index*).

7.4.1 Índice de temperatura efetiva

Este é considerado um parâmetro para análise de conforto térmico que combina em um único valor a influência dos fatores climáticos, tais como: velocidade do ar, temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar na sensação térmica humana.

O índice de temperatura efetiva será a temperatura que irá produzir uma sensação semelhante a uma temperatura medida a uma umidade relativa do ar de 100% (ar saturado) e parado (IIDA, 2005). Com base nesta definição, podemos entender que um índice de temperatura efetiva de 20°C, é aquela temperatura que vai medir 20°C a uma umidade relativa de 100% com o ar parado.



Para saber mais sobre conforto térmico, acesse: http://www.engineeringtoolbox.com/predicted-mean-vote-index-PMV-d_1631.html

www.ufrgs.br/labcon/aulas_2009-1/Aula5_PMV_PPD.pdf

http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/385_Temperatura_ergo.pdf

<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/indexPublicacao.asp?Pagina=Publicacoes>

Este índice é exigido pela Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia, estabelecendo que nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as condições de conforto:

- Índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus Celsius) e
- Velocidade do ar não superior a 0,75 m/s e
- Umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

Para estimar o índice de temperatura efetiva é necessário medir a temperatura do ar ambiente (bulbo seco), medir a temperatura de bulbo úmido (ou, ter somente a informação da umidade relativa do ar) e a velocidade do ar (vento), inserindo-os no ábaco do índice de temperatura efetiva mostrada na Figura 7.3. Em seguida, se desenha uma reta entre os valores de temperatura (seco e úmido) e na intersecção da reta com a curva da velocidade do ar cria-se um ponto para verificação do índice de temperatura efetiva.

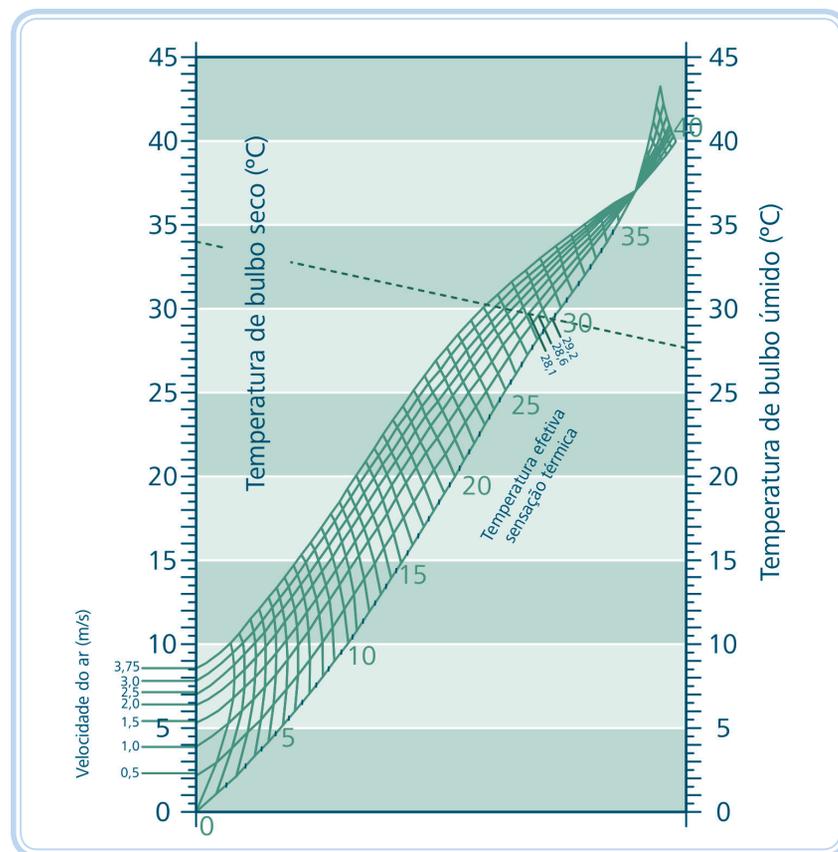


Figura 7.3: Ábaco do índice de temperatura efetiva para 1 (Clo)

Fonte: CTISM, adaptado de AUCILIEMS e SZOCOLAY, 2007

Para você entender melhor, vamos fazer um exemplo:

Em uma sala de aula, os alunos e o professor gostariam de saber qual seria o índice de temperatura efetiva. Com um psicrômetro, obtiveram uma temperatura de bulbo úmida de 20°C e a temperatura de bulbo seco marcada em 25°C. A velocidade do ar indicada no anemômetro era de 0 m/s.

Solução

- Marque no ábaco a temperatura de bulbo úmido (ponto no lado direito do ábaco).
- Marque no mesmo o valor da temperatura de bulbo seco (ponto no lado esquerdo).
- Construa uma reta que una os pontos mencionados acima e localize a curva referente a velocidade do ar de 0 m/s.
- Com a interceptação da reta traçada e da curva de 0 m/s, temos a localização do ponto sobre a reta que define a temperatura efetiva.

