

# Exposição ao calor em trabalhos a céu aberto – Guia de orientações gerais

**MINISTÉRIO**  
DO TRABALHO E EMPREGO



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO



**Monitor IBUTG**  
AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO  
OCUPACIONAL AO CALOR



**Elisa Kayo Shibuya • Irlon de Ângelo da Cunha  
Fabiano Amorim • Daniel Pires Bitencourt  
Paulo Alves Maia • Thais Maria Santiago Moraes Barros  
Rodrigo Caoduro Roscani • Flavio Maldonado Bentes**

# **Exposição ao calor em trabalhos a céu aberto – Guia de orientações gerais**

São Paulo

**MINISTÉRIO  
DO TRABALHO E EMPREGO**



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

2024

©2024 dos autores

Todos os direitos desta edição reservados à Fundacentro.

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Não é permitida a venda e/ou a reprodução para fins comerciais.

Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br>

Serviço de Biblioteca e Documentação – SBD / Fundacentro  
São Paulo – SP  
Erika Alves dos Santos CRB-8/7110

Exposição ao calor em trabalhos a céu aberto - Guia de orientações gerais [recurso eletrônico] / Elisa Kayo Shibuya ... [et al.]. – São Paulo: Fundacentro, 2024.

E-book : 42 p.

E-book no formato pdf.

Público a que se destina: gestores, trabalhadores e profissionais da saúde atuantes nas áreas que envolvem exposição ao calor em ambientes de trabalho a céu aberto.

Resumo: Discute os principais aspectos e as consequências da exposição ao calor em ambientes de trabalho a céu aberto na segurança e saúde ocupacional, abordando aspectos legais, fisiológicos, médicos, procedimentos de avaliação da exposição e medidas preventivas e corretivas para a adequação de ambientes de trabalho que proporcionam exposição ao calor.

ISBN 978-65-88344-62-0.

1. Trabalho a alta temperatura – Riscos para a saúde – Higiene ocupacional. 2. Trabalho ao ar livre – Saúde no trabalho – Influência climática. I. Shibuya, Elisa Kayo. II. Cunha, Irlon de Ângelo. IV. Amorim, Fabiano. V. Bitencourt, Daniel Pires. VI. Maia, Paulo Alves. VII. Barros, Thais Maria Santiago Moraes. VIII. Roscani, Rodrigo Caoduro. IX. Bentes, Flavio Maldonado.

CIS Jwh Ah

CDD 536.5761362

CIS – Classificação do *International Labour Organization (ILO)* – *OSH Thesaurus*

CDD – Classificação Decimal de Dewey

## **Presidência da República**

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministério do Trabalho e Emprego

Luiz Marinho

## **Fundacentro**

### **Presidência**

Pedro Tourinho de Siqueira

### **Diretoria de Conhecimento e Tecnologia**

Remígio Todeschini

### **Diretoria de Pesquisa Aplicada**

Rogério Bezerra da Silva

### **Diretoria de Administração e Finanças**

Karina Nunes Figueiredo

### **Produção editorial**

Editora-chefe: Glaucia Fernandes

Preparação de originais: Tikinet Edição

Foto capa: tj\_studio - Freepik

Projeto gráfico, diagramação, ilustrações e capa: Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Érsio Ribeiro, Rebeca Tonello e Paulo Ciola - Phábrica de Produções

# Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Critério legal brasileiro</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Efeitos fisiológicos relacionados ao calor</b> .....	<b>12</b>
3.1 Distúrbios induzidos pelo calor .....	13
3.1.1 – Câimbras musculares .....	13
3.1.2 – Síncope ou tontura .....	14
3.1.3 – Exaustão pelo calor .....	14
3.1.4 – Choque hipertérmico (insolação) .....	15
3.2 Situações especiais .....	15
<b>4. Aclimatização</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Avaliação e acompanhamento médico</b> .....	<b>21</b>
5.1 Monitoramento fisiológico .....	22
<b>6. Avaliação da exposição ocupacional ao calor</b> .....	<b>26</b>
6.1 Variáveis envolvidas na avaliação da exposição .....	26
6.1.1 O IBUTG.....	27
6.1.2 Taxa Metabólica .....	27
6.1.3 Vestimentas.....	29
6.2 Limite de Exposição (LE).....	30
<b>7. Obtenção do IBUTG</b> .....	<b>31</b>
7.1 <i>Monitor IBUTG</i> .....	31
<b>8. Medidas preventivas e corretivas relacionadas à exposição ao calor</b> .....	<b>33</b>
<b>9. Plano de emergência</b> .....	<b>36</b>
<b>10. Bibliografia</b> .....	<b>39</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>41</b>

# Lista de Siglas

<b>ABHO</b>	- Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
<b>ACGIH</b>	- American Conference of Governmental Industrial Hygienists
<b>CLT</b>	- Consolidação das Leis do Trabalho
<b>EPI</b>	- Equipamento de Proteção Individual
<b>FC</b>	- Frequência Cardíaca
<b>GES</b>	- Grupo de Exposição Similar
<b>IBUTG</b>	- Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
<b>IPCC</b>	- Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>LE</b>	- Limite de Exposição
<b>NA</b>	- Nível de Ação
<b>NHO</b>	- Norma de Higiene Ocupacional
<b>NIOSH</b>	- National Institute for Occupational Safety and Health
<b>NR</b>	- Norma Regulamentadora
<b>PCMSO</b>	- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
<b>PGR</b>	- Programa de Gerenciamento de Riscos
<b>PGRTR</b>	- Programa de Gerenciamento de Riscos no Trabalho Rural
<b>SST</b>	- Segurança e Saúde no Trabalho

# 1. Introdução

O advento das mudanças climáticas e as consequentes elevações da temperatura média da superfície terrestre têm impactado as atividades laborais no mundo todo. O Brasil, composto de áreas tropicais e subtropicais, apresenta situações climáticas favoráveis para ocorrência de calor intenso, especialmente devido aos elevados valores de temperatura, umidade e radiação solar, os quais, entre outros, são parâmetros importantes na quantificação da exposição ocupacional ao calor. Em quase todo o território brasileiro, as observações ambientais das últimas décadas têm indicado aumento desse fator, com maior frequência e intensidade das ondas de calor a partir dos anos 2000 (BITENCOURT *et al.*, 2016). Além disso, mesmo assumindo cenários climáticos otimistas para o futuro, com menores emissões dos gases de efeito estufa, existem fortes indicativos de que as temperaturas continuarão subindo até o final deste século, proporcionando agravamento do estresse térmico para o trabalhador (BITENCOURT *et al.*, 2020).

O impacto do calor sobre a saúde das pessoas tem sido cada vez mais evidente e, dependendo da especificidade da atividade laboral bem como do ambiente de trabalho, o calor excessivo torna-se determinante na ocorrência de alguns acidentes e doenças, que, em situações mais graves, pode até levar à morte. Quanto mais alta a temperatura do corpo, maior é o estresse fisiológico que, por sua vez, favorece a ocorrência de acidentes e as chamadas doenças do calor. Alguns sintomas relacionados à exposição ao calor são câimbras, tontura, exaustão e choque hipertérmico ou insolação (ZANDER *et al.*, 2015; CHANG; BERNARD; LOGAN, 2017).

As Normas Regulamentadoras (NR), que em geral abordam aspectos de atividades laborais específicas, buscam promover o trabalho seguro e saudável. Considerando o risco da exposição ocupacional ao agente físico calor, as principais normas de referência publicados no Brasil são NR09<sup>1</sup> - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos, NR15<sup>2</sup> - Atividades e operações

1 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-9-nr-9>

2 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>

insalubres, e a Norma de Higiene Ocupacional (NHO) nº 06 (NHO06, 2017) que, entre outros aspectos, adotam o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) nas avaliações da exposição ocupacional ao calor. No final de 2019, uma importante atualização legal envolvendo a exposição ocupacional ao calor foi apresentada pela Portaria nº 1.359, da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho (SEPRT), que passou a utilizar o Nível de Ação (NA) e o Limite de Exposição (LE), os quais indicam a necessidade ou não da adoção de medidas preventivas ou corretivas, respectivamente (Anexo 3 da NRO9). Os valores desses limiares dependem da taxa metabólica média da atividade do trabalhador para os 60 minutos mais críticos de exposição. Este novo anexo passou a considerar também o efeito das vestimentas na sobrecarga térmica do trabalhador e, desta forma, os valores de IBUTG devem ser ajustados antes de serem comparados ao NA e LE.

Este guia, voltado para atividades realizadas a céu aberto, tem como público-alvo trabalhadores, empregadores, profissionais de Saúde e Segurança no Trabalho (SST), acadêmicos e demais interessados nos diversos aspectos da exposição ao calor em ambientes de trabalho, abordando de forma técnica, mas com linguagem acessível, os principais aspectos que permeiam este tema. Tomando como base diversas fontes de informação, nacionais e internacionais, este guia apresenta-se com propósito, principalmente, de subsidiar os profissionais envolvidos no tema exposição ocupacional ao calor, tanto no âmbito

da pesquisa acadêmica quanto em termos de aplicação prática da avaliação da exposição. Contudo, ressalta-se que não se trata de um documento normativo, abordando o tema de forma técnica e ampla, estando, em alguns pontos, além dos aspectos previstos na legislação brasileira.

O Guia apresenta, no capítulo 2, os aspectos da legislação brasileira que abordam as questões da exposição ocupacional ao calor e detalha, no capítulo 3, os efeitos fisiológicos provocados por essa exposição. O capítulo 4 é dedicado à importância da aclimatização do trabalhador. No capítulo 5, são abordadas as questões relacionadas à avaliação e ao acompanhamento médico. A avaliação da exposição ocupacional ao calor é pontuada no capítulo 6 e, separadamente, no capítulo 7, são apresentados os procedimentos de medição do IBUTG, seja por meio de medições realizadas nos ambientes de trabalho ou por estimativas obtidas pela ferramenta *Monitor IBUTG*, desenvolvida pela Fundacentro para avaliações em áreas externas de ambientes rurais. No capítulo 8, são descritas as medidas corretivas e preventivas necessárias para promover o trabalho seguro e saudável. Por fim, no capítulo 9, são apresentadas algumas características de um plano de emergência para ambientes nos quais o calor possa representar risco à saúde dos trabalhadores.

## 2. Critério Legal brasileiro

O empregador deve adotar medidas de prevenção, de modo que a exposição ocupacional ao calor não cause efeitos adversos ao trabalhador. Este capítulo visa apresentar as principais exigências legais para o desenvolvimento das atividades realizadas sob calor a céu aberto. A legislação é dinâmica e, portanto, o leitor deve sempre se manter atualizado, buscando, preferencialmente, o site do Ministério do Trabalho e Emprego<sup>3</sup>. Os aspectos técnicos para avaliação e controle da exposição são apresentados nos demais capítulos deste guia.

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 7º, equiparou diversos direitos dos trabalhadores rurais aos urbanos, incluindo a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de saúde, higiene e segurança (inciso XXII). No entanto, há legislações específicas para as atividades no meio rural e para o meio urbano.

