

TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA –

CNI *Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto*

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA – SESI

Conselho Nacional

Presidente: Jair Meneguelli

SESI - Departamento Nacional

Diretor: Armando de Queiroz Monteiro Neto

Diretor-Superintendente: Antonio Carlos Brito Maciel

Diretor de Operações: Carlos Henrique Ramos

Fonseca

© 2007. Sesi - Departamento Nacional

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

Sesi/DN

Unidade de Saúde e Segurança do Trabalho — Unisaúde

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

FICHA CATALOGRÁFICA

_ S491t

Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional.
Técnicas de avaliação de agentes ambientais : manual SESI.
Brasília : SESI/DN, 2007.
294 p. : il. ; 26 cm.

ISBN 978-85-7710-086-6

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

CDU 331.45

SESI Sede

Serviço Social da Indústria Setor Bancário Norte

Departamento Nacional Quadra 1 – Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 – Brasília – DF

Tel.: (61) 3317-9754

Fax: (61) 3317-9190

<http://www.sesi.org.br>

RE

SENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

Brasília, 2007.

Antonio Carlos Brito Maciel

Diretor-Superintendente do SESI/DN

RO

15

DUÇÃO

INTRODUÇÃO

O

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

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

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

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

INTRODUÇÃO

16

1. Número total de alunos nas videoaulas – 377
2. Número de salas de recepção no País – 33
3. Número de alunos elegíveis para as aulas de laboratório –

226 4. Total de perguntas formuladas durante as aulas e por mensagens eletrônicas – 91

5. Carga horária total por aluno – 40 horas a distância e 8 horas presenciais

6. Número de horas docentes totais – 176 horas

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

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

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

17

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

São Paulo, julho de 2004

Mario Luiz Fantazzini
Coordenador Técnico e Instrutor

Maria Cleide Sanchez Oshiro
Instrutora
19

CAPÍTULO I

SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL

1 Estabelecendo conceito e definições

1.1 Conceituação Geral

Sobre a higiene ocupacional:

- Visa à prevenção da doença ocupacional por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos agentes ambientais (essa é a definição básica atual, havendo variantes; outras definições serão discutidas mais adiante);
- “Prevenção da doença” deve ser entendida com um sentido mais amplo, pois a ação deve estar dirigida à prevenção e ao controle das **exposições** inadequadas a agentes ambientais (um estágio anterior às alterações de saúde e à doença instalada);
- Em senso amplo, a atuação da higiene ocupacional prevê uma

intervenção deliberada no ambiente de trabalho como forma de prevenção da doença. Sua ação no ambiente é complementada pela atuação da medicina ocupacional, cujo foco está predominantemente no indivíduo;

- Os agentes ambientais que a higiene ocupacional tradicionalmente considera são os chamados agentes físicos, químicos e biológicos. Essa consideração pode ser ampliada, levando em conta outros fatores de estresse ocupacional, como aqueles considerados na ergonomia, por exemplo (que também podem causar desconforto e doenças). É evidente que as duas disciplinas se interligam e sua interação deve ser sinérgica, antes que antagônica;
- Os agentes físicos são, em última análise, alguma forma de energia liberada pelas condições dos processos e equipamentos a

20 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

- Os agentes químicos, mais por sua dimensão físico-química que por sua característica individual, são classificados em gases, vapores e aerodispersóides (estes últimos são subdivididos ainda em poeiras, fumos, névoas, neblinas, fibras); podemos entender os agentes químicos como todas as substâncias puras, compostos ou produtos (misturas) que podem entrar em contato com o organismo por uma multiplicidade de vias, expondo o trabalhador. Cada caso tem sua toxicologia específica, sendo também possível agrupá-los em famílias químicas, quando de importância toxicológica (hidrocarbonetos aromáticos, por exemplo);
- As “vias de ingresso” ou de contato com o organismo consideradas tradicionalmente são as vias respiratória (inalação), cutânea (por meio da pele intacta) e digestiva (ingestão). A respiratória é a de maior importância industrial, seguida da via dérmica;
- Os agentes biológicos são representados por todas as classes de

microorganismos patogênicos (algumas vezes adicionados de organismos mais complexos, como insetos e animais peçonhentos): vírus, bactérias, fungos. Note que merecem uma ação bem diversa da dos outros agentes e que muitas formas de controle serão específicas;

- Para bem realizar a antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos agentes ambientais são necessárias múltiplas ciências, tecnologias e especialidades. Para a avaliação e o controle, é importante a engenharia; na avaliação, também se exige o domínio dos recursos instrumentais de laboratório (química analítica); no entendimento da interação dos agentes com o organismo, a bioquímica, a toxicologia e a medicina. A compreensão da exposição do trabalhador (esse termo é fundamental) a um certo agente passa pelas características físicas e/ou químicas dos agentes e pelo uso dessas ciências básicas;

CAPÍTULO I - SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL 21

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

formas de avaliação da exposição.