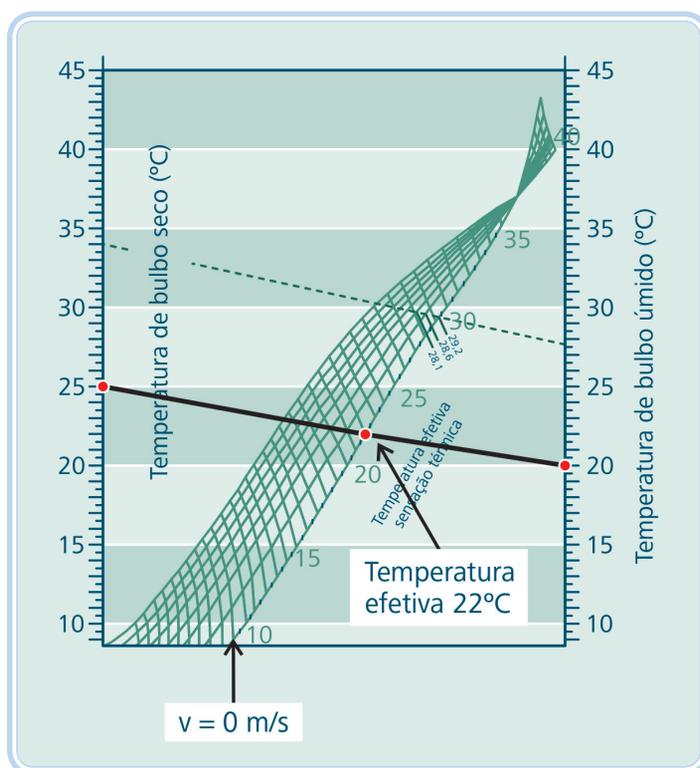


Figura 7.4: Determinação do índice de temperatura efetiva para a sala de aula

Fonte: CTISM

Para o exercício, podemos concluir que o ambiente é termicamente confortável, pois seu índice de temperatura efetiva está entre a faixa permitida pela NR 17 (20 e 23°C).

Antes da legislação brasileira adotar o IBUTG para efeito de definição de risco à saúde, a previdência social usava como limite de tolerância para a exposição ao calor o índice de temperatura efetiva de 28°C, acima deste valor a exposição era considerada insalubre.

7.4.2 Índice de temperatura efetiva corrigida

É uma temperatura mais precisa que a anterior, em razão de considerar num mesmo valor de temperatura a influência do calor radiante, com medida feita com o auxílio do termômetro de globo (tg). Para a sua estimativa, seguem-se os passos:

No ábaco do índice de temperatura efetiva, faça a substituição do valor da temperatura do ar (bulbo seco) pela temperatura de globo e use a medida de temperatura de bulbo úmido natural com o seu valor **corrigido**.

Vamos fazer um exercício para melhorar o seu entendimento.

Sabendo que em um ambiente de trabalho muito quente existe a presença de calor radiante, o técnico em segurança do trabalho detectou que a temperatura de globo (tg) é de 40°C, a tbs é de 30°C e a tbn é de 22°C. A velocidade do ar é 0 m/s. Qual será o índice de temperatura efetiva corrigida?

- a) Na carta psicrométrica, encontre a umidade relativa do ar, fazendo uso das medidas de temperatura de bulbo seco e úmido natural, onde o resultado deste exemplo é a intersecção indicada no ponto 1, da Figura 7.5 (resposta: umidade relativa de 50 %).
- b) Agora, mantenha a umidade relativa constante e use a medida de temperatura de globo no eixo da carta correspondente a tbs. Trace para cima uma reta que interceptará a curva de umidade relativa de 50% (formando o ponto 2). Em seguida, encontre um novo valor de tbn (este será a temperatura de bulbo úmido corrigida), este se encontra na carta no ponto 3 (tbn corrigida é de 30°C).

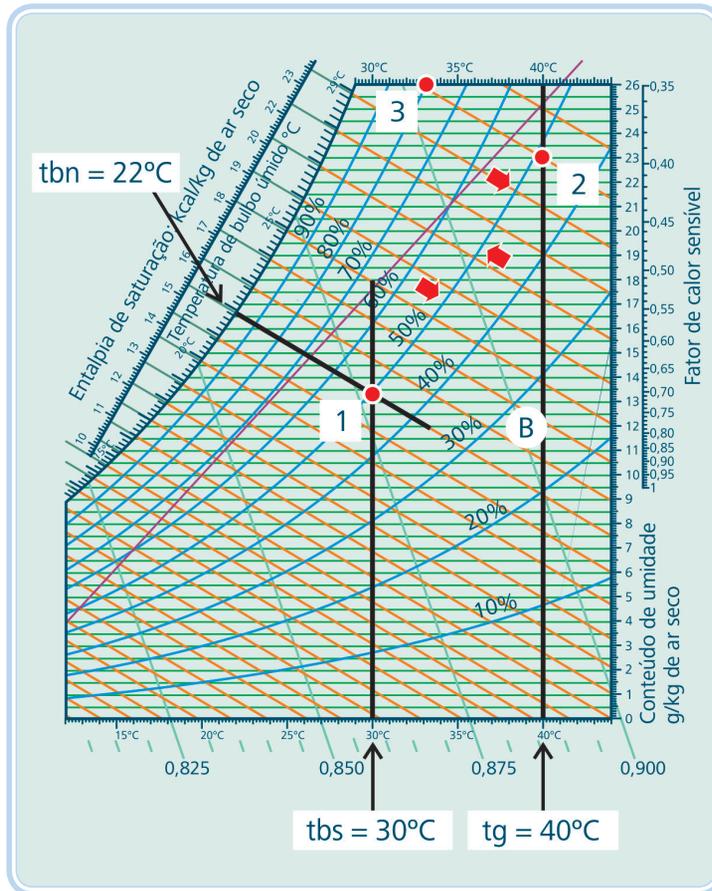


Figura 7.5: Exemplo para obtenção do valor de t_{bn} corrigida

Fonte: CTISM

- c) Usando o ábaco de temperatura efetiva, use a t_{bn} corrigida no eixo anteriormente usado para temperatura de bulbo úmido natural e a temperatura de globo no lugar do eixo da temperatura de bulbo seco;
- d) Trace uma reta entre a t_{bn} corrigida e a t_g . Onde ocorrer a intersecção na curva referente a velocidade do ar de 0 m/s, será possível identificar o índice de temperatura efetiva corrigida. Para este problema, a resposta é 32°C .