As atividades na área urbana deverão atender ao disposto na Lei Federal 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que altera o Capítulo V do Título II

da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), relativo à Segurança e Medicina do Trabalho, que foi regulamentada pelas NRs, com exceção da NR31<sup>4</sup>, Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura – referente ao trabalho rural, conforme dispõe a Lei Federal 5.889, de 08 de junho de 1973. Essa norma explicita que as demais NRs se aplicam ao meio rural somente quando houver citação expressa a elas, que é justamente o caso da avaliação do agente físico calor (NR31 – item 31.3.3.1).

Assim, a gestão dos riscos da exposição ao calor, tanto no meio urbano quanto no rural, deve atender ao disposto no Anexo 3 da NR09, e estar incorporada tanto ao Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) na área urbana (NR01<sup>5</sup>-Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais) quanto ao Programa de Gerenciamento de Riscos no Trabalho Rural (PGRTR) (NR31 – item 31.3). Esse anexo define as responsabilidades do empregador relativas às medidas

3 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/>

4 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/ acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-31-nr-31>

5 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/ acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-1>

a serem adotadas, dentre as quais: a necessidade de capacitação dos trabalhadores, a adoção de medidas preventivas e corretivas, a aclimatização dos trabalhadores para atividades de exposição ocupacional ao calor acima do NA e a elaboração de procedimentos de emergência. É importante ressaltar que a NRO1 (meio urbano) prevê um tratamento diferenciado ao microempreendedor individual, à microempresa e à empresa de pequeno porte, aos quais são dispensados de elaborar PGR, mas devem cumprir com as demais disposições previstas em outras NRs (NR01 – item 1.8.5).

Tanto o PGR quanto o PGRTR devem conter, no mínimo, o inventário de riscos ocupacionais e um plano de ação (NR01 – item 1.5.7.1; NR31 – item 31.3.3.2). Esses documentos devem prever uma fase de avaliação da exposição ocupacional ao calor. Inicialmente deve ser realizada uma avaliação preliminar e, se as informações obtidas não forem suficientes para permitir a tomada de decisão quanto à necessidade de implementação de medidas de prevenção, deve-se proceder à avaliação quantitativa (Anexo 3, NR09 – item 3.2.1.1), de acordo com os critérios e procedimentos dispostos na NHO06 (2017). Ainda de acordo com o Anexo 3 da NR09, a avaliação da exposição ao calor para atividades rurais a céu aberto sem fontes artificiais de calor pode ser realizada por meio da ferramenta *Monitor IBUTG*<sup>6</sup>.

O empregador rural deve realizar

o levantamento preliminar das situações de trabalho que demandam adaptação às características psicofisiológicas dos trabalhadores, com o objetivo de identificar a necessidade de adoção de medidas preventivas, as quais devem constar no PGRTR. (NR17<sup>7</sup> - Ergonomia; NR31 – item 31.8.3). Esse programa deve estabelecer medidas para organização do trabalho, de forma que as atividades que exijam maior esforço físico, quando possível, sejam desenvolvidas no período da manhã ou no final da tarde, bem como dispor de ações para minimização dos impactos sobre a SST nas atividades em terrenos acidentados (NR31 – item 31.3.5).

Outra medida fundamental é a adoção de pausas para descanso nas atividades que forem realizadas necessariamente em pé ou que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica, pois favorecem a redução da temperatura interna do trabalhador (NR31 – itens 31.8.6, 31.8.7 e 31.8.8).

A realização dos exames e as ações de preservação da saúde ocupacional dos trabalhadores e de prevenção e controle dos agravos decorrentes do trabalho, no âmbito da avaliação médica, devem ser planejados e executados com base na identificação dos perigos e nas necessidades e peculiaridades das atividades (NR31 – item 31.3.6).

Sempre que o NA para exposição ocupacional ao calor for excedido, deve ser adotada pela organização uma ou mais das seguintes medidas:

6 <https://monitoributg.fundacentro.gov.br/Inicio>

7 <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>

a) disponibilização de água fresca potável (ou outro líquido de reposição adequado), incentivando a sua ingestão; b) programação dos trabalhos mais pesados (acima de quatrocentos e quatorze watts), preferencialmente, nos períodos com condições térmicas mais amenas, desde que não ofereçam riscos adicionais.

Complementando as exigências estipuladas no Anexo 3 da NR 09, para o meio rural, deve ser permanente a disponibilização de água potável e fresca em quantidade suficiente e em condições higiênicas nos locais de trabalho (NR31 – item 31.17.8.1).

Quando ultrapassados os LE ao calor, segundo a NR 09, devem ser adotadas medidas para a adequação do trabalho, tais como: a) alternância das atividades que gerem exposições a níveis elevados de calor com outras que impliquem exposições a níveis menores; b) acesso a locais, inclusive naturais, termicamente mais amenos, que possibilitem pausas espontâneas para recuperação térmica durante as atividades realizadas em locais abertos e distantes de quaisquer edificações ou estruturas naturais ou artificiais (Anexo 3 da NR 09 – item 4.2.2).

É importante observar que o trabalhador pode interromper suas

atividades quando constatar uma situação de trabalho que, a seu ver, envolva um risco grave e iminente para a sua vida e saúde, informando a ocorrência imediatamente ao seu superior hierárquico (NR01 – item 1.4.3; NR31 – item 31.2.5.1). Desta forma, quando o indivíduo manifestar algum dos sintomas provenientes da exposição ao calor (ver capítulo 3), ou sempre que julgar que esteja em uma situação de risco grave e iminente, é recomendável que a atividade seja interrompida para adoção das medidas cabíveis (NR01 – item 1.4.3; NR31 – item 31.2.5.1).

A NR15 estabelece, em seu anexo 3, os critérios para o pagamento do adicional decorrente da exposição ao calor em ambientes fechados, ou ambientes abertos com fonte artificial de calor, não havendo previsão legal para este benefício em ambientes abertos sem fonte artificial de calor.

Por fim, as ações de capacitação dos trabalhadores expostos ao calor são importantes no contexto da prevenção. O anexo 3 da NR09 descreve um conteúdo programático mínimo a ser transmitido aos trabalhadores. A organização deve orientar os trabalhadores em relação aos diversos aspectos relacionados a esse tipo de exposição, conforme descrito no capítulo 8.

## 3. Efeitos fisiológicos relacionados ao calor

O corpo humano possui mecanismos de termorregulação que mantêm a sua temperatura central em torno de 36,5°C. A razão e a quantidade de calor trocado entre o organismo e o ambiente são governadas pelas leis da termodinâmica, dessa forma, o equilíbrio térmico depende do calor metabólico produzido pelo corpo e do calor trocado com o ambiente.

Durante a exposição a ambientes em que ocorre sobrecarga fisiológica com a realização de atividades físicas, é necessário o aumento da dissipação do calor corporal para o ambiente, com o intuito de preservar o funcionamento dos sistemas e evitar danos aos tecidos corporais. Para isso, o organismo conta com mecanismos fisiológicos tanto comportamentais, diretamente relacionados à sensação e ao conforto térmico percebido pelo indivíduo, quanto autonômicos termoregulatórios, constituídos basicamente pela vasodilatação periférica e pela secreção do suor.

Quando os mecanismos de termorregulação se tornam insuficientes para manutenção da temperatura central em limites seguros, começam a ocorrer os problemas relacionados ao calor. As condições que provocam aumento excessivo da temperatura corporal

central são uma associação dos parâmetros ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e calor radiante), com parâmetros individuais, sendo os principais a atividade metabólica, nível de aclimatização, vestimenta utilizada, além de outros fatores, como nível de hidratação, uso de medicamentos, drogas e abuso de álcool. Fatores como idade, sexo e hábitos alimentares também influenciam o controle da temperatura corporal, assim como episódios anteriores de choque hipertérmico ou repetidos episódios de exaustão térmica, doenças crônicas pré-existentes e obesidade. Episódios de diarreia, náusea ou vômito nos dias que antecedem a exposição ao calor também são fatores que podem alterar as respostas termoregulatórias e o controle da temperatura corporal. Além disso, o calor pode agravar condições pré-existentes (ex.: doenças cardiovasculares e renais, entre outras), levando a um aumento no número de hospitalizações e atendimentos médicos, especialmente durante as ondas de calor. Dessa forma, as respostas fisiológicas podem variar amplamente, mesmo entre indivíduos expostos a condições similares de trabalho e, portanto, não há um limite seguro que proteja todos os trabalhadores dos efeitos do calor.

De uma forma geral, as manifestações clínicas relacionados à exposição excessiva ao calor são inespecíficas e de caráter progressivo: inicialmente ocorre um edema (inchaço) de membros, como consequência da vasodilatação periférica, que pode ser sucedida pelo aparecimento de câimbras causadas pelo desequilíbrio hidroeletrólítico em consequência da perda excessiva de minerais. Após este estágio, podem ocorrer a síncope e exaustão por calor e, por último, o chamado choque hipertérmico (também conhecido popularmente como insolação), um quadro grave que pode levar à morte se medidas emergenciais não forem adotadas imediatamente.

Os trabalhadores em risco são, principalmente, aqueles que realizam atividades físicas intensas em ambientes quentes e úmidos, o que pode ser agravado pela exposição à radiação solar ou artificial. No entanto, ambientes termicamente amenos, quando associados a atividades físicas mais intensas, também podem apresentar riscos. Outro fator que pode agravar o estresse térmico é o uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) ou vestimentas isolantes semipermeáveis ou impermeáveis, que podem prejudicar a dissipação do calor do corpo para o meio e, por isso, devem ser levados em conta na avaliação da exposição ocupacional ao calor.

É importante observar ainda que, além dos efeitos à saúde, o estresse por calor pode afetar diretamente o desempenho, a produtividade e a vigilância do trabalhador, provocando um aumento no número

de acidentes de trabalho, o que é especialmente crítico em setores que envolvem atividades perceptivas e psicomotoras.

Um folheto com os principais fatores de risco associados à sobrecarga térmica, desenvolvido pelo NIOSH, pode ser consultado em: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2017-125.pdf>.

### 3.1 Distúrbios induzidos pelo calor

As complicações em decorrência da realização de trabalho em ambientes quentes podem levar a condições clínicas que variam em sinais, sintomas e gravidade clínica. A seguir, estão listadas de forma progressiva as doenças mais comuns causadas pelo calor, indicando os sinais e sintomas, medidas preventivas e de primeiros socorros.

#### 3.1.1 – Câimbras musculares

A realização de trabalho em ambientes quentes por período prolongado pode induzir câimbras na musculatura corporal. Usualmente, as câimbras musculares aparecem de forma repentina, mas podem também ocorrer de forma progressiva, provocando contrações involuntárias e dolorosas na musculatura corporal. As câimbras induzidas pelo calor estão relacionadas à sudorese excessiva e baixos níveis de sódio no sangue e na musculatura.

**Sinais e sintomas:** presença de rigidez, pontadas, espasmos, tremores ou contrações musculares (contraturas) dos braços ou pernas, dor ou espasmos no abdômen.

**Medidas preventivas:** Evitar trabalho muscular excessivo e prolongado sem pausas, reduzir a fadiga, promover a hidratação e reposição de eletrólitos, ou a combinação desses fatores.