1.2 Detalhando Aspectos Básicos

Antecipar é...

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

22 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

Reconhecer é...

- conhecer de novo! Isso significa que se deve ter conhecimento prévio dos agentes do ambiente de trabalho, ou seja, saber reconhecer os riscos presentes nos processos, materiais, operações associadas, manutenção, subprodutos, rejeitos, produto final, insumos;
- estudar o processo, atividades e operações associadas e processos auxiliares, não apenas com os dados existentes na empresa (e inquirindo os técnicos, projetistas, operadores), mas também conhecendo a literatura ocupacional específica a respeito deles, pois mesmo os técnicos dos processos podem desconhecer os riscos ambientais que estes produzem. Podem omitir,

freqüentemente, detalhes que não julgam importantes para o higienista, mas justamente ligados a um risco. O solícito técnico da máquina empacotadora de leite longa vida pode lhe dar uma explicação precisa e detalhada do seu funcionamento, omitindo que a caixinha é selada por radiofrequência;

- transitar e observar incessantemente o local de trabalho (não se faz higiene sem ir a campo), observando o que lhe é mostrado e o que não é. Andar “atrás” das coisas, em subsolos, casas de máquinas, porões de serviço, pode ser bastante instrutivo e revelador de riscos ambientais (cuidado com os riscos de acidentes nesses locais).

Avaliar é...

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

CAPÍTULO I - SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL 23

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

Controlar é...

- adotar medidas de engenharia sobre as fontes e trajetória do agente, atuando sobre os equipamentos e realizando ações específicas de controle, como projetos de ventilação industrial;
- intervir sobre operações, reorientando-as para procedimentos que possam eliminar ou reduzir a exposição;
- definir ações de controle no indivíduo, o que inclui, é claro — mas

não está limitado —, a proteção individual.

- Serão fornecidos mais à frente os elementos gerais de ações de controle em higiene ocupacional. Em cada matéria, serão dadas ações específicas de controle.

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

2 Áreas de interação da higiene ocupacional

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

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

24 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

3 Conceitos da higiene em algumas referências

- Higiene Ocupacional, Higiene Industrial, Higiene do Trabalho - os termos são considerados sinônimos, enquanto exprimem a ação da disciplina. Atualmente se usa Higiene Ocupacional.
- Definição da *American Industrial Hygiene Association (AIHA)*, citada na Enciclopédia de Segurança e Saúde Ocupacional, da

Organização Internacional do Trabalho (OIT): “Ciência e arte devotada ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos fatores e estressores ambientais, presentes no local de trabalho ou oriundos deste, os quais podem causar doença, degradação da saúde ou bem-estar, ou desconforto significativo e ineficiência entre os trabalhadores ou cidadãos de uma comunidade”. O autor do verbete na Enciclopédia, C. M. Berry, diz ainda que atualmente a definição não descreve adequadamente a disciplina, e que é importante adicionar o termo “antecipação”, como vimos antes. Expõe ainda que, a preocupação deve se estender à família do trabalhador, citando os casos do berílio e do asbesto.

- A definição do *American Board of Industrial Hygiene* é semelhante, falando da “Ciência e prática devotada à antecipação, ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos fatores e estressores ambientais presentes no local de trabalho ou oriundo deste que podem causar doença, degradação da saúde ou bem-estar, ou desconforto significativo entre trabalhadores e podem ainda impactar a comunidade em geral” (atenção: ambas são traduções livres; convém sempre ler os originais, até porque há muito de instrutivo nessas leituras para o higienista).