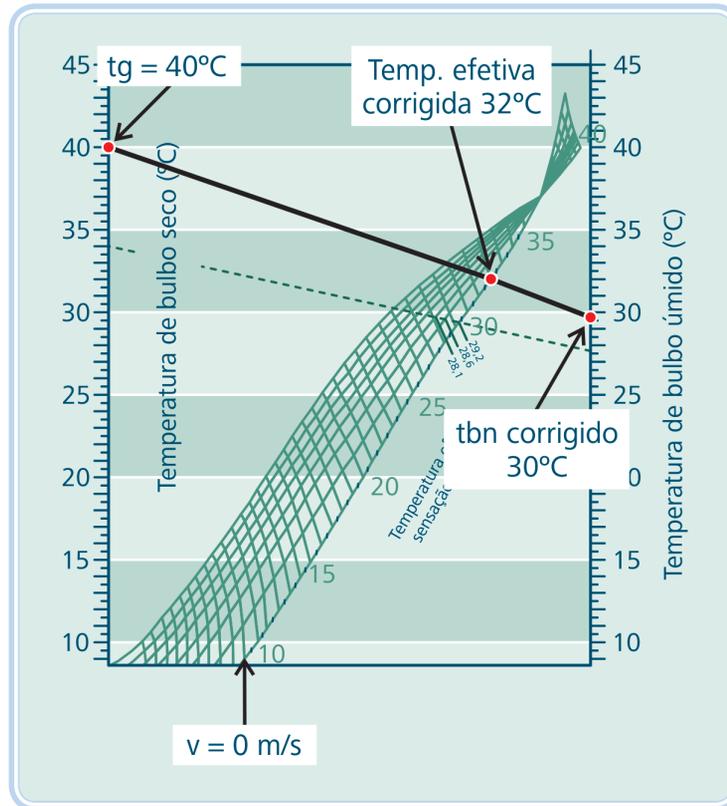


Figura 7.6: Determinação do índice de temperatura efetiva

Fonte: CTISM

7.4.3 A temperatura média radiante

A Temperatura Radiante Média – TMR, está relacionada com a temperatura de globo (tg), a temperatura seca do ar (tbs) e a velocidade do ar (v). Para a medida da TMR é utilizado o termômetro de globo que consiste de uma esfera oca de cobre, de 15 cm de diâmetro, com paredes de 1 mm, pintada externamente e internamente de preto. Um termômetro é fixado no centro da esfera. A temperatura do ar dentro do globo em equilíbrio é o resultado de um balanço entre o calor ganho ou perdido por meio de radiação e o calor ganho ou perdido por meio de convecção. A equação da TMR é:

Equação 7.8

$$TMR = \left((tg + 273)^4 + 0,32 \times 10^8 v^{0,5} (tg - tbs) \right)^{0,5} - 273$$

Onde: TMR = temperatura média de radiação em °C

v = velocidade do ar em m/s

tg = temperatura de globo em °C

tbs = temperatura do ar seco em °C

Você pode ver algumas aplicações do uso da temperatura média radiante na obra “Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho”, publicação da FUNDACENTRO.

Neste livro você vai encontrar gráficos que apresentam linhas de conforto usando como temperatura do ar a TMR, bem como a influência da camada e quantidade de vestimenta, identificada pelo índice Clo (*Clothing*). Para ter essas informações acesse o *site* do ícone de atenção.



Para saber mais sobre conforto térmico nos ambientes de trabalho, acesse: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/indexPublicacao.asp?Pagina=Publicacoes>

7.4.4 Índice de calor (*Heat Index – HI*)

Este parâmetro é bastante utilizado nos Estados Unidos para informar a sensação térmica a partir das aferições de umidade relativa do ar e da temperatura de bulbo seco, inserindo-os em uma carta. Assim como, pode ser usada a temperatura de orvalho ao invés da tbs. Este índice é disponibilizado pelo NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

Traduzindo para a língua portuguesa, este se denomina índice de calor. A carta de determinação é mostrado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1: Carta do índice de calor (*Heat Index*)

Umidade relativa (%)	Temperatura (°F)															
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
90	119	123	128	132	137	141	146	152	157	163	168	174	180	186	193	199
85	115	119	123	127	132	136	141	145	150	155	161	166	172	178	184	190
80	112	115	119	123	127	131	135	140	144	149	154	159	164	169	175	180
75	109	112	115	119	122	126	130	134	138	143	147	152	156	161	166	171
70	106	109	112	115	118	122	125	129	133	137	141	145	149	154	158	163
65	103	106	108	111	114	117	121	124	127	131	135	139	143	147	151	155
60	100	103	105	108	111	114	116	120	123	126	129	133	136	140	144	148
55	98	100	103	105	107	110	113	115	118	121	124	127	131	134	137	141
50	96	98	100	102	104	107	109	112	114	117	119	122	125	128	131	135
45	94	96	98	100	102	104	106	108	110	113	115	118	120	123	126	129
40	92	94	96	97	99	101	103	105	107	109	111	113	116	118	121	123
35	91	92	94	95	97	98	100	102	104	106	107	109	112	114	116	118
30	89	90	92	93	95	96	98	99	101	102	104	106	108	110	112	114

Nota: Exposição direta à luz solar deve acrescentar aos valores do *Heat Index* 15°F

Fonte: Adaptado de <http://www.weatherimages.org/data/heatindex.html>

Note que as temperaturas estão em graus Fahrenheit, para convertê-los para graus Celsius deve-se usar a equação de conversão de unidades (Equação 7.9):

Equação 7.9

$$\frac{T(^{\circ}\text{C})}{5} = \frac{T(^{\circ}\text{F}) - 32}{9}$$

Onde: T(°C) = temperatura em graus Celsius

T(°F) = temperatura em graus Fahrenheit

As informações sobre as faixas consideradas perigosas e as que se recomendam mais cautela e atenção estão apresentadas no Quadro 7.7.