**Medidas de primeiros socorros:** Suspender a atividade de trabalho e realizar o alongamento da musculatura com câmbra. Beber água e ingerir alimentos que contenham sódio e/ou ingerir bebida eletrolítica. Caso a câmbra não diminua e/ou o trabalhador tenha histórico de doenças cardiovasculares, procure ajuda médica.

### 3.1.2 – Síncope ou tontura

A síncope, ou tontura, pelo calor ocorre durante ou após a exposição ao calor em que o trabalhador, ao mudar de postura (ex. da posição sentada para posição em pé), apresenta perda de consciência ou sensação de desmaio iminente. Essa condição é atribuída à redução de fluxo sanguíneo cerebral ou diminuição de substratos importantes para o cérebro (ex.: oxigênio, glicose). A realização de trabalho em ambientes quentes por um longo período pode induzir à desidratação, que, associada à vasodilatação da pele provocada pelo calor, resulta em redução do fluxo sanguíneo para o cérebro. Adicionalmente, o trabalho sob calor aumenta a utilização de glicose sanguínea, hepática e muscular, diminuindo a sua concentração no sangue e, conseqüentemente, a oferta para o cérebro.

**Sinais e sintomas:** Tontura, visão turva ou embaçada, palidez, fraqueza e sensação de desmaio ao ficar de pé ou após trabalho físico vigoroso no calor. Em alguns casos pode ocorrer a perda de consciência súbita (desmaio).

**Medidas preventivas:** Hidratar-se constantemente e realizar pausas, especialmente quando há trabalho muscular excessivo e prolongado. Estas medidas visam repor água e eletrólitos perdidos na transpiração, assim como reduzir a fadiga. Evitar longos períodos de trabalho sem a ingestão de alimento.

**Medidas de primeiros socorros:** Sentar ou deitar o trabalhador em um lugar fresco. Elevar as pernas quando a pessoa estiver na posição deitada pode ajudar o sangue a retornar ao coração e cérebro. Caso a pessoa esteja acordada e consciente, ofereça água ou bebida eletrolítica. Retirar roupas pesadas e EPIs para facilitar a dissipação de calor. A utilização de ventiladores e toalhas úmidas é recomendada para resfriar o corpo. Procure ajuda médica.

### 3.1.3 – Exaustão pelo calor

A exaustão pelo calor é induzida pelo trabalho prolongado em ambientes quentes e ocorre quando o trabalhador é incapaz de continuar a atividade laboral. Usualmente, essa condição está associada à hipertermia, desidratação e fadiga.

**Sinais e sintomas:** Sudorese abundante, tontura, fraqueza, sede, irritabilidade, dor de cabeça, vômitos e sensação de calor excessivo. O trabalhador pode apresentar falta de coordenação muscular, leve confusão mental e agitação. Em alguns casos, pode ocorrer perda de consciência súbita e desmaio.

**Medidas preventivas:** Evitar longos períodos de trabalho extenuante no calor. Hidratar-se constantemente e realizar pausas, especialmente quando

há trabalho muscular excessivo e prolongado. Essas medidas visam repor água e eletrólitos perdidos na transpiração, e reduzir a fadiga.

**Medidas de primeiros socorros:**

Sentar ou deitar o trabalhador em um lugar fresco. Elevar as pernas quando a pessoa está na posição deitada, para ajudar o sangue retornar ao coração e cérebro. Caso a pessoa esteja acordada e consciente, ofereça água ou bebida eletrolítica. Procure ajuda médica ou encaminhe o trabalhador ao serviço de emergência médica o mais rápido possível.

**3.1.4 – Choque hipertérmico (insolação)**

O choque hipertérmico pode ocorrer quando houver trabalho prolongado em ambientes quentes. É caracterizado pelo aumento excessivo da temperatura corporal (temperatura central  $\geq 40,5^{\circ}\text{C}$ ) associado a comprometimentos neuropsicológicos. Em alguns casos resulta da falência do sistema termorregulatório e, se não for tratada adequadamente, essa condição pode levar a lesões sistêmicas de tecidos e órgãos, e até à morte.

**Sinais e sintomas:** A disfunção do sistema nervoso central é uma característica fundamental do choque hipertérmico. O indivíduo poderá apresentar irritabilidade, confusão, consciência alterada e colapso, sintomas estes, associados a uma temperatura central acima de  $40,5^{\circ}\text{C}$ .

**Medidas de primeiros socorros:**

Medidas de resfriamento corporal devem ser iniciadas assim que

for identificada esta condição e o indivíduo deve ser transportado imediatamente para um hospital. Recomenda-se a utilização de ventiladores, ar-condicionado ou a imersão do corpo em banheira com água fria.

De acordo com o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 2016), o prognóstico das doenças causadas pelo calor depende dos valores da temperatura central, da prontidão do socorro para diminuí-la, bem como do desequilíbrio hídrico e eletrolítico, o que torna fundamental o estabelecimento de protocolos de emergência dentro das empresas (vide capítulo 9 deste guia).

**3.2 Situações especiais**

Além dos distúrbios citados no item anterior, que são os efeitos causados diretamente pelo calor, a exposição pode estar associada de forma indireta a outras condições graves, como a rabdomiólise e hiponatremia.

A rabdomiólise resulta de lesões diretas ou indiretas do músculo esquelético, usualmente causado por atividade muscular intensa, que leva à liberação de componentes intracelulares na corrente sanguínea, como a mioglobina e proteínas sarcoplasmáticas, que podem, por sua vez, causar lesão renal aguda. O sintoma mais característico é a urina escura (de avermelhada a marrom), acompanhado de câimbras ou dor muscular e fraqueza. Nessas situações, o trabalhador deve interromper as atividades, ingerir água e procurar ajuda médica imediatamente, informando a suspeita de rabdomiólise.

A hiponatremia consiste em um desequilíbrio hidroeletrolítico causado pela perda excessiva de eletrólitos e consumo excessivo de água, resultando em concentração plasmática de sódio menor que 136 mEq/L. Essa condição é associada à sudorese intensa e ingestão de grandes volumes de água sem reposição de sais. Embora possa não haver sintomas, pode ocorrer

encefalopatia, edema cerebral e pulmonar, dificuldade respiratória e morte. A ocorrência de hiponatremia não é uma condição comum no ambiente ocupacional; ainda assim, é importante alertar que a ingestão de grandes quantidades de água, associada à sudorese intensa, sem reposição de minerais durante a jornada de trabalho, pode diluir perigosamente o sangue.

## 4. Aclimatização

**A**s constantes e crescentes ondas de calor observadas ao longo das últimas décadas trazem à tona a busca por estratégias para redução do estresse térmico e dos seus efeitos em ambientes ocupacionais. Nesse sentido, a aclimatização ao calor é uma das mais importantes intervenções que pode ser adotada, a fim de reduzir o risco de doenças relacionadas ao calor.

Embora muitas vezes sejam utilizadas como sinônimos, a aclimatização refere-se à adaptação que ocorre em ambientes quentes naturais, e a aclimação em ambientes controlados ou artificiais (laboratórios ou câmaras climáticas) (Wenger et al., 1988). A efetividade do protocolo de aclimatização depende da intensidade do estresse térmico e da amplitude do distúrbio das variáveis fisiológicas (ex.: temperatura central, frequência cardíaca). Desta forma, a aclimatização é específica às condições do ambiente e da atividade metabólica em que foram desenvolvidas e, portanto, deve ser realizada em condições de sobrecarga térmica similares àquelas previstas para o trabalho (ACGIH 2023). Nesse sentido, ressalta-se que a aclimatização de trabalhadores que desenvolvem suas atividades

a céu aberto apresenta maior complexidade, uma vez que as condições ambientais de calor não são controláveis. Por outro lado, nessas situações, a atividade do trabalhador pode ser moderada, a fim de se estabelecer um plano de aclimatização (incluindo exposição intermitente e progressiva), para o qual pode-se fazer uso da ferramenta *Monitor IBUTG*, apresentada na seção 7.1 deste guia, uma vez que possibilita ao usuário fazer simulações de diferentes situações térmicas sob a consideração do IBUTG previsto para as próximas horas e dias.

Fisiologicamente, o processo de aclimatização ao calor ocorre por meio de mudanças autonômicas<sup>8</sup> e comportamentais, a partir da exposição prolongada e/ou repetida a ambientes quentes. Essas mudanças incluem:

- ♦ aumento na taxa de sudorese;
- ♦ diminuição da frequência cardíaca (FC);
- ♦ aumento do fluxo sanguíneo para a pele, que facilita a perda de calor por radiação, condução e convecção;
- ♦ aumento da capacidade de dilatação dos vasos sanguíneos da pele, que permite uma maior regulação

8 alterações que o sistema nervoso autônomo realiza para adaptar o organismo às condições de temperatura elevada

do fluxo sanguíneo em função da temperatura ambiente;

- ♦ diminuição do limiar de temperatura para o início da sudorese e da vasodilatação, que antecipam as respostas de perda de calor e evitam o aumento excessivo da temperatura do corpo.

Essas mudanças autonômicas ocorrem gradualmente ao longo de vários dias de exposição, levando a uma maior tolerância ao calor. Embora a maioria dos trabalhadores saudáveis seja capaz de se aclimatizar após um período de exposição, alguns indivíduos podem se mostrar intolerantes ao calor. Essa intolerância pode estar relacionada a vários fatores e pode ser avaliada pelo médico com a aplicação de um teste de tolerância ao calor (Sawka et al., 2011), especialmente importante após um episódio de exaustão pelo calor ou choque hipertérmico.

A aclimatização acarreta um aumento na capacidade de realizar trabalho em ambientes quentes, uma vez que reduz as sobrecargas cardiovascular, metabólica e termorregulatória. Essa redução na sobrecarga fisiológica é acompanhada pela redução de sintomas de doenças induzidas pelo calor, como câimbras, exaustão pelo calor e choque hipertérmico.

Em suma, no trabalhador aclimatizado os processos de troca de calor corporal são ativados precocemente sendo também, mais efetivos. A transferência de calor das regiões internas do corpo para a pele aumenta através de mudanças no fluxo e volume sanguíneos. O aumento do volume de suor

produzido por unidade de tempo (taxa de sudorese), com a redução da concentração de eletrólitos no suor e no limiar da sudorese, auxilia na manutenção do balanço eletrolítico e favorece a perda de calor. A função renal alterada pelo sistema neuroendócrino preserva o volume sanguíneo e diminui o risco de desidratação.

Não há consenso na literatura científica em relação à qual seria o melhor protocolo de aclimatização ao calor, embora haja evidências de que a frequência e a intensidade das alterações fisiológicas durante as exposições sejam importantes para o resultado do processo. Existem diversas variáveis que podem ser ajustadas quando se pensa nesses protocolos, como a duração total do período de aclimatização, a frequência semanal das exposições e a duração e intensidade da sessão diária de aclimatização.

De acordo com o NIOSH (2016), a aclimatização ao calor pode ser induzida com exposições diárias relativamente curtas, de pelo menos duas horas por dia, que podem ser divididas em duas com duração de uma hora. As adaptações fisiológicas ocorrem de forma progressiva e necessitam entre sete e 14 dias para serem completamente estabelecidas. Esse processo é mais rápido em pessoas jovens ou fisicamente ativas do que em pessoas idosas e/ou sedentárias.