CAPÍTULO I - SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL 25

4 Conceito do limite de tolerância / limite de exposição

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

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

dos expostos contra o desencadeamento de doenças causadas por um agente ambiental? (essa adição é fundamental)

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

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

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

26 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

- É preciso conhecer quais os efeitos que o LE pretende evitar. Muitas vezes, não serão evitados todos os efeitos. No caso do ruído, trata-se apenas da perda auditiva induzida, embora se saiba que há outros efeitos à saúde. Muitas vezes, é difícil modelizar tais efeitos para fins de um limite, pois há grande variabilidade individual; outras vezes, simplesmente não há relação dose-resposta, como no caso de carcinogênicos (o LE para asbestos pode protegê-lo da fibrose pulmonar, mas não dos cânceres, cuja relação é estocástica, uma chance dependente do nível de exposição – já fica aqui a mensagem para evitar toda exposição a essa fibra).
- É preciso conhecer qual a base de tempo do LE sobre a qual se estabelece a média ponderada de exposição (essa já é uma

questão de avaliação); pode ser de seis minutos, como ocorre com radiofrequência, uma hora para exposição ao calor, e, mais freqüentemente, oito horas, ou a jornada, para a maioria dos casos.

- É preciso lembrar que o limite de exposição representa a melhor abordagem disponível, dentro de certos critérios, a respeito do conhecimento acerca do agente ambiental em termos correntes, ou seja, é um conceito sujeito a contínua evolução, sendo apenas o que se conhece na atualidade de sua emissão. Frequentemente os LE são rebaixados, raramente são aumentados (ou seja, houve alguma superestimação do risco).

5 Entidades e Associações da Área

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

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

CAPÍTULO I - SITUANDO A HIGIENE OCUPACIONAL 27

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

Referências

BRASIL. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Aprova as normas regulamentadoras do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a segurança e medicina do trabalho. Disponível em:

<<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

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

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

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

28 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

29

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

1 Introdução

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

2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais

2.1 Mecanismos de Trocas Térmicas

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

Tipos de trocas térmicas

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

30 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

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

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

2.2 Equilíbrio Térmico

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

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 31

em que:

M - Calor produzido pelo metabolismo, sendo um calor sempre

ganho (+) **C** - Calor ganho ou perdido por condução/convecção

R - Calor ganho ou perdido por radiação (+/-)

E - Calor sempre perdido por evaporação (-)

Q - Calor acumulado no organismo (sobrecarga)

Q>0 acúmulo de calor (sobrecarga térmica) **Q<0**
perda de calor (hipotermia)

2.3 Reações do Organismo ao Calor

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

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

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

32 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

2.4 Principais Efeitos do Calor

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

Golpe de Calor (Hipertermia ou Choque Térmico)

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

Os sinais externos do golpe de calor são: pele quente, seca e arroxeadas. A temperatura interna sobe a 40,5°C ou mais, podendo

atingir 42°C a 45°C no caso de convulsões ou coma. O golpe de calor é freqüentemente fatal e, no caso de sobrevivência, podem ocorrer seqüelas devido aos danos causados ao cérebro, rins e outros órgãos.

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

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

Exaustão pelo Calor

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 33

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

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

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

Prostração Térmica por Desidratação

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

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

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

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

Prostração Térmica pelo Decréscimo do Teor Salino

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

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

34 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Câibras de Calor

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

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

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

Enfermidades das Glândulas Sudoríparas

A exposição ao calor por um período prolongado e, particularmente, em clima muito úmido pode produzir alterações das glândulas sudoríparas, que deixam de produzir o suor, agravando o sistema de

trocas térmicas e levando os trabalhadores à intolerância ao calor. Esses trabalhadores devem receber tratamento dermatológico e em alguns casos devem ser transferidos para tarefas em que não haja a necessidade de sudorese para a manutenção do equilíbrio térmico.

Edema pelo Calor

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

2.5 Aclimação

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 35

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

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

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

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

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

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

36 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Quadro 1 – Correlação entre as Trocas Térmicas e as Variáveis do Ambiente

CONVECÇÃO	XXX	XXX	-----	-----
RADIAÇÃO	-----	-----	XXX	-----
EVAPORAÇÃO	XXX	XXX	-----	XXX
METABOLISMO (*)	-----	-----	-----	-----

XXX - interfere na troca ----- - não interfere na troca
(*) o metabolismo se relaciona diretamente com a atividade física da tarefa.