Para saber mais sobre cálculo de índice de calor, acesse: <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml>

Quadro 7.7: Avisos sobre efeitos à saúde para valores de índice de calor (Heat Index)

Temperatura	Notas
27 – 32°C	Cuidado – possibilidade de fadiga após exposição e atividade prolongadas
32 – 41°C	Cuidado extremo – hipertermia e câimbras de calor possíveis
41 – 54°C	Perigo – hipertermia e câimbras de calor prováveis
acima de 54°C	Perigo extremo – hipertermia e câimbras de calor iminentes

Fonte: http://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/

7.5 Avaliação da exposição ocupacional ao frio

Este tipo de exposição é típico de ambientes onde se realizam atividades em câmaras frias, câmaras frigoríficas e processos industriais que envolvam a fabricação de gelos e de sorvetes. Outras podem ser exercidas em ambientes abertos como atividades de pesca, indústria do petróleo e construção, quando localizados em países com inverno rigoroso, o que não é o caso do Brasil.

Na exposição ao frio deve-se tomar o cuidado de manter a temperatura do corpo em torno de 37°C para garantir nossas funções vitais. Quando isso não ocorre em razão do frio, o organismo resfria-se, perdendo calor para o meio externo que depende da temperatura do ar e da velocidade do ar (vento) com incidência sobre o corpo, resultando em uma hipotermia. No Quadro 7.8, apresentamos a você, um quadro que mostra as consequências para o ser humano a medida que a temperatura do núcleo do corpo diminui desenvolvido pela ACGIH.

Quadro 7.8: Consequências para o ser humano a medida que a temperatura do núcleo do corpo diminui

Temperatura interna (°C)	Consequências a saúde
37,6 – 35	Indicação inicial de temperaturas retal e oral "normais". Ocorre aumento de taxa metabólica como um modo de compensação da perda de calor e surgem tremores, quando próximo dos 35°C.
34 – 31	Ao sair da faixa anterior, a pressão arterial ainda pode manter-se normal, com vítima consciente. Possibilidade severa de hipotermia, redução da consciência, as pupilas dilatam-se, porém, apresentam ainda uma reação à luz. Coleta da pressão arterial torna-se dificultosa e os tremores cessam.
30 – 26	A partir desta faixa, ocorre uma perda progressiva do nível de consciência, juntamente com enrijecimento muscular com possível fibrilação ventricular e frequência da respiração diminuída. Os movimentos voluntários do corpo são paralisados com reflexos de tendões ausentes. A vítima raramente esta consciente.
25 – 21	Probabilidade máxima de ocorrência de fibrilação ventricular, podendo ser de modo espontâneo. Presença de edema pulmonar.
20 – 9	No início desta faixa ocorre a parada cardíaca. Nestes casos a hipotermia pode ser acidental ou induzida de maneira artificial.

Fonte: ACGIH, 2011

Na sua avaliação, para fins da aplicação da norma regulamentadora, o procedimento é qualitativo. Para a atividade ser considerada insalubre deve ser feito um laudo de inspeção realizada no local de trabalho com base na seguinte transcrição do Anexo 9 da NR 15:

As atividades ou operações executadas no interior de câmaras frigoríficas, ou em locais que apresentem condições similares, que exponham os trabalhadores ao frio, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho. (BRASIL, 1978).

Além do item mencionado acima, outro aspecto abordado pela legislação brasileira sobre o frio é o Art. 253 da CLT, que diz respeito a jornada de trabalho, conforme a transcrição a seguir.

Para os empregados que trabalham no interior das câmaras frigoríficas e para os que movimentam mercadorias do ambiente quente ou normal para o frio e vice-versa, depois de 1 (uma) hora e 40 (quarenta) minutos de trabalho contínuo, será assegurado um período de 20 (vinte) minutos de repouso, computado esse intervalo como de trabalho efetivo. (CLT, 1945).

Tanto o Art. 253 quanto o Anexo 9 da NR 15, ambos representam as únicas regulamentações contidas na legislação brasileira. Entretanto, tem-se a expectativa de se ter mais critérios com o provável advento de uma nova norma regulamentadora do MTE, na qual disporá sobre abate de animais.

Uma avaliação sobre frio ocupacional pode ser feita com base na Temperatura Equivalente de Resfriamento (TER), parâmetro disponibilizado como uma tolerância pela ACGIH que estima uma temperatura na qual tem a combinação da velocidade do ar e da temperatura de bulbo seco, fornecendo como resultado um valor semelhante ao resfriamento provocado por baixas temperaturas e pela circulação do ar interno. Cada TER apresenta um perigo associado, mostrados no Quadro 7.9. O objetivo dos limites de tolerância é impedir que a temperatura interna do corpo caia abaixo de 36°C e prevenir lesões pelo frio nas extremidades do corpo.

Por exemplo, se no interior de uma câmara fria a temperatura de bulbo seco é de 4°C, com medida realizada pelo técnico em segurança com o uso do anemômetro indicando a velocidade do vento em 16 Km/h. Para este

caso, consultando o Quadro 7.9, teríamos uma temperatura equivalente de resfriamento de -2°C.

É importante você lembrar que normalmente as exposições fatais são o resultado de uma exposição acidental, envolvendo dificuldades de evasão.

Quadro 7.9: Temperatura equivalente de resfriamento												
Velocidade estimada do vento (km/h)	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
	Temperatura equivalente de resfriamento											
Em calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
Velocidades do vento maiores que 64 km/h tem pequeno efeito adicional	POUCO PERIGOSO Em < horas com a pele seca. Perigo máximo de falsa sensação de segurança			POUCO CRESCENTE Perigo de que o corpo exposto se congele em um minuto				MUITO PERIGOSO O corpo pode congelar em 30 segundos				
Em qualquer ponto deste ábaco pode ocorrer o pé de trincheira e o pé de imersão.												

Fonte: ACGIH, 2011

7.5.1 Medidas de proteção e controle

Os requisitos especiais de projeto para salas refrigeradas incluem o seguinte:

Em salas refrigeradas, a velocidade do ar deveria ser minimizada tanto quanto possível, e não deveria exceder 1 m/s no local de trabalho. Isto pode ser conseguido por projeto adequado de sistemas de distribuição de ar.

Roupas especiais de proteção contra o vento devem ser fornecidas em função da velocidade do ar a qual os trabalhadores estão expostos.