Da mesma forma que o organismo se aclimatiza quando exposto diariamente a condições de estresse térmico, uma perda significativa desta adaptação ocorre quando o trabalhador se afasta por, pelo menos, sete dias

do trabalho. Após três semanas, esta perda é praticamente total, e uma nova aclimatização torna-se necessária antes do retorno ao trabalho. Nessas situações, o período de readaptação tende a ser menor.

Estudos realizados pelo NIOSH (2016) mostram que a falta de aclimatização é o principal fator associado à morte de trabalhadores por calor. Por este motivo, todas as referências técnicas internacionais que tratam da exposição ao calor recomendam que os empregadores desenvolvam e implementem um plano de aclimatização compatível com o tipo de atividade realizada. Isto vale para trabalhadores novos, para trabalhadores que retornam após um período de afastamento ou, no caso de atividades realizadas a céu aberto, para trabalhadores que atuam numa área em que as temperaturas foram amenizadas durante um período de pelo menos sete dias, em função da mudança temporária das condições atmosféricas.

A Norma de Higiene Ocupacional NHO 06, da Fundacentro (NHO 06, 2017), e as normas legais brasileiras recomendam que as empresas implementem, a critério médico, um plano de aclimatização estruturado e específico para a atividade desenvolvida, para que, de forma progressiva, o trabalhador seja exposto a condições similares àquelas previstas em sua rotina normal de trabalho.

Para trabalhadores de áreas externas, existem várias situações para as quais é necessário realizar a aclimatização. No Brasil, os empregadores e trabalhadores devem ficar atentos,

pois pode ocorrer grande variabilidade temporal e espacial da temperatura e dos demais parâmetros que devem ser considerados na exposição ao calor. Na Região Sul e em parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde as estações do ano são bem definidas, normalmente ocorrem temperaturas baixas ou amenas entre final do outono e início da primavera, e mais altas nas demais épocas do ano. Essa variabilidade térmica ao longo do ano deve ser levada em conta, pois alguns estudos indicam que o primeiro episódio de calor do ano é mais impactante para a saúde da população, justamente pela falta de aclimatização. E, mesmo no decorrer da época quente, qualquer parte do Brasil pode ser atingida por ondas de calor com aumento drástico dos valores de temperatura em poucos dias. Além disso, também podem ocorrer situações atmosféricas de menor escala temporal, que provocam grande variabilidade das temperaturas dentro de um único dia de trabalho.

Do ponto de vista das atividades laborais, as diretrizes gerais do NIOSH (2016) para os programas de aclimatização são:

- ♦ O tempo de exposição ao calor deve ser aumentado gradualmente por um período de sete a 14 dias;
- ♦ Para trabalhadores que nunca exerceram atividades em ambientes quentes, o tempo de exposição no primeiro dia não deve ser superior a 20% da duração normal do trabalho, e o acréscimo de tempo a cada dia consecutivo não deve ser superior a 20%;

- ♦ Para trabalhadores que já exerceram atividade sob calor, é permitida uma exposição de até 50% da jornada de trabalho no primeiro dia, seguida de 60% no dia 2, 80% no terceiro, e 100% no quarto dia.

Para estar alinhado com a legislação brasileira e com o critério apresentado na NHO 06, o desenvolvimento das duas últimas diretrizes descritas acima deverá considerar o conceito dos 60 minutos mais críticos da exposição.

Com relação à especificidade deste processo, a aclimatização deve ser revista sempre que o trabalhador passar a exercer atividades que impliquem exposição mais crítica do que aquelas

as quais estavam expostos anteriormente. Os trabalhadores que, mesmo aclimatizados, tenham se afastado da condição de exposição por mais de sete dias, devem passar por novo processo de adaptação ao calor.

O plano de aclimatização ao calor deve ser desenvolvido sob supervisão médica, considerando o período, a frequência e a duração da exposição ao calor, de forma progressiva e individualizada, além da intensidade (metabolismo) das atividades realizadas. Recomendações mais específicas podem ser consultadas na NHO 06 (2017), nos documentos da ABHO (2023), NIOSH (2016) e no site do NIOSH<sup>9</sup>.

9

<https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2017-124.pdf>

## 5. Avaliação e acompanhamento médico

**A**ntes de iniciar quaisquer atividades sob calor, o trabalhador deve passar por uma avaliação médica de seu estado geral de saúde. Esta avaliação visa prevenir as doenças decorrentes da exposição ao calor, identificando condições clínicas e hábitos que favoreçam o desenvolvimento dessas patologias. Além dos exames clínicos e laboratoriais estabelecidos pelo médico, esta avaliação deve incluir:

- histórico médico, indicando condições pré-existentes que possam afetar o sistema termorregulatório ou a aclimatização ao calor;
- histórico ocupacional, incluindo o período trabalhado em cada atividade, riscos físicos e químicos a que o trabalhador esteve exposto, as demandas e intensidades das exposições ao calor, identificando episódios de distúrbios relacionados ao calor e de rabdomiólise, e períodos e condições anteriores de aclimatização em atividades ocupacionais e não ocupacionais;

- identificação de todos os medicamentos<sup>10</sup> utilizados pelo trabalhador, para que o médico possa avaliar eventuais impactos sobre os mecanismos<sup>11</sup> envolvidos no sistema cardiovascular e termorregulatório;
- informações sobre hábitos pessoais relacionados ao uso de substâncias ilícitas, bem como álcool, cafeína, entre outras.

Uma avaliação médica mais detalhada pode ser solicitada a critério do profissional de saúde responsável, por exemplo, quando o trabalhador apresentar histórico de doenças cardíacas, uso de determinados medicamentos, como anti-hipertensivos, doença pulmonar obstrutiva ou restritiva, diabetes, doença renal ou rabdomiólise. Indivíduos com lesões em grandes áreas da pele, anidrose (incapacidade de secretar suor) ou obesidade também tem o risco aumentado e devem ser avaliados de forma mais criteriosa.

Além desta avaliação inicial, quando o trabalho for realizado em condições próximas aos limites de exposição, na

<sup>10</sup> Estes incluem diuréticos, drogas anti-hipertensivas (por exemplo, atenolol, betaxolol), sedativos, antiespasmódicos, psicotrópicos, anticolinérgicos e drogas que podem alterar a sede (haloperidol) ou o mecanismo de suor (por exemplo, fenotiazinas, anti-histamínicos, anticolinérgicos).

<sup>11</sup> Uma lista dos principais medicamentos e seus mecanismos de ação é apresentada na Tabela 4.2 da página 39 do *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments*, acesso em <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html>

região de incerteza definido pela NHO 06, ou forem identificados fatores que elevam o risco de sobrecarga térmica e fisiológica, é recomendável que seja implementado um programa de acompanhamento médico, considerando a necessidade de exames complementares e monitoramento fisiológico, que deve estar previsto no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) (Anexo 3 da NR09 – item 3.2.3). Essa vigilância, que deve ser sempre realizada a critério médico, visa:

- a identificação precoce de sinais ou sintomas relacionados a doenças de calor, com a prevenção de resultados adversos e agravamento das condições;
- a identificação de sobrecarga fisiológica excessiva.

Apesar do monitoramento fisiológico ser citado na legislação, o texto não traz maiores detalhes, deixando a critério do médico responsável a definição da metodologia e dos parâmetros a serem monitorados. No tópico a seguir, são apresentadas as principais diretrizes deste procedimento.

## 5.1 Monitoramento fisiológico

Os índices de calor, como o *Heat Index* e o IBUTG, são desenvolvidos com o objetivo de proteger a grande maioria dos trabalhadores de doenças e lesões relacionadas ao calor, indicando as condições de exposição que podem representar riscos de doenças ou lesões, e estabelecendo critérios para definir a necessidade ou não da adoção de medidas de controle. No entanto, como já foi dito, a resposta

fisiológica decorrente dessa exposição pode variar amplamente, mesmo entre indivíduos expostos a condições similares de trabalho, e depende de uma grande variedade de parâmetros.

O monitoramento fisiológico consiste na medição direta ou indireta das respostas fisiológicas do organismo ao estresse térmico a que está submetido (ambiental e metabólico). Esta estratégia se mostra mais efetiva, uma vez que os efeitos da exposição são avaliados de forma individualizada, levando em consideração as características pessoais e condições de saúde dos indivíduos. Dependendo do parâmetro avaliado, o monitoramento fisiológico pode ser utilizado para monitorar os trabalhadores ao longo da jornada de trabalho, e pode detectar sinais de desidratação, fadiga, hipertermia ou doença pelo calor em tempo real e indicar a necessidade de intervenções. Este procedimento pode ser especialmente útil no acompanhamento de indivíduos não aclimatizados, intolerantes ao calor ou que apresentem alguma condição médica que prejudique as trocas de calor com o meio. Adicionalmente, o monitoramento fisiológico é recomendado em ocupações em que o estresse térmico é severo e pode colocar em risco a saúde do trabalhador.

Diversos parâmetros podem ser utilizados para monitorar a resposta do organismo ao calor. A ACGIH (2023) recomenda o acompanhamento da FC e respectivo tempo de recuperação, bem como da temperatura central do corpo. Devem ser observados, também, a ocorrência de sudorese intensa, a perda de peso durante a jornada de

trabalho, que não deve exceder 1,5 % do peso corporal, e a taxa de excreção de sódio urinário, esse último indicado para acompanhamento de situações mais severas. O documento da ACGIH (2023) cita ainda, que é importante observar a ocorrência de sintomas como fadiga severa e repentina, náuseas, vertigens, tontura e sudorese intensa ao longo da jornada de trabalho.

Em um estudo mais completo, o

NIOSH (2016) descreve diferentes parâmetros que podem ser utilizados no monitoramento fisiológico, juntamente com suas formas de avaliação. São eles: o histórico de exposição ao calor, temperatura central, FC, peso corporal (relacionado à desidratação), pressão arterial sanguínea, frequência respiratória e nível de alerta (confusão mental). Esses parâmetros, procedimentos e suas limitações são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Exemplos de monitoramento fisiológico utilizados para a prevenção de doenças relacionadas ao calor.