2.7 Parâmetros do Ambiente e da Tarefa que Devem Ser

Obtidos Como vimos, devemos obter:

- Temperatura do ar
- Velocidade do ar

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

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

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

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 37

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

Figura 1 – Termômetro de Bulbo Úmido Natural

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

Figura 2 – Termômetro de Globo

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

Quadro 2 – Princípios dos Principais Sensores e Parâmetros que Afetam sua Leitura

--	--	--	--

TERMÔMETRO DE BULBO SECO	Estabiliza com a temperatura do ar que circunda o bulbo.	 temperatura do ar	
TERMÔMETRO DE BULBO ÚMIDO NATURAL	A evaporação da água destilada presente no pavio refrigera o bulbo.	 temperatura do ar  velocidade do ar  umidade relativa do ar	 a temperatura do Tbn será sempre menor ou igual à temperatura do termômetro bulbo seco.  será igual quando a umidade relativa do ar for de 100%, pois o ar saturado não admite mais evaporação de água. Sem evaporação, não há redução da temperatura.
TERMÔMETRO DE GLOBO	A absorção da radiação infravermelha aquece o globo, que aquece o ar interno, que aquece o bulbo. Possui um tempo de estabilização de 20 a 30 minutos por essa razão.	 calor radiante no ambiente (fontes radiantes)  temperatura do ar  velocidade do ar	 a temperatura de globo será sempre maior que a temperatura de bulbo seco, pois sempre há uma carga radiante no ambiente; quando muito pequena, a diferença pode ser mascarada pela precisão dos sensores, podendo ser numericamente igual.  a esfera perde calor por convecção; portanto, seu diâmetro deve ser padronizado.

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

40 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

3 Avaliação Ambiental e Exercícios Práticos

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

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

Esse índice deve ser medido pelos sensores que discutimos.

Tbs - Termômetro de bulbo seco

Tbn - Termômetro de bulbo úmido natural

Tg - Termômetro de globo

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

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

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

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

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

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

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

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 41

Intermitente, com Descanso no Próprio Local

Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 min trabalho 15 min descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 min trabalho 30 min descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 min trabalho 45 min descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

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

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

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

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

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso em Outro Local

Nesse caso, calculamos o IBUTG do ambiente de trabalho e o IBUTG do ambiente de descanso e, com esses valores, calculamos o IBUTG médio da atividade analisada, ponderado no tempo. Os tempos de trabalho e de descanso devem sempre somar 60 minutos, isto é, todas as considerações do índice se referem a análises sobre períodos de uma hora corrida, devendo ser essa hora a mais crítica da jornada. Calcula

se também o metabolismo médio e usa-se a Tabela II, que nos fornece o máximo valor do IBUTG médio ponderado admissível correspondente ao metabolismo médio ponderado da situação.

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 43

Quadro 4 – Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade (NR-15)

SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco; exemplo: datilografia.	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas; exemplo: dirigir.	150
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175

De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar peso; exemplo: remoção com pá.	440
Trabalho fatigante.	550

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

44 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Quadro 5 – IBUTG Médio Ponderado Máximo Permissível, Segundo o Metabolismo Médio Ponderado (NR-15)*

175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	25,5

500 25,0

em que:

$$M = \frac{M_t \cdot T_t + M_d \cdot T_d}{M_t \cdot T_t + M_d \cdot T_d + M_{t+d} \cdot T_{t+d}}$$

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

Sendo que:

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

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

T = Trabalho D = Descanso M = Metabolismo

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 45

Quadro 6 – Tabela Detalhada do Limite de Tolerância do Calor

125	32,0	268	28,4
128	31,9	272	28,3
132	31,8	277	28,2
136	31,7	282	28,1
139	31,6	286	28,0
143	31,5	290	27,9
146	31,4	295	27,8
150	31,3	299	27,7
154	31,2	303	27,6
157	31,1	307	27,5
162	31,0	311	27,4
165	30,9	316	27,3
169	30,8	321	27,2

173	30,7	327	27,1
176	30,6	333	27,0
181	30,5	338	26,9
184	30,4	344	26,8
188	30,3	350	26,7
192	30,2	356	26,6
196	30,1	361	26,5
200	30,0	367	26,4
204	29,9	373	26,3
209	29,8	379	26,2
213	29,7	385	26,1
218	29,6	391	26,0
222	29,5	397	25,9
227	29,4	400	25,8
231	29,3	406	25,7
236	29,2	416	25,6
240	29,1	425	25,5
244	29,0	434	25,4
247	28,9	443	25,3
250	28,8	454	25,2
259	28,6	470	25,1
263	28,5	-	-

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

46 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

3.2 Exercícios Práticos (Resolvidos)

Exercício Resolvido 1

Trabalho e Descanso no Próprio Local

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

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

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

O tipo de atividade é considerado como moderado.