Resumo

Nesta aula você estudou os parâmetros utilizados nos procedimentos técnicos para a avaliação do calor ocupacional, possível através da apresentação dos critérios de análise estabelecidos pela norma técnica de referência oficial (NHO 06) e do Anexo 3 da Norma Regulamentadora nº 15. Outro conteúdo

estudado foi a temperatura efetiva e a temperatura efetiva corrigida, de grande importância para conforto térmico ambiental e o índice de calor, bastante utilizado para estimativas de sensação. Finalizando, você aprendeu o uso da temperatura equivalente para avaliações de exposição ocupacional ao frio estabelecido internacionalmente.

Atividades de aprendizagem



1. Relacione as colunas:

- | | |
|---|---|
| (1) Situação térmica | () Parâmetro representativo da temperatura de conforto térmico. |
| (2) IBUTG | () Representa a influência da umidade relativa do ar. |
| (3) Temperatura de bulbo úmido natural | () Índice relacionado a influência das vestimentas. |
| (4) Temperatura ambiente | () Condição à qual a temperatura no ambiente pode ser estável. |
| (5) Índice de temperatura efetiva | () Utilizado na avaliação de exposição ao frio. |
| (6) Clo | () Pode ser corrigida usando o termômetro de globo. |
| (7) Temperatura equivalente de resfriamento | () Temperatura de bulbo seco. |
| | () Sua influência representa 70 % do IBUTG para ambientes sem carga solar. |
| | () Usado para estimar sobrecarga térmica ocupacional. |
| | () O conjunto forma um ciclo de exposição. |

2. Assinale a alternativa correta.

I - Somente 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 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 exposição ao calor são baseados apenas em valores de IBUTG.

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.

3. Um trabalhador fica exposto, junto a um forno de uma padaria, da seguinte maneira:

- 10 minutos carregando o forno (atividade pesada, não fatigante).
- 40 minutos esperando assar em outro local fazendo a massa (atividade leve).
- 10 minutos descarregando o forno (atividade pesada, não fatigante).

Na avaliação da exposição obteve-se:

- No local de trabalho: tbn = 30°C e tg = 45°C.
- No local de descanso: tbn = 27°C e tg = 29°C.

Com base nos dados e verificando a exposição de acordo com a Norma Regulamentadora nº 15, assinale a alternativa correta:

- a) A exposição é insalubre, pois o IBUTG está acima do permitido independente do metabolismo desenvolvido.
- b) A exposição não é insalubre, pois o IBUTG está abaixo do permitido.
- c) Para o metabolismo referente as tarefas, o IBUTG está acima do permitido, com ambiente insalubre.
- d) A exposição não é insalubre porque as atividades pesadas representam a maior parcela de tempo da jornada.
- e) Não temos como saber se existe a insalubridade.

Aula 8 – Aspectos básicos de vibrações

Objetivos

Aprender aspectos básicos sobre vibrações no ambiente ocupacional.

8.1 Considerações iniciais

Na higiene ocupacional, as vibrações são definidas como movimentos oscilatórios de um corpo causado pelo desequilíbrio de forças dos componentes rotativos e da alternância de movimentos de uma máquina ou equipamento.

Outra definição, você pode encontrar na Convenção nº 148, elaborada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), onde esta estabelece que as vibrações são compreendidas por movimentos oscilatórios que são transmitidos para o organismo humano por estruturas sólidas, que são nocivas à saúde ou que possa oferecer qualquer outro tipo de perigo.

As vibrações podem ser classificadas basicamente, a grosso modo, em quatro categorias. Entre elas estão as vibrações ocupacionais que podem ser de corpo inteiro, de mãos e braços (ou localizada, dependendo do estudo), que são transmitidas ao corpo por meio de um assento, por exemplo, como os que são usados pelos operadores de tratores e motoristas de caminhão ou qualquer outro tipo de suporte superficial sofrendo os efeitos nas costas, nádegas ou até mesmo, em pé. Assim como, aquelas que atingem a certas partes (braço, mão, dedos, etc.) como nos operadores de motosserras. Existem também as vibrações com a finalidade de conforto, como as que são estudadas para projetos de assentos para veículos destinados a viagem. Existem as vibrações produzidas por máquinas, que são estudadas na engenharia mecânica, cujos estudos podem dar a indicação de problemas mecânicos sendo muito utilizado em sistemas de confiabilidade e de manutenção preditiva. As ocupacionais são as que são realmente consideradas para a higiene ocupacional.

O risco caracterizado por vibrações depende de fatores como intensidade, frequência, direção da vibração e o tempo de exposição. É obvio que podem existir outros fatores, mas estes mencionados são mais estudados.

A intensidade da vibração é avaliada na forma de aceleração do movimento de oscilação da superfície ou peça, com unidades de m/s^2 ou dB (decibel). Os equipamentos utilizados para a medição são os acelerômetros. 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. Então, o nosso corpo humano também apresenta uma vibração natural onde a sua frequência quando se aproxima da frequência externa, surgindo a ressonância, que caracterizará o movimento. Na Figura 8.1, temos as frequências de ressonâncias do corpo humano, que indica também as regiões de maior sensibilidade.