Parâmetro de Monitoramento	Como avaliar	Quando avaliar	Informações adicionais	Limitações
Histórico de exposição ao calor	Por meio de entrevistas ou pela aplicação de questionários	Antes de iniciarem e/ou retornarem ao trabalho em um ambiente quente, os trabalhadores devem ser autorizados pelo profissional de saúde responsável	Um histórico de doença relacionada ao calor aumenta o risco de reincidência O estado de aclimatização deve ser avaliado Condições médicas pré-existentes, medicamentos de venda livre ou prescritos e suplementos que podem afetar a tolerância ao calor devem ser considerados	Autorrelato pelos trabalhadores acarreta risco de omissão intencional ou acidental do histórico médico ou das condições que poderiam aumentar o risco durante o trabalho em ambientes quentes
Frequência cardíaca (FC)	Verificação do pulso radial: contar o número de batidas por minuto (bpm), sentindo a pulsação no interior do pulso De forma contínua com o uso de um monitor cardíaco (cinta torácica)	Antes do início do trabalho, em repouso, para determinar FC de repouso, e após a exposição ao calor (ex.: 1 a 3 minutos após o término do período de trabalho) O uso da cinta torácica permite obter a FC ao longo de todo o turno de trabalho A sobrecarga fisiológica é indicada por uma FC, sustentada acima de 180 bpm menos a idade do trabalhador	A FC deve cair rapidamente, aproximando-se da FC de repouso, quando o trabalhador estiver descansando em um ambiente fresco A FC permanecerá elevada em um trabalhador que sofre de uma doença relacionada ao calor	Muitos fatores individuais não relacionados ao estresse térmico, podem causar um aumento da FC (ex.: esforço físico, condição física, febre decorrente de uma infecção, dor de uma lesão ou ataque cardíaco, desidratação) O uso de medicamentos (ex.: betabloqueadores) ou condições médicas pré-existentes (ex.: bradicardia sinusal, hipotireoidismo, marca-passo) podem suprimir a FC As cintas torácicas devem estar devidamente ajustadas; perda de dados pode ocorrer quando o contato com a pele é perdido durante o esforço ou quando há transpiração excessiva
Temperatura			O aumento da temperatura indica: 1) que o corpo não está esfriando tão rapidamente quanto necessário, ou 2) falha dos mecanismos de resfriamento	A temperatura corporal geralmente diminui mais lentamente do que a FC, em resposta ao estresse térmico

( ... )

Parâmetro de Monitoramento	Como avaliar	Quando avaliar	Informações adicionais	Limitações
Temperatura oral: medida com termômetro oral	Medição da Temperatura em repouso em um ambiente fresco Durante o pico de temperatura ambiental ou no pico de sobrecarga térmica; e, novamente, após o período de trabalho	Medição da Temperatura em repouso em um ambiente fresco Durante o pico de temperatura ambiental prevista no local de trabalho e, novamente, após o período de trabalho	Inexato se a medição for feita logo após a ingestão de bebidas frias	As temperaturas orais são geralmente 0,5°F (cerca de 0,3 °C) mais baixas do que temperatura central do corpo
Temperatura auricular: medida com termômetro infravermelho colocado no canal auditivo, mas sem estar em contato direto com a membrana timpânica	Durante o pico de temperatura ambiente prevista no local de trabalho e, novamente, após o período de trabalho	Durante o pico de temperatura ambiente prevista no local de trabalho e, novamente, após o período de trabalho	Medida mais próxima à temperatura central do que a oral. No entanto, esse método ainda pode sofrer influência da temperatura do ambiente	As medidas fornecidas por um termômetro infravermelho não devem ser interpretadas da mesma forma que os dados obtidos por um termômetro que utiliza um sensor diretamente no tímpano Erros e leituras baixas podem ocorrer se houver cera excessiva no ouvido Não deve ser usado em caso de infecção ou cirurgia recente no ouvido
Temperatura central (intestinal): medida com sensor eletrônico inerte, que transmite os dados de temperatura central do corpo em tempo real ao percorrer o intestino.	Os dispositivos de detecção contínua medem a temperatura durante os períodos de trabalho e descanso O sensor é engolido antes de iniciar o trabalho e excretado normalmente na evacuação	Os dispositivos de detecção contínua medem a temperatura durante os períodos de trabalho e descanso O sensor é engolido antes de iniciar o trabalho e excretado normalmente na evacuação	Fornecer a medida mais próxima à temperatura central Existem sensores com sistema de alarme automatizado para alertar, em tempo real, quando as temperaturas centrais especificadas forem excedidas, possibilitando a remoção imediata dos trabalhadores para um ambiente fresco Dependendo do sistema, os dados de temperatura central somente podem ser visualizados após o download no final do turno de trabalho	Os trabalhadores devem passar por uma triagem para verificar a existência de condições que possam comprometer a ingestão segura do sensor O sensor deve ser ingerido com alimentos ou água, para garantir que deixe o estômago e entre no intestino delgado antes dos dados serem coletados Quedas artificiais nos valores de temperatura podem ocorrer após a ingestão de líquidos frios. Os dados precisam ser devidamente tratados antes da análise Caso o sensor seja excretado durante o turno de trabalho, a coleta de dados será parcial
Peso corporal	Pode ser utilizada uma balança doméstica com boa precisão O ideal é a utilização de uma balança digital calibrada	Antes e imediatamente após a exposição ao calor	A perda de peso pode indicar que os fluidos perdidos não estão sendo adequadamente repostos	O indivíduo deve ser pesado em balanças com boa precisão ou calibradas, vestindo apenas roupas íntimas, a fim de minimizar o erro, devido ao peso do suor absorvido pela roupa
Pressão arterial	Medição da pressão arterial com medidores automáticos clinicamente validados ou esfigmomanômetro e estetoscópio; medição das respirações por minuto com cronômetro.	Antes e após o período de trabalho	A pressão arterial não se restabelece tão rapidamente quando um trabalhador está sofrendo de doenças de calor A postura pode afetar a pressão arterial em trabalhadores com doenças relacionadas ao calor e deve ser levada em consideração nos diferentes métodos de monitoramento fisiológico	Deve-se ter certeza de que o braço está estendido, o indivíduo sentado com o punho adequado para a medição e as pernas des cruzadas durante a medição A desidratação pode afetar a pressão arterial e, por isso, ela precisa ser verificada na avaliação

( ... )

(...)

Parâmetro de Monitoramento	Como avaliar	Quando avaliar	Informações adicionais	Limitações
Frequência respiratória	Contar o número de respirações por minuto utilizando um cronômetro	Antes e após o período de trabalho	A frequência respiratória não retorna ao valor inicial tão rapidamente quando um trabalhador está sofrendo de doenças de calor	É impactada por outros fatores fisiológicos (ex.: acidose metabólica por produção de lactato em esforço anaeróbico) Condições médicas pré-existentes (ex.: asma ou tabagismo) podem impactar a função pulmonar, resultando em frequência respiratória anormalmente alta e/ou tempo de recuperação prolongado

**Fonte:** Adaptado de NIOSH (2016)

Nota: esta tabela cita de forma geral alguns parâmetro e procedimentos para realização do monitoramento fisiológico. Sua aplicação em ambientes ocupacionais, assim como outros detalhamentos, devem ser elaborados pelos responsáveis pelo controle médico, considerando inclusive, as questões individuais.

O monitoramento fisiológico é uma ferramenta importante, principalmente diante das perspectivas das mudanças climáticas, que conforme o último relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), mesmo sob cenários futuros mais otimistas já apontam para aumento significativo da temperatura da Terra (IPCC, 2021). No Brasil, há fortes indícios de que as situações de estresse por calor ocorrerão com maior frequência nas próximas décadas, com expectativas de valores de IBUTG maiores do que os observados em períodos anteriores a 1990 (Bitencourt et al, 2020), o que torna premente a adoção desses cuidados no ambiente ocupacional.

Contudo, existem dificuldades práticas para seu uso nos ambientes de trabalho, relacionadas principalmente à:

- ♦ necessidade de equipamentos específicos para medir parâmetros como FC, temperatura corporal e perda de massa (peso);

- ♦ dificuldade de acesso ou custo elevado destes dispositivos;
- ♦ falta de padronização e validação das metodologias envolvidas;
- ♦ resistência dos trabalhadores devido ao caráter invasivo de alguns dispositivos ou ao desconforto em sua utilização, que podem limitar os movimentos e interferir na sua rotina ou privacidade;
- ♦ capacitação de profissionais de saúde para realizarem os procedimentos e as intervenções necessárias.

Por outro lado, se considerarmos o avanço tecnológico e o desenvolvimento de dispositivos cada vez mais compactos, o monitoramento dos parâmetros fisiológicos deve se tornar mais viável e eficiente em futuro próximo, atuando como uma importante ferramenta nas questões relacionadas à saúde do trabalhador exposto ao calor intenso.

## 6. Avaliação da exposição ocupacional ao calor

**A** legislação brasileira adota o IBUTG como índice de referência nas avaliações da exposição ocupacional ao calor, tanto para fins preventivos quanto de insalubridade e previdenciário.

A avaliação quantitativa no local, em ambientes internos ou externos, com ou sem fontes artificiais de calor, envolve: 1) determinação do IBUTG por meio do uso de medidores de IBUTG; 2) análise da atividade executada pelo trabalhador para a estimativa do calor metabólico, e 3) análise do tipo de vestimenta utilizada, assim como o uso ou não de capuz, que pode influenciar a perda de calor pelo corpo e requerer correções no IBUTG.

No caso de ambientes rurais a céu aberto, sem fontes artificiais de calor, e exclusivamente para fins preventivos, além da medição *in loco*, a avaliação da exposição ocupacional ao calor pode ser realizada através da ferramenta *Monitor IBUTG*, desenvolvida pela Fundacentro e disponibilizada gratuitamente por meio do site e aplicativo de celular (ver item 7.2).

As etapas principais para avaliar a exposição ocupacional ao calor com base no IBUTG são:

- reconhecimento do local (ambiente) de trabalho e das atividades desenvolvidas;

- descrição das atividades, considerando a jornada de trabalho, as pausas, medidas de controle existentes e demais peculiaridades e especificidades que envolvem as condições de trabalho, por meio de observações de campo, com a identificação de grupos de exposição similar e da condição (hora) mais crítica de exposição;
- estimativa da taxa metabólica de trabalho;
- análise das vestimentas para ajuste do IBUTG efetivo, se necessário;
- medição/estimativa do IBUTG;
- determinação do NA e LE, e interpretação dos resultados;
- indicação das medidas preventivas e corretivas a serem adotadas.

O detalhamento dos procedimentos e diretrizes gerais desta avaliação estão descritos na NHO06 (2017) da Fundacentro e os requisitos legais podem ser consultados nos Anexos de calor das NRO9 e NR15.

### 6.1 Variáveis envolvidas na avaliação da exposição

O equilíbrio térmico e a quantidade de calor trocado entre o corpo e o ambiente dependem de parâmetros ambientais - temperatura do ar (T), radiação

(R), umidade do ar (UR) e velocidade do ar (V), bem como dos parâmetros individuais: isolamento térmico das vestimentas e metabolismo da atividade. Com base nos parâmetros ambientais, obtêm-se a temperatura de globo ( $T_g$ ) e a temperatura de bulbo úmido natural ( $T_{bn}$ ), que juntamente com a temperatura do ar (também chamada de temperatura de bulbo seco – T), definem o valor de IBUTG, dado em °C. Para verificar a conformidade da exposição com o nível de ação e limite de exposição, é necessário ainda, conhecermos a taxa metabólica (M) e o isolamento térmico das vestimentas.

### 6.1.1 O IBUTG

Os cálculos do IBUTG para ambientes com e sem carga solar direta são realizados através de equações distintas. Para ambientes externos com carga solar direta, ou seja, quando não há nenhuma interposição como nuvens, anteparos, telhas de vidro etc., temos:

$$\text{IBUTG} = 0,7 T_{bn} + 0,2 T_g + 0,1 T$$

No caso de ambientes internos ou externos sem carga solar direta, utiliza-se:

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

sendo  $T_{bn}$  - temperatura de bulbo úmido natural, em °C

$T_g$  - temperatura de globo, em °C

T - temperatura do ar, em °C

Os equipamentos eletrônicos disponíveis no mercado fornecem os valores de IBUTG, tanto para ambientes internos quanto externos, sendo necessário aplicar a correção para vestimentas sobre este valor.