Resposta:

Cada ciclo de trabalho é de 10 minutos; portanto, em uma hora teremos 6 ciclos, e o operador trabalha $6 \times 6 = 36$ minutos e descansa $4 \times 6 = 24$ minutos. Como o ambiente é interno, sem incidência solar, o IBUTG será:

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

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

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

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 47

Quadro 7 – Classificação da Atividade em Relação ao Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho

--	--

Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 min trabalho 15 min descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 min trabalho 30 min descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 min trabalho 45 min descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: NR-15, Anexo 3

Exercício Resolvido 2

Regime de Trabalho com Descanso em Outro Local

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

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

Local 1 $T_g = 54^{\circ}\text{C}$

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

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

Máximo IBUTG Médio Ponderado Permissível - Nr-15

175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Resposta:

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

$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$ (IBUTG)_t = 31,6°C

Local 2 T_g = 28°C

(DESCANSO) T_{bn} = 20°C

M = 125 kcal/h

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

$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$ (IBUTG)_d = 22,4°C

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

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

O IBUTG médio será:

$$\frac{31,6 \times 36 + 22,4 \times 24}{60} \text{ IBUTG} = \text{IBUTG} = 27,9^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{300 \times 36 + 125 \times 24}{60} \text{ M} = \text{M} = 230 \text{ Kcal/h}$$

M =

60

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 49

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

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

3.3 Generalização da Fórmula de Cálculo

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

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

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

Desaparece o conceito de trabalho/descanso: cada fase do ciclo ou do

período de 60 minutos estudado vai agravar ou atenuar a fase anterior, resultando ao final o par de parâmetros médio ponderado, a ser verificado contra o Quadro II ou a tabela mais completa da Fundacentro.

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

50 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Quadro 8 – Exemplo de Generalização para Encontrar a Hora Crítica: Trabalho de Forno e Forja

1	24,4	48,6	365	Carga do forno	10
1	24,4	48,6	275	Ajustes	30
2	18,4	38,0	125	Forja lado norte	40
3	19,8	37,4	125	Sul	40
4	20,0	36,6	150	Rebarbação	40

Fonte: FANTAZZINI, 1985

1ª tentativa, ciclo c/20 min da fase 2

1	24,4	48,6	365	Carga do forno	10
1	24,4	48,6	275	Ajustes	30
2	18,4	38,0	125	Forja lado norte	20

Mp = 240kcal/h e IBUTGp = 29,2°C (IBUTGmáx = 28,8°C)

2ª tentativa, ciclo c/20 min da fase 4

Mp = 248 Kcal/h e IBUTGp = 29,5°C (IBUTG máx = 28,8 °C)

--	--	--	--	--	--

4	20,0	36,6	150	Rebarbação	20
1	24,4	48,6	365	Carga do forno	10
1	24,4	48,6	275	Ajustes	30

Limite de tolerância ultrapassado. Situação insalubre CF. NR15

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 51

4 Roteiro para Abordagem de Campo - CALOR

1. Cuidados gerais (Em escritório)	Calibração	- Registro de calibração externa - Sensor de verificação de campo	- Manter registro para relatórios e auditorias - Não é um calibrador, atua apenas na eletrônica

1. Planejamento e preparativos	- Baterias - Acessórios (cabos de extensão, carregadores de baterias, papel alumínio, calibradores) - Ferramentas - Folhas de campo	Fazer uma listagem de equipamentos a serem levados (por tipo de agente e tipo de avaliação)
2. Revisão instrumental (Em campo)	- Verificação de campo (sensor) - Condições de sensores - Carga de baterias - Comportamento geral	Verificar se a eletrônica está íntegra