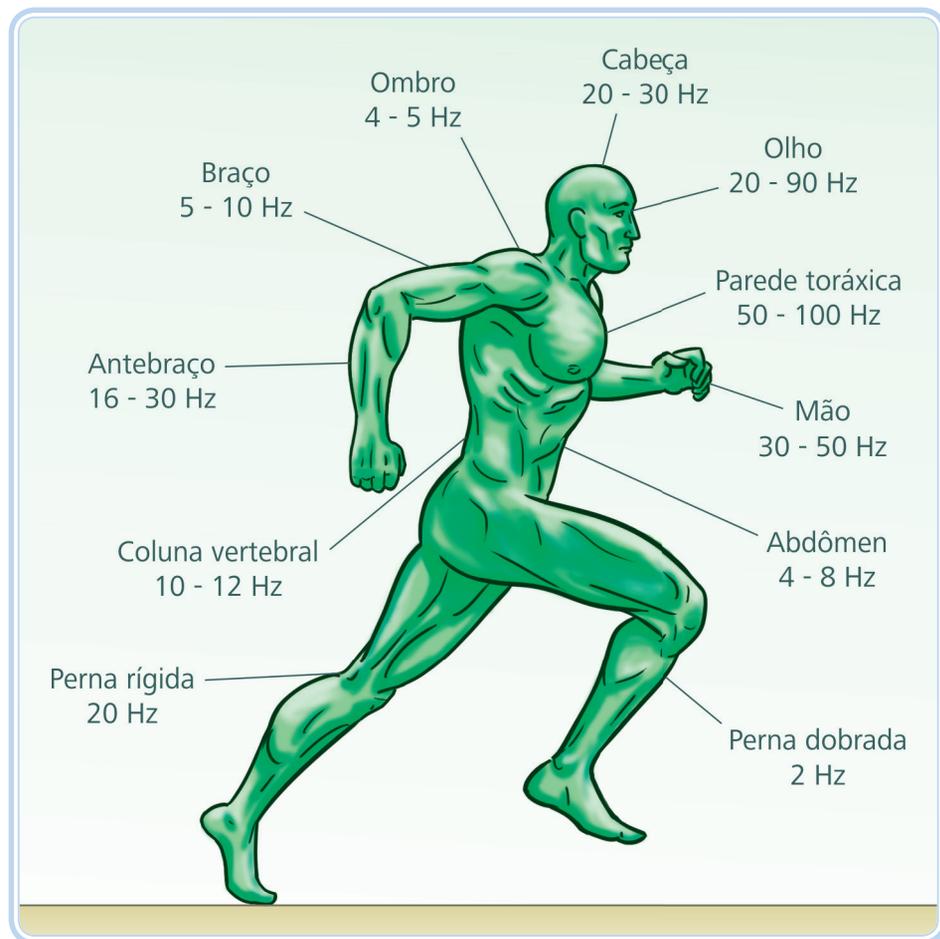


Figura 8.1: Frequência de ressonâncias do corpo humano

Fonte: CTISM

No Brasil, a exposição ocupacional a vibrações está começando a receber mais atenção por parte das autoridades legisladoras e de estudiosos, devido ao fato de que este agente físico é muito comum nos locais de trabalho. O advento da criação das Normas de Higiene Ocupacional como a NHO 09



Para saber mais sobre vibração, acesse:

http://www.ufpa.br/gva/Arquivos%20PDF/WORKSHOP_TUCURUI/Workshop_Tucurui/Palestras/03_P01_Vibracoes_e_o_Corpo_Humano_uma_avaliacao_ocupacional.pdf

www.vendrame.com.br/novo/artigos/vibracoes_ocupacionais.pdf

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

(Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro) e NHO VIB/VMB (Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Mãos e Braços) são uma prova desta mudança.

Para ocorrer danos relativos a vibrações é necessário que ocorra o contato com a parte móvel da máquina. Em outras palavras, deve haver o contato físico entre o corpo ou membro do trabalhador com a fonte vibratória.

Você pode encontrar uma exposição a vibrações em lugares onde existem equipamentos ou máquinas tais como: furadeiras, motosserras, socadores e martelos pneumáticos.



Figura 8.2: Exemplo de exposição a vibrações

Fonte: CTISM

8.2 Exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro

Para o estudo de avaliação de vibrações de corpo inteiro você pode utilizar o procedimento técnico proposto na NHO 09, para verificação preventiva da exposição. Esta norma técnica também apresenta critérios que impliquem a possibilidade de problemas adversos a saúde dos trabalhadores, especificamente, à coluna vertebral. Pode ser aplicada em situações de trabalho onde as vibrações de corpo inteiro podem ser transmitidas na posição em pé ou sentada.

A NHO 09 foi elaborada com base em referências normativas da ISO 2631 (1997) – *Mechanical Vibration and Shock – Evaluation Human Exposure of Whole-body. Part 1: General Requirements* e da ISO 8041 (2005) – *Human Response to Vibration – Measure Instrumentation*.

No Capítulo 4 dessa norma, entre as correlações e terminologias importantes que estão presentes, você deve prestar atenção nas definições das acelerações, as quais podem ser instantânea, média resultante e, no valor de dose de vibração, apresentando a seguinte transcrição:

A aceleração instantânea [$a_j(t)$]: o valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo “t”, expressa em m/s^2 , segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”.

A aceleração média (a_m): raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j” [...].

Aceleração média resultante (a_{mr}): corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z” [...]. (NHO 09, 2012).

Após o conhecimento das definições básicas estabelecidas por essa norma, para início dos trabalhos de avaliação é necessário conhecer os eixos de medição das vibrações, ou seja, um sistema de coordenadas espaciais, ortogonal, onde são apresentadas as direções das vibrações que vão servir de referência para analisar as vibrações transmitidas em cada direção convertidas em sinais elétricos pelo acelerômetro. Estes eixos estão apresentados a você na Figura 8.3.

Todos estes eixos, em cada posição, indicam sempre para a mesma direção, sendo atribuídos os seguintes sentidos:

- O eixo “z” aponta no sentido dos pés a cabeça.
- O eixo “x” aponta das costas para o peito.
- O eixo “y” aponta da direita para a esquerda.