### 6.1.2 Taxa Metabólica

A taxa metabólica ou metabolismo de trabalho (M) está associada à quantidade de energia utilizada pelo corpo na realização de tarefas laborais, gerando calor que deve ser dissipado para o ambiente. Este metabolismo define os valores de NA e LE, que representam condições limítrofes para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo em trabalhadores não aclimatizados e aclimatizados, respectivamente, para ciclos de uma hora de trabalho.

A NHO 06 (2017) fornece uma estimativa da M através da composição de movimentos do corpo, como mostra a Tabela 2. Essa estimativa, prevista na legislação brasileira, teve como referência o procedimento descrito na ISO 8996 (2004), correspondendo ao nível 2 de análise (*Observation*). Segundo a norma ISO citada, essa metodologia fornece valores com erros em torno de 20%.

Importante ressaltar que os dados da Tabela 2 não representam atividades específicas; eles somente fornecem elementos para que as atividades possam ser analisadas pela composição de um ou mais tipos de movimentos. Desta forma, é necessário que o avaliador realize um estudo de “tempo e movimento” das atividades executadas, ou seja, uma descrição detalhada, levando-se em consideração os movimentos, as “pausas”, os tempos de duração, além da velocidade e esforços empreendidos para cada modo de execução da tarefa. A atividade avaliada pode requerer, por exemplo, a movimentação contínua ou intermitente de uma ou mais partes do corpo, como braços, pernas e tronco, em diferentes intensidades e duração. O avaliador deve

utilizar esses dados para obter um valor médio aproximado que melhor se enquadre à tabela de “Taxa metabólica por tipo de atividade” (Tabela 2).

**Tabela 2:** Taxa metabólica por tipo de atividade

Atividade	Taxa metabólica <sup>(a)</sup> (W)
<b>Sentado</b>	
Em repouso	100
Trabalho leve com as mãos	126
Trabalho moderado com as mãos	153
Trabalho pesado com as mãos	171
Trabalho leve com um braço	162
Trabalho moderado com um braço	198
Trabalho pesado com um braço	234
Trabalho leve com dois braços	216
Trabalho moderado com dois braços	252
<b>Em pé, agachado ou ajoelhado</b>	
Em repouso	126
Trabalho leve com as mãos	153
Trabalho moderado com as mãos	180
Trabalho pesado com as mãos	198
Trabalho leve com um braço	189
Trabalho moderado com um braço	225
Trabalho pesado com um braço	261
Trabalho leve com dois braços	243
Trabalho moderado com dois braços	279
Trabalho pesado com dois braços	315
Trabalho leve com o corpo	351
Trabalho moderado com o corpo	468
Trabalho pesado com o corpo	630
<b>Em pé, em movimento</b>	
Andando no plano	
1- Sem carga	
2 km/h	198
3 km/h	252
4 km/h	297
5 km/h	360
2- Com carga	
10 kg, 4 km/h	333
30 kg, 4 km/h	450
Correndo no plano	
9 km/h	787
12 km/h	873
15 km/h	990
Subindo rampa	
1- Sem carga	
com 5° de inclinação, 4 km/h	324
com 15° de inclinação, 3 km/h	378
com 25° de inclinação, 3 km/h	540
2- Com carga de 20 kg	
com 15° de inclinação, 4 km/h	486
com 25° de inclinação, 4 km/h	738
Descendo rampa (5 km/h) sem carga	
com 5° de inclinação	243
com 15° de inclinação	252
com 25° de inclinação	324
Subindo escada (80 degraus por minuto – altura do degrau de 0,17 m)	
Sem carga	522

(...)

(...)

Atividade	Taxa metabólica <sup>(a)</sup> (W)
Com carga (20 kg)	648
Descendo escada (80 degraus por minuto – altura do degrau de 0,17 m)	
Sem carga	279
Com carga (20 kg)	400
Trabalho moderado de braços (ex.: varrer, trabalho em almoxarifado)	320
Trabalho moderado de levantar ou empurrar	349
Trabalho de empurrar carrinhos de mão, no mesmo plano, com carga	391
Trabalho de carregar pesos ou com movimentos vigorosos com os braços (ex.: trabalho com foice)	495
Trabalho pesado de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá, abertura de valas)	524

a) Taxa metabólica definida para o homem padrão (área superficial igual a 1,8 m<sup>2</sup>)

M [kcal/h] = 0,859845 x M [W]

Fonte: NHO 06 (2017)

### 6.1.3 Vestimentas

O IBUTG foi desenvolvido empiricamente para trabalhadores vestindo uniformes tradicionais de algodão, compostos por calça e camisa de manga comprida. Embora há mais de uma década a ACGIH recomende a correção do IBUTG em função do tipo de roupa utilizada, a norma ISO 7243 passou a considerar este parâmetro apenas em sua terceira edição (ISO 7243, 2017).

A NHO 06 também passou a adotar o ajuste do IBUTG a partir de sua segunda edição (NHO 06, 2017), apresentando incrementos do índice em °C para os principais tipos de roupas utilizadas no ambiente ocupacional (Tabela 3). Embora essa tabela aborde somente

casos em que as roupas dificultam a perda de calor pelo corpo, a contribuição pode ser também no sentido de resfriar o corpo (incrementos negativos). Isso ocorre, por exemplo, quando se utiliza coletes com sistemas de refrigeração. Os valores apresentados na Tabela 3 são apenas estimativas, sendo que o avaliador deve ter em mente que o isolamento térmico das vestimentas depende de uma série de fatores, como tipo de tecido, espessura, número de camadas e ajuste ao corpo. Se o tipo de roupa utilizado não estiver descrito na tabela, faz-se necessária a avaliação por um especialista, que poderá buscar outras referências na literatura especializada, como por exemplo a norma ISO 9920 (2007).

**Tabela 3:** Incrementos de ajuste do IBUTG médio para alguns tipos de vestimentas

Tipo de vestimenta	Adição ao $\overline{\text{IBUTG}}$ [°C]
Calça e camisa de manga curta	-1
Uniforme de trabalho (calça e camisa de manga longa)	0
Macacão de tecido simples	0
Macacão de polipropileno SMS ( <i>Spun-Melt-Spun</i> )	0,5
Macacão de poliolefina	1
Vestimenta ou macacão forrado (tecido duplo)	3
Avental longo de manga longa impermeável ao vapor	4
Macacão impermeável ao vapor	10
Macacão impermeável ao vapor sobreposto à roupa de trabalho	12

\*Vestimentas com capuz devem ter seu valor acrescido em 1 °C

Fonte: ABHO (2023)

## 6.2 Limite de Exposição (LE)

O LE foi desenvolvido com o objetivo de proteger, dos efeitos adversos do calor, a maioria dos trabalhadores que se encontram repetidamente expostos a este agente durante a sua vida de trabalho. Esta avaliação permite estimar os riscos e definir a necessidade de medidas de controle, a fim de manter as condições de exposição em níveis aceitáveis.

A princípio, todos os trabalhadores expostos ao calor devem ser avaliados e acompanhados, mas, na prática, a identificação de grupos de trabalhadores que apresentam características similares de exposição permite reduzir o número de avaliações. A NHO06 (2017) ressalta que os trabalhadores que compõem o Grupo de Exposição Similar (GES) devem ser aqueles que estão, efetivamente, expostos a condições térmicas similares, e que estes grupos não necessariamente coincidem com cargos, setores, departamentos ou grupos de exposição similar referentes a outros agentes ambientais.

Devido aos efeitos agudos provocados pelo calor, que podem se manifestar rapidamente, o LE ao calor foi definido para um período de 1 hora, e depende da taxa metabólica média ponderada do tempo ( $\overline{M}$ ), das condições

ambientais representadas por IBUTG médio ponderado no tempo ( $\overline{IBUTG}$ ), e das vestimentas utilizadas, conforme Tabela 3. Esta avaliação deve ser realizada sempre na hora mais crítica do turno de trabalho, para garantir que as medidas de prevenção e controle sejam suficientes para as condições mais severas a que o trabalhador estará exposto.

Os LE e NA podem ser calculados através das fórmulas a seguir:

Limite de Exposição (LE) para trabalhadores aclimatizados

$$LE = 56,7 - 11,5 \log (M)$$

Limite de Exposição para trabalhadores não aclimatizados ou NA para trabalhadores aclimatizados

$$NA = 59,9 - 14,1 \log (M)$$

Nessas fórmulas, a taxa metabólica (M) é expressa em Watts (W), e os LE e NA, em graus Celsius (°C).

Os valores de LE e NA fornecidos pela NHO 06 (2017) derivam dessas fórmulas e podem ser consultados no ANEXO 1, ao final deste documento.

A metodologia completa de avaliação, incluindo os cuidados na medição, a interpretação dos resultados e os critérios para a tomada de decisão, podem ser consultados na NHO 06 (2017).

# 7. Obtenção do IBUTG

**A**s configurações dos equipamentos, que podem ser utilizados na avaliação da exposição ocupacional ao calor, são apresentadas na NHO 06 (2017), juntamente com o detalhamento dos procedimentos de medição, conduta do avaliador, montagem, posicionamento e principais acessórios complementares disponíveis no mercado.

Em ambientes internos, com ou sem fontes artificiais de calor, o IBUTG deve ser determinado por meio destes equipamentos. Para ambientes rurais a céu aberto, onde não há fontes artificiais de calor, a legislação vigente (Anexo 3 da NR09) permite, além das medições convencionais, uma segunda alternativa: a estimativa do IBUTG por meio da ferramenta *Monitor IBUTG* desenvolvida pela Fundacentro. As principais características dessa ferramenta são apresentadas a seguir.

## 7.1 Monitor IBUTG

O *Monitor IBUTG* é uma ferramenta desenvolvida pela Fundacentro, que possibilita monitorar a exposição ao calor em ambientes de trabalho rurais a céu aberto, estimando os valores de IBUTG de forma remota, para quaisquer localidades no Brasil onde haja medição de dados meteorológicos

pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essa ferramenta está disponível gratuitamente através de aplicativo de celular (Android e iOS) e de endereço na Web<sup>12</sup>, para acesso via computador, tendo sido desenvolvida com o objetivo de auxiliar trabalhadores, empregadores e profissionais de SST na avaliação da exposição ocupacional ao calor em ambientes de trabalho externos, sem fontes artificiais de calor.

Os resultados de IBUTG, assim como o índice ajustado em função da vestimenta utilizada, o metabolismo de trabalho e os demais parâmetros envolvidos no cálculo do índice são fornecidos de hora em hora, para o turno diurno de trabalho (8 às 17h). Estas estimativas se apresentam como uma importante opção na avaliação do calor em ambientes externos que não possuam medições *in loco*. Além do monitoramento online, o sistema fornece relatórios para períodos passados, permitindo ao usuário levantar um histórico da exposição do trabalhador ao calor a partir de 2016. Outra grande funcionalidade dessa ferramenta é que, com base em dados de previsão de tempo fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), é possível estimar o IBUTG para os horários do dia corrente

que não tenham dados do INMET, assim como para os sete dias subsequentes, fornecendo informações para que o empregador possa programar as atividades e suas respectivas medidas de controle para um período de alguns dias. É importante salientar que, independentemente das questões relacionadas à insalubridade para atividades a céu aberto, quando as exposições ocorrem acima dos limites de exposição, o empregador deve adotar as medidas necessárias para o controle do risco.