3. Avaliação (Montagem, posicionamento e cuidados)	• Posição do conjunto sensores • Alinhamento horizontal e vertical • Condições de sensores • Cabo de extensão • Sombreamento infravermelho • Proteção do leitor	• Máxima proximidade possível do ponto onde está o trabalhador, compatível com a segurança do mesmo e do equipamento; pode substituir fisicamente o operador • Dos bulbos ou da parte ativa dos sensores, na montagem tradicional • Verificar estado geral e resposta • O cabo é fundamental nesta avaliação • Nenhum sensor pode ficar na sombra de fontes radiantes significativas • Se o leitor não possuir cabo de extensão, deve ser protegido com papel alumínio. Devido a essa reflexão sobre os sensores, a medição será aproximada, a favor da segurança (superestima a fonte)
--	---	--

Continua

52 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

4. Abordagem do ambiente	• Reconhecimento de funções • Reconhecimento de fontes • Reconhecimento de tarefas e ciclos de trabalho • Identificação de possíveis pontos de descanso térmico	• Cada função diferenciada é um estudo de calor • Em geral, as fontes radiantes relevantes são a base da severidade ambiental • Para cada função, identifique os ciclos, com locais físicos e tarefas • Facilitará o estudo de adequação das exposições e recomendações para a empresa. Avalie esses pontos
5. Outros cuidados de campo	• Interferências: eletromagnética • Exatidão do ponto de medição • Permanência do operador • Verificação de dia típico • Verificação de condições anormais	• Reduzindo ou eliminando o estímulo ao sensor pode-se verificar a interferência • Junto a fontes radiantes, frações de metros significam alterações de IBUTG • O conjunto sensor pode substituir o operador, para maior representatividade • Atentar para a habitualidade das condições de exposição

		• Anotar quando for o caso
6. Dados para folhas de campo	• Nome do técnico • Dia, hora, turno • Equipamento com número de série • Registro de calibração • Registro da função amostrada • Definição do ciclo de trabalho, com registro de tarefas e de tempos por tarefa • Registro das atividades (metabolismo) e tempo em cada uma • Registro de condições anormais • Nome do amostrado • Função do amostrado • Registro do epi, estado de conservação • Registro de confiabilidade das medições	

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 53

FOLHA DE CAMPO - CALOR

						Ver parte de dados desta folha (verso)					
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	No me do téc nic ^o	Dia, hor a, turn o	Equ ipa me nto com nú mer o de séri e	Regi stro de cali bra çã ^o	Regi stro da fun ção amo stra d ^a	Defini ção do ciclo de trabal ho, com regist ro de tarefa s e de temp os por taref ^a	Reg istr o das ativ ida des (me tab olis mo) e te mp o em cad a um ^a	Regist ro de condi ções anorm ais, condi ções sazon ais, estaç ão do ano etc·	No me do amo stra d ^o	Fun ção do amo stra d ^o	Regi stro do EPI, esta do de con serv açã o	Regi stro de con fiab ilid ade das me diçõ es
	1·	2·	3·	4·	5·	6·	7·	8·	9·	10·	11·	12·

											VAL OR MÉD IO PON DER ADO NO CICL O =	VAL OR MÉD IO PON DER ADO NO CICL O =
											IBUT G	M
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11.	12.

5 Aspectos de Controle

5.1 Raciocínio Geral

A Sobrecarga Térmica:

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

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

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

São dois os caminhos:

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

Os principais aspectos dessas ações serão revisados a seguir.

5.2 Ação Sobre o Ambiente

Atuando nas Fontes de Calor:

- BLINDANDO AS FONTES RADIANTES — as fontes radiantes podem ser blindadas (encerradas), cuidando-se para que os revestimentos sejam de baixa re-radiância. A superfície final que faz fronteira com o ambiente deveria ser de um material de baixa emissividade infravermelha. Os metais polidos fazem esse papel, sendo o mais prático o alumínio polido. Dessa forma, as

fontes emitem menos calor, e, portanto, perdem menos calor para o ambiente; melhor ainda, gasta-se menos energia nos processos. É uma economia para a empresa e um benefício para o trabalhador.

56 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

Atuando no Meio de Propagação:

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

5.3 Tornando a Tarefa Menos Crítica

- *Reduzindo a Carga Metabólica Envolvida*

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 57

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

5.4 Considerações além do IBUTG

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

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

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

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

Reposição de Líquidos

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

58 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Busca de Auxílio Médico

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

Condições Limitantes e Alerta de Emergência

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

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

Alerta de Emergência Médica

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

6 Calor em Perguntas e Respostas

CAL – 1

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 59

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

CAL – 2

Para fins de PPRA existe nível de ação para calor?