Para saber mais sobre normas de higiene ocupacional, acesse:
http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO_09_portal.pdf

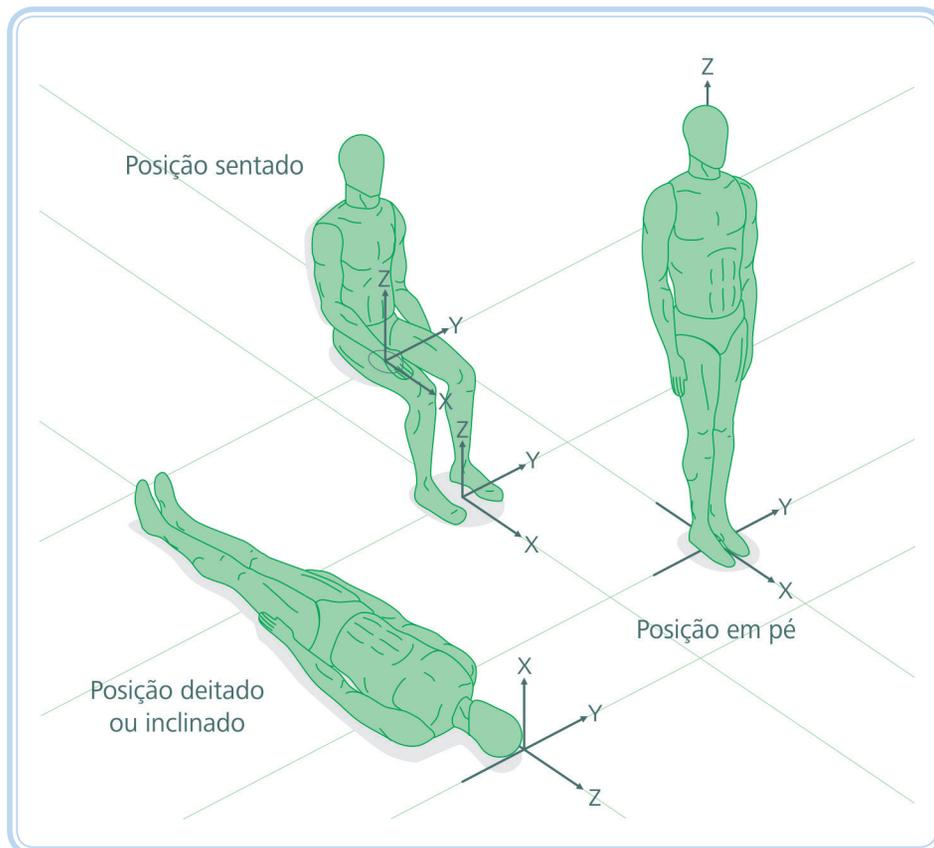


Figura 8.3: Eixos de medição de vibrações

Fonte: CTISM, adaptado de NHO 09 e ISO 2631

Na avaliação são utilizados para verificação com limites de tolerância, os valores de aceleração resultante normalizado, que depende da influência da aceleração resultante e do tempo de exposição (ambos da jornada diária) e o valor da dose de vibração resultante da exposição que seja representativo da exposição diária de trabalho, determinadas para os três eixos ("x", "y" e "z").

8.3 Exposição ocupacional a vibrações de mão e braço

Para avaliar a exposição a vibrações de mãos e braços você deve sob a visão prevencionista estudar a NHO VIB/VMB ou NHO 10, cuja aplicação deve-se a qualquer situação onde se tenha a exposição do trabalhador com o contato das mãos e dos seus braços com a parte vibratória de um equipamento ao qual se tenha que usar os punhos.

Para a norma NHO 10 todas as definições presentes na NHO 09 são válidas, entretanto, como o comportamento das vibrações nessa posição (contato) geram traumas específicos no ser humano, os estudos de vibração necessitaram do uso de um sistema de coordenadas especial, preparado por pesquisado-



Para saber mais sobre normas e segurança da higiene ocupacional, acesse:

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

res de modo diferente de visualizar como foi visto para a NHO 09. A NHO 10 foi elaborada com base nos documentos normativos ISO 5349-1 (2001) denominada “*Mechanical Vibration – Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration – Part 1: General Requirements*” e ISO 5349-2 (2001) denominada “*Mechanical Vibration – Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration – Part 2: Practical Guidance for Measurement at the Workplace*”. Seguindo para os equipamentos de medição a ISO 8041 (2005): *Human Response to Vibration – Measuring Instrumentation*.

Na Figura 8.4, você tem a disposição como está organizada a localização do sistema de coordenadas para análise de vibração de mãos e braços com visualização elaborada pela FUNDACENTRO.

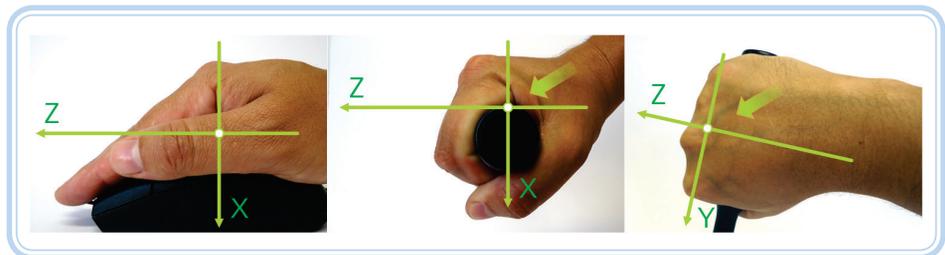


Figura 8.4: Sistema de coordenadas para avaliação de vibrações de mãos e braços

Fonte: CTISM

Conforme você notou acima, o sistema de coordenadas para a análise em mãos e braços é diferente comparado ao que você viu para o corpo inteiro. A origem deste sistema é posicionada sobre o objeto que vai ser segurado pelo trabalhador e abaixo do início dos dedos, embaixo do dedo médio (setas verdes da Figura 8.4). O eixo de medição “z” é considerado a sua direção, horizontal, a partir das mãos para frente. O eixo “y” é considerado a direção horizontal, assim como o “z”, porém, apontando do lado direito para o esquerdo. Já o eixo “x” tem direção vertical, apontando de cima para baixo.

8.4 Legislação de vibrações

Se você consultar a Norma Regulamentadora nº 15 (Atividades e Operações Insalubres), notará que as vibrações são mencionadas no Anexo 8 da mesma, e estabelece que as atividades e operações de trabalho que expunham os trabalhadores a vibrações, sem a devida proteção, são consideradas insalubres quando caracterizado em laudo pericial realizado no local de trabalho.