A metodologia de estimativa do IBUTG, obtida a partir de dados meteorológicos e utilizada no *Monitor IBUTG*, foi desenvolvida através da condução de observações em campo, análises estatísticas dos dados e formulações matemáticas. O método, que foi idealizado e iniciado em 2009, utiliza uma equação de regressão linear para a  $T_{bn}$  e equação de balanço térmico do globo para a  $T_g$ . O estudo foi realizado em ambientes de trabalho a céu aberto de áreas rurais e, portanto, o método utilizado não deve ser considerado para ambientes de trabalho a céu aberto em áreas urbanas. A metodologia completa utilizada nesses cálculos está descrita no artigo de MAIA *et al.* (2015).

Além da estimativa do IBUTG a partir de dados meteorológicos, o *Monitor IBUTG* fornece uma avaliação completa da exposição ocupacional ao calor. Essa avaliação é realizada a partir do local onde se encontra o usuário no momento da consulta ou para outro local definido pelo usuário. Basta informar os tipos de atividade realizadas pelo trabalhador com os seus respectivos tempos de duração, para que o sistema possa calcular a taxa metabólica média,  $\overline{M}$ . Há ainda a opção de se inserir diretamente o valor

de  $\overline{M}$  se este for conhecido. Deve-se informar também o tipo de cobertura do solo, o tipo de vestimenta utilizada e se o trabalhador utiliza ou não capuz. Estas informações sobre as vestimentas são utilizadas para corrigir o IBUTG, obtendo-se o IBUTG ajustado.

Resumidamente, para a avaliação da exposição ocupacional ao calor através do *Monitor IBUTG*, o usuário deve informar:

- ♦ a localização do trabalho (quando o usuário estiver no local a ser avaliado, a localização pode ser detectada automaticamente pelo sistema utilizando o GPS);
- ♦ o período da avaliação, caso o usuário deseje a emissão de relatórios para períodos anteriores (quando nenhum período é informado, a avaliação é realizada para o turno diurno de trabalho do dia atual, de dois dias anteriores e para mais 7 dias subsequentes);
- ♦ as atividades laborais com as respectivas durações em minutos dentro de um período corrido de 60 minutos;
- ♦ a cobertura de solo do local de trabalho;
- ♦ o tipo de vestimenta e se usa ou não capuz.

Fornecidas estas informações, o usuário recebe a avaliação da exposição ocupacional ao calor a cada hora, com a indicação das respectivas medidas preventivas ou corretivas necessárias.

Detalhes de todas as funcionalidades do *Monitor IBUTG*, assim como a metodologia e fonte de dados utilizados, podem ser acessados através do Menu do sistema.

## 8. Medidas preventivas e corretivas relacionadas à exposição ao calor

**A**s atividades laborais em ambientes quentes serão executadas de forma mais segura se todos tiverem compreensão dos fatores de risco que contribuem para o estresse térmico e souberem identificar as melhores estratégias de prevenção. Conhecer a importância e os mecanismos da aclimatização, hidratação e pausas ao longo da jornada de trabalho como medidas de redução do estresse térmico também podem promover um ambiente de trabalho mais seguro, motivando as pessoas a adotarem comportamentos preventivos de forma mais consciente.

Todos os trabalhadores e seus supervisores, iniciantes ou experientes, que exerçam atividade profissional em locais onde há riscos de lesão ou doença por calor, devem ser orientados e capacitados por meio de educação continuada.

De acordo com as diretrizes técnicas e legais, da NHO06 (2017) e do Anexo 3 da NRO9, as medidas preventivas devem ser adotadas a partir do NA e as medidas corretivas quando o LE for ultrapassado. A aclimatização é uma medida obrigatória a partir do NA, e pela sua importância, foi abordada separadamente, no capítulo 4 deste Guia.

As medidas preventivas visam minimizar a probabilidade de prejuízos à saúde do trabalhador, entre as quais podem ser citadas:

- ♦ monitoramento periódico da exposição, que consiste em uma avaliação sistemática e repetitiva da exposição dos trabalhadores ao calor, visando a um acompanhamento dos níveis de exposição e das medidas de controle para identificar a necessidade de introdução de novas medidas ou modificação daquelas já existentes;
- ♦ disponibilização de água e sais minerais para reposição adequada da perda de líquido pelo suor, segundo orientação médica – à medida em que as atividades passam a ser moderadas e os ambientes tornam-se mais quentes, recomenda-se que os trabalhadores bebam água de forma mais frequente;
- ♦ treinamento e informação aos trabalhadores e supervisores;
- ♦ controle médico, envolvendo exames médicos admissionais e periódicos, com foco na exposição ao calor, visando à determinação e ao monitoramento da aptidão física e à manutenção de um histórico ocupacional;

- ♦ permissão para interromper o trabalho quando o trabalhador sentir desconforto excessivo ao calor, identificar sinais de alerta ou condições de risco à sua saúde;
- ♦ programar os trabalhos pesados, preferencialmente para períodos com condições térmicas mais amenas, desde que neles não ocorram riscos adicionais.

Nos programas de treinamento, os trabalhadores e supervisores devem ser informados e orientados sobre:

- ♦ os riscos decorrentes da exposição ao calor;
- ♦ as informações sobre o ambiente de trabalho e suas características;
- ♦ aclimatização, hidratação e pausas no trabalho;
- ♦ os cuidados e procedimentos recomendáveis para redução da sobrecarga fisiológica;
- ♦ eventuais limitações de proteção das medidas de controle, sua importância e seu uso correto;
- ♦ reconhecimento dos sinais e dos sintomas decorrentes da exposição;
- ♦ as recomendações para que os indivíduos interrompam o trabalho e relatem imediatamente ao seu supervisor sempre que sentirem quaisquer sinais ou sintomas de doenças relacionadas ao calor ou identificarem estes sinais em seu(s) colega(s);
- ♦ a necessidade de comunicar a seus superiores quaisquer situações de risco e sinais de sintomas relacionados à exposição ao calor;
- ♦ o plano de emergência desenvolvido pela organização e as condutas a serem adotadas nessas situações;
- ♦ os efeitos de drogas terapêuticas, medicamentos, álcool e cafeína sobre o sistema termorregulador, que podem reduzir a tolerância ao calor, assim como ocorre quando episódios de febre, diarreia, náusea ou vômito acontecem nos dias que antecedem a atividade;
- ♦ devem ser abordados também as doenças que podem limitar o trabalho sob condições de sobrecarga térmica, tais como as doenças cardiovasculares, hipertensão arterial, diabetes e obesidade.

Segundo o NIOSH (2016), além dos aspectos citados anteriormente, os supervisores devem ser capacitados e orientados sobre:

- ♦ como implementar, de acordo com o plano desenvolvido pelo médico, a aclimatização apropriada;
- ♦ quais procedimentos devem ser adotados quando um trabalhador apresentar sintomas consistentes com doenças relacionadas ao calor (conforme plano de emergência descrito no capítulo 9);
- ♦ como monitorar e estimular a ingestão adequada de líquidos e as pausas para descanso.

As principais medidas corretivas utilizadas em ambientes externos são:

- ♦ alternância de operações que geram exposições a níveis mais elevados de calor com outras que não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis,

resultando na redução da exposição horária;

- ♦ programação e incentivo de pausas frequentes para descanso e ingestão de água em áreas de recuperação com sombra ou ar-condicionado, compatíveis com a atividade;
- ♦ disponibilização de locais termicamente mais amenos para recuperação térmica;
- ♦ reorganização de postos de trabalho;
- ♦ alteração das rotinas ou dos procedimentos de trabalho;
- ♦ modificação do processo ou da operação de trabalho, tais como mecanização ou automatização do processo em situações críticas de exposição.

Para fins preventivos, o NIOSH (2016) recomenda que as medições do calor ambiental sejam feitas pelo menos de hora em hora, durante o período mais quente de cada turno de trabalho, nos meses mais quentes do ano e sempre

que uma onda de calor ocorre ou é prevista. Portanto, o estabelecimento de um programa de alerta de calor pode representar uma estratégia importante na prevenção das ocorrências decorrentes do estresse térmico.

No caso de trabalhos a céu aberto realizados em áreas rurais, o sistema de monitoramento e previsão disponibilizado pela Fundacentro, por meio do *Monitor IBUTG*, pode ser utilizado como ferramenta de alerta e prevenção, identificando antecipadamente situações em que o IBUTG ajustado poderá ultrapassar o LE nas horas e dias subsequentes. Esta previsão é disponibilizada com até sete dias de antecedência, permitindo um melhor planejamento das atividades a serem executadas e das medidas de controle a serem adotadas. O monitoramento pelo sistema *Monitor IBUTG* pode ser especialmente importante para prevenção quando ocorrem ondas de calor, as quais têm sido cada vez mais frequentes e intensas.

## 9. Plano de emergência

**D**e acordo com a NRO1, a organização deve estabelecer, implementar e manter procedimentos de respostas aos cenários de emergências, considerando-se as características, circunstâncias e os riscos das atividades. Seguindo essas diretrizes, todo trabalhador, ao ser admitido ou quando mudar para função que implique alteração de risco, deve receber informações sobre os meios para prevenir e controlar esses riscos, as medidas adotadas pela organização e os procedimentos a serem seguidos em caso de emergência.

Segundo a NRO9, a organização deve possuir procedimento específico para emergências do calor, contemplando os meios e recursos necessários para o primeiro atendimento ou encaminhamento do trabalhador, promovendo o fluxo de informações e comunicação a todas as pessoas envolvidas nos cenários de emergências.

O plano de emergência deve ser estabelecido por meio de um protocolo, com medidas práticas a serem tomadas com base nos sinais e sintomas decorrentes da exposição ao calor (capítulo 2), considerando:

- ♦ procedimentos de emergência e primeiros socorros, incluindo informações sobre o(s) contato(s)/

responsável(eis) que deve(m) ser acionado(s) nas situações de emergência;

- ♦ o papel de cada indivíduo na situação de emergência, com base na hierarquia das medidas emergenciais a serem estabelecidas;
- ♦ o treinamento do supervisor sobre os procedimentos a serem seguidos quando um trabalhador apresentar sintomas consistentes com doenças relacionadas ao calor, incluindo procedimentos de resposta a emergências;
- ♦ a empresa deve estabelecer e orientar responsáveis para monitorar as informações de previsão de tempo e aplicações específicas (boletins meteorológicos, uso do sistema *Monitor IBUTG*, ou alertas de ondas de calor);
- ♦ definir como serão disponibilizadas, no local de trabalho, as informações sobre:
  - ♦ indicação dos contatos em caso de emergência;
  - ♦ a classificação dos sinais e sintomas, sua gravidade e respectivas medidas de primeiros socorros (ex. Quadro 1);

• recursos necessários e procedimentos para deslocamentos internos e transporte (maca, veículo de transporte, indicação de hospital, distâncias e tempo de deslocamento e demais providências).