Se sim, qual?

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

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

CAL – 3

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

Resposta: Os instrumentos digitais em geral atendem ao requisito de se ter o bulbo do Tbn com boa circulação de ar, embora não se possa

dizer que a distância de 25 mm seja sempre respeitada.

CAL – 4

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

(Engenheiro Roberto – DR/PR)

60 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

CAL – 5

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

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

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

(DR/PB)

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

CAL – 6

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

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 61

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

(DR/AL)

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

CAL – 7

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

(Vera do DR/CE)

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

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

62 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

CAL – 8

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

(DR/PE)

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

CAL – 9

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

(Engenheiro Pedro Carvalho – DR/RO)

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

CAL – 10

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

(Mirian – DR/SP)

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 63

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

CAL – 11

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

(Antonio Lima – DR/SP)

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

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

CAL – 12

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

O aparelho é Instrutherm TG 200.

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

64 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

CAL – 13

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

(SESI – DR/AC)

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

CAL – 14

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

O aparelho é Instrutherm TG 200.

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

CAL – 15

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 65

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

CAL – 16

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

(Obrigada, Vera)

Resposta: Analise você mesma, usando o Quadro II. Determine a taxa

metabólica dessa atividade. Como não há outra tarefa (pelo exposto), então já será o metabolismo médio ponderado. Para esse valor, veja o máximo IBUTG médio permitido (Quadro II) e compare com o seu valor medido.

Para melhorar essa situação de sobrecarga térmica, se excessiva, seria necessário adotar uma ou mais das medidas de controle dadas na aula. O que você sugeriria? Faça suas considerações e elas serão comentadas.

66 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

CAL – 17

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

(Éldio/SC)

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

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

CAL – 18

Com calor radiante e altas velocidades do ar, pode haver uma diferença de até 8°C na leitura do Tg, que é agravado por subestimar

o IBUTG? Favor explicar a consequência.

(Antonio de Lima – DR/SP)

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 67

CAL – 19

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

(DR/MS)

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

CAL – 20

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

(Fátima Passos)

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

CAL – 21

Não havendo o termômetro, é possível usar o termômetro úmido e

seco para avaliação da temperatura efetiva?

(Rinaldo de Sousa Vilela – MS)

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

68 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

CAL – 22

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

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

No manual do equipamento da Quest temos:

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

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

Globe thermometerIndicates the radiant heat exposure to an individual due to either direct light or hot objects in the

environment. This is accomplished by placing a temperature sensor inside a blackened copper sphere and measuring the temperature rise.

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 69

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

Portanto:

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

A NHO é um critério técnico que não coincide com o legal. 1) É correto?

2) Qual a consequência?

3) Existe outro país onde os equipamentos eletrônicos são usados com o Tg com seis polegadas?

(Paulo Sergio Alguin – SESI/SP)

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

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

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

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

70 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR 71

Referências

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

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

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

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

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

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO

1 Introdução

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

Existem duas formas básicas de iluminação:

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

2 Conceituação e Antecedentes Técnico-Legais

2.1 Conseqüências de uma Iluminação Inadequada

A iluminação, ou seja, a luz visível, não é, a exemplo de outros parâmetros levantados em higiene ocupacional, propriamente um

“agente agressivo” do ponto de vista de desencadeamento certo de doenças ocupacionais. Esse é o caso geral, pois ordinariamente a iluminância deixa a desejar.

74 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

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

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

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

2.2 Riscos Associados

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

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

máquinas com partes girantes ou com movimento alternado

+

fonte piscante (60 Hz) não percebida (ex.: lâmpada fluorescente)

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

2.3 Tarefa Visual e Campo de Trabalho

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

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO 75

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

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

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

2.4 Unidades, Grandezas e Relações Fotométricas

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

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

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

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

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

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

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

76 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS

Figura 3 — Ilustração dos Parâmetros Luminosos

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

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

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO 77

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

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

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

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

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

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

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

Tabela 1 – Iluminância para Cada Grupo de Tarefas Visuais*

A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 30 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 75 100	Orientação simples para permanência curta
	100 150 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
B Iluminação geral para área de trabalho	200 300 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	500 750 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 1500 2000	Tarefas com requisitos visuais especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 3000 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 7500 10000	Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, montagem de microeletrônica
	10000 15000 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgias

Fonte: Excerto da NBR 5.413

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