Para a constatação da exposição ser insalubre ou não, a perícia deve ser baseada nos limites de tolerância estipulados pelas normas ISO 2631 e ISO/DIS 5349 e suas alterações. Estas são normas da Organização Internacional para a Normalização. Neste laudo, a análise deve conter obrigatoriamente:

- Critério adotado.
- Instrumental utilizado.
- Metodologia de avaliação.
- Descrição das condições de trabalho e do tempo de exposição a vibrações.
- O resultado da avaliação quantitativa.
- Medidas para a neutralização e/ou eliminação da insalubridade, quando houver.

Se for caracterizada a insalubridade, esta é considerada de grau médio.

8.5 Danos a saúde

Quando o corpo está submetido à exposição de vibrações diariamente, este pode apresentar de acordo com a norma ISO 2531, além de danos permanentes a região espinhal pode atingir partes do sistema urinário bem como nesta região e o sistema circulatório. Em geral, a pessoa apresenta sintomas na forma de distúrbios frequentes como fadiga, dores de cabeça, tremores e insônia que, podem enganar a pessoa, pois desaparecem logo após um longo tempo de descanso. Infere-se que os casos mais graves sempre aparecem como problemas no sistema reprodutivo humano, na região do dorso e no lombo e, danos sérios a coluna vertebral.

Já os problemas gerados devido a exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços podem ocorrer sob o sistema vascular desta região, que são influenciadas de acordo como a vibração é passada para as mãos e de como o trabalho é realizado. A doença característica deste tipo de exposição é a doença dos “dedos brancos”. Esta doença em seu primeiro estágio, começa com sensações de formigamento, sendo até mesmo, ignorado pelo trabalhador. Com o passar do tempo, inicia-se leves branqueamentos nas extremidades dos dedos, por curtos períodos. Posteriormente, o branqueamento começa se tornar frequente e se prolonga, podendo se estender a todo o dedo (a base

é atingida). Quando em estágios mais avançados e não havendo procura de tratamento médico, o branqueamento se reduz havendo ataque isquêmico tornando a aparência cinza-escuro, chegando a necrose.

Resumo

Nesta aula você estudou aspectos básicos de exposição ocupacional a vibrações. Entre eles, a sua definição apresentada na forma de movimento oscilatório resultante do desequilíbrio de forças e da alternância de movimentos de uma peça. Quando as vibrações são transmitidas ao trabalhador, seja esta, ao corpo inteiro ou por meio de mãos e braços, podem acarretar danos a sua saúde ao longo de uma vida de trabalho.



Atividades de aprendizagem

1. Relacione as colunas:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) Acelerômetro | () dB (decibels). |
| (2) NHO 09 | () Branqueamento nas extremidades dos dedos. |
| (3) NHO 10 | () Vertical, com sentido dos pés para a cabeça. |
| (4) m/s^2 | () Vertical, com sentido de cima para baixo. |
| (5) Efeito no organismo | () Procedimento técnico para avaliação de vibrações de corpo inteiro. |
| (6) Eixo "z" para corpo inteiro | () Medidor de vibrações. |
| (7) Eixo "x" para mãos e braços | () Procedimento técnico para avaliação de vibrações de mãos e braços. |

Referências

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, G. M. e REGAZZI, R. D. **Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo – Teoria e prática**. Rio de Janeiro: 2002.

ARAUJO, Giovanni Moraes de. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora GVC, 2013.

ASHRAE. Psychometrics. In: **ASHRAE fundamentals handbook.american society of heating, refrigeration and air conditioning engineers**. Atlanta, 2001. 61 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

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, Brisbane. Second Edition, 2007.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.452, de 01 de maio de 1943 e suas alterações. 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>.

_____. 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, 1978e. 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 07 (NR 7)**: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978g. Disponível em: <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 17 (NR 17)**: Ergonomia. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 1978e. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2013.

BRASIL. **NHO 06** (Norma de Higiene Ocupacional 06). Avaliação da exposição ocupacional ao calor (procedimento técnico). FUNDACENTRO, 2002. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO06.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2013.

_____. **NHO 09** (Norma de Higiene Ocupacional 09). Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (procedimento técnico). FUNDACENTRO, 2013. Disponível em: <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). Avaliação da exposição ocupacional a vibração em mãos e braços (procedimento técnico). FUNDACENTRO, 2013. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO10_portal.pdf>. Acesso em: 09 maio 2013.

BRÜEL & KJAER. **Medição de vibração**. São Paulo: 1982.

_____. **Ruído ambiental**. Apostila técnica, 2000.

FERNANDES, João Cândido. **Apostila acústica e ruídos**. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/jcandido/acustica/apostila.htm>>. Acesso em: 20 maio 2013.

GABAS, Gláucia C. **Guia prático 3M**: programa de conservação auditiva. 3M do Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Resources/Two/One/>.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído, fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

GIAMPAOLI, Eduardo; SAAD, Irene F. de S. D.; CUNHA, Irlon de Â. da C. **Norma de higiene ocupacional**: procedimento técnico. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO//NHO01.pdf>>.

GOELZER, Berenice; HANSEN, Colin H.; SEHRNDT, Gustavo A. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control. Disponível em: <http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/>.

International Electrotechnical Commission (IEC) 61672 – 2003.

International Organization for Standardization (ISO) 226 – 2003.

BRASIL. **NHO 01** (Norma de Higiene Ocupacional 01). Avaliação de exposição ocupacional ao ruído (procedimento técnico). Ministério do Trabalho e Emprego: FUNDACENTRO, 2001. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicacao/NHO01.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2013.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle do ruído**. 5. ed. São Paulo: Editora LTR, 2009.

SPINELLI, Robson. **Higiene ocupacional**: agentes biológicos, químicos e físicos. 5, ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2006. 288 p.

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.

Currículo do professor-autor



Neverton 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, Gerência 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.