Para exemplificar, é apresentado no Quadro 1 os principais procedimentos que devem ser adotados conforme os sinais, sintomas e gravidade. A empresa, juntamente com o médico responsável, deve estabelecer protocolo similar, treinando os responsáveis e supervisores para as ações emergenciais.

**Quadro 1** – Procedimentos básicos de emergência a serem adotados em casos de distúrbios relacionados ao calor.

Primeiros socorros relacionados à exposição ao calor			
<b>Contatos de emergência</b>			
Supervisor - Médico - Hospital -			
NUNCA IGNORE NENHUM SINAL OU SINTOMA DE DANO À SAÚDE RELACIONADO AO CALOR			
Distúrbio	Doença	Sinais e Sintomas	Primeiros Socorros (o que fazer)
<b>QUEIMADURA SOLAR</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• vermelhidão e dor. Em casos graves: inchaço da pele, bolhas, febre, dores de cabeça.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomadas para casos leves, se aparecerem bolhas e não se romperem. Se ocorrer ruptura, aplique curativo estéril seco.</li> <li>• Casos graves e extensos devem ser avaliados pelo médico.</li> </ul>
<b>CÃIBRAS DE CALOR</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espasmos dolorosos geralmente nos músculos das pernas e abdômen, acompanhados de sudorese intensa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alongar os músculos com câibras.</li> <li>• Dê água e um lanche e/ou líquido de reposição de carboidratos e eletrólitos (por exemplo, bebidas eletrolíticas)</li> <li>• Caso ocorra náusea, interrompa o consumo de água.</li> <li>• Obtenha ajuda médica se os espasmos não desaparecerem em uma hora ou se o trabalhador tiver histórico de doenças cardiovasculares.</li> </ul>
<b>Síncope ou tontura pelo calor</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• perda de consciência ou sensação de desmaio iminente depois de ficar em pé ou levantar-se repentinamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentar ou deitar o trabalhador em um local mais fresco.</li> <li>• Elevar as pernas quando a pessoa estiver na posição deitada</li> <li>• Caso a pessoa esteja acordada e consciente, ofereça água ou bebida eletrolítica.</li> <li>• Retirar roupas pesadas e equipamentos de proteção</li> </ul>

(...)

**Primeiros socorros relacionados à exposição ao calor**

**Contatos de emergência**

Supervisor –  
Médico –  
Hospital –

**NUNCA IGNORE NENHUM SINAL OU SINTOMA DE DANO À SAÚDE RELACIONADO AO CALOR**

Distúrbio Doença	Sinais e Sintomas	Primeiros Socorros (o que fazer)
<b>EXAUSTÃO PELO CALOR</b>	<p>A exaustão pelo calor pode começar de repente, geralmente durante ou após trabalho prolongado com perda de água excessiva (sudorese) e desidratação. Os sinais e sintomas de exaustão pelo calor incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmaios ou tonturas.</li> <li>• Náuseas ou vômitos.</li> <li>• Sudorese intensa, muitas vezes acompanhada de pele fria e úmida.</li> <li>• Pulso fraco e rápido.</li> <li>• Rosto pálido ou corado.</li> <li>• Câibras musculares.</li> <li>• Dor de cabeça.</li> <li>• Fraqueza ou fadiga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retire a pessoa do calor e coloque-a em um local com sombra e bem ventilado</li> <li>• Deite a pessoa e eleve ligeiramente suas pernas.</li> <li>• Remova roupas apertadas ou pesadas.</li> <li>• Caso a pessoa esteja acordada e consciente, faça com que beba água fria/ gelada ou outra bebida não alcoólica sem cafeína.</li> <li>• Resfrie a pessoa com água fria, borrifando-a ou passando uma esponja molhada, e abane-a.</li> <li>• Acompanhe a pessoa cuidadosamente</li> <li>• Procure ajuda médica ou encaminhe o trabalhador ao serviço de emergência médica o mais rápido possível</li> </ul>
	<p><b>CHOQUE HIPERTÉRMICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura corporal alta: 40° C ou mais é o principal sinal de choque hipertérmico (insolação).</li> <li>• Estado mental ou comportamento alterado: confusão, agitação, fala arrastada, irritabilidade, delírio, convulsões e coma podem resultar do choque hipertérmico.</li> <li>• Alteração na transpiração: no choque hipertérmico provocada pelo calor, a pele ficará quente e seca ao toque. No entanto, no choque hipertérmico provocado por exercícios extenuantes, a pele pode ficar úmida.</li> <li>• Náuseas e vômitos: pode sentir-se mal do estômago ou vomitar.</li> <li>• Pele corada: a pele pode ficar vermelha à medida que a temperatura do corpo aumenta.</li> <li>• Respiração rápida: a respiração pode se tornar rápida e superficial.</li> <li>• Batimentos cardíacos acelerados: O pulso pode aumentar significativamente, porque o coração trabalha para ajudar a resfriar o corpo.</li> <li>• Dor de cabeça: a cabeça pode latejar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acione a unidade de emergência indicada no plano de emergência para atendimento médico imediato.</li> <li>• Enquanto aguarda o socorro, siga as seguintes recomendações:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Leve a pessoa para um local sombreado ou termicamente mais ameno</li> <li>✓ Remova o excesso de roupa</li> <li>✓ Tome medidas imediatas para resfriar a pessoa superaquecida enquanto aguarda o tratamento de emergência</li> <li>✓ Resfrie a pessoa com qualquer meio disponível – coloque-a em uma banheira de água fria ou um chuveiro frio, borrfie com uma mangueira de jardim, esponja com água fria, ventile enquanto borrfia com água fria ou coloque compressas de gelo ou toalhas molhadas e frias na cabeça, pescoço, axilas e virilha</li> <li>✓ Se a pessoa estiver acordada, a ingestão de água ou bebidas sem cafeína gelada é recomendada.</li> <li>✓ Fique com o trabalhador até que os serviços médicos de emergência cheguem.</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hobart and William Smith Colleges  
[https://www.hws.edu/offices/campus-safety/planning/pdf/eap\\_heat\\_safety.pdf](https://www.hws.edu/offices/campus-safety/planning/pdf/eap_heat_safety.pdf)

# 10. Bibliografia

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. 2023 TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. ACGIH, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS. TLVs e BEIs – Tradução dos limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs) da ACGIH. ACGIH, 2023.

Bitencourt DP, Fuentes MV, Maia PA, Amorim FT (2016). Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 506-517. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631231420150077>

Bitencourt DP, Alves LM, Shibuya EK, da Cunha IA, de Souza JPE (2020). Climate change impacts on heat stress in Brazil – Past, present, and future implications for occupational heat exposure. *International Journal of Climatology*, 41(1), 2741-2756. <https://doi.org/10.1002/joc.6877>

Chang CH, Bernard TE, Logan J (2017). Effects of heat stress on risk perceptions and risk taking. *Applied Ergonomics*, 62, 150–157. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687017300546?via%3Dihub>

IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf) Acessado em 07 de Novembro de 2022

ISO 8996 (2004) Ergonomics of the thermal environment–Determination of metabolic rate. International Organisation for Standardisation, Geneva

ISO 7243 (2017) Ergonomics of the thermal environment–Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index. International Organization for Standardization, Geneva

ISO 9920 (2007) Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. International

Organization for Standardization, Geneva

NIOSH Heat Stress - Heat Related Illness. Disponível em: (<https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/heatrelillness.html>). Acesso em 05 de maio 2022

NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. Dep Health Hum Serv Cent Dis Control Prev Natl Inst Occup Saf Health DHHS NIOSH Publ, v. 106, p. 192, 2016.

Norma de Higiene Ocupacional (NHO06) - Procedimento Técnico: avaliação da exposição ocupacional ao calor; [Eduardo Giampaoli, Irene Ferreira de Souza Duarte Saad, Irlon de Ângelo da Cunha, Elisa Kayo Shibuya]. – 2. ed. São Paulo, Fundacentro, 2017. 48 p. ISBN 978-85-92984-20-5

Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J., & Sonna, L. A. (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Comprehensive Physiology*, 1(4), 1883-1928. doi: 10.1002/cphy.c100082

Wenger CB. Human heat acclimatization. In: Pandolf KB, Sawka MN, Gonzalez RR, eds. *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. Indianapolis, IN: Benchmark Press, 1988, 153-97.

Zander KK, Botzen WJW, Oppermann E, Kjellstrom T, Garnett ST (2015). Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. *Nature Climate Change*, 5, 647–651. <https://doi.org/10.1038/nclimate2623>

# Anexo 1

**V**alores de Limites de Exposição (LE) ocupacional ao calor para trabalhadores aclimatizados e Níveis de Ação (NA) para trabalhadores não aclimatizados (estes, correspondem aos valores de LE para trabalhadores não aclimatizados), extraídos

da NHO 06 (2017) da FUNDACENTRO.

Para valores de M intermediários aos apresentados nas Tabelas A1 ou A2, deve ser considerado o  $\overline{IBTU}_{max}$  relativo à  $\overline{M}$  imediatamente mais elevada.

**Tabela A1:** Nível de ação para trabalhadores aclimatizados e limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores não aclimatizados

M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]
100	31,7	183	28,0	334	24,3
101	31,6	186	27,9	340	24,2
103	31,5	189	27,8	345	24,1
105	31,4	192	27,7	351	24,0
106	31,3	195	27,6	357	23,9
108	31,2	198	27,5	363	23,8
110	31,1	201	27,4	369	23,7
112	31,0	205	27,3	375	23,6
114	30,9	208	27,2	381	23,5
115	30,8	212	27,1	387	23,4
117	30,7	215	27,0	394	23,3
119	30,6	219	26,9	400	23,2
121	30,5	222	26,8	407	23,1
123	30,4	226	26,7	414	23,0
125	30,3	230	26,6	420	22,9
127	30,2	233	26,5	427	22,8
129	30,1	237	26,4	434	22,7
132	30,0	241	26,3	442	22,6
134	29,9	245	26,2	449	22,5
136	29,8	249	26,1	456	22,4
138	29,7	253	26,0	464	22,3
140	29,6	257	25,9	479	22,1
143	29,5	262	25,8	487	22,0
145	29,4	266	25,7	495	21,9
148	29,3	270	25,6	503	21,8
150	29,2	275	25,5	511	21,7

(...)

( ... )

M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]
152	29,1	279	25,4	520	21,6
155	29,0	284	25,3	528	21,5
158	28,9	289	25,2	537	21,4
160	28,8	293	25,1	546	21,3
163	28,7	298	25,0	555	21,2
165	28,6	303	24,9	564	21,1
168	28,5	308	24,8	573	21,0
171	28,4	313	24,7	583	20,9
174	28,3	318	24,6	593	20,8
177	28,2	324	24,5	602	20,7
180	28,1	329	24,4		

Fonte: NHO06 (2017)

**Tabela A2:** Limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores aclimatizados

M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]	M[W]	IBUTG <sub>max</sub> [°C]
100	33,7	186	30,6	346	27,5
102	33,6	189	30,5	353	27,4
104	33,5	193	30,4	360	27,3
106	33,4	197	30,3	367	27,2
108	33,3	201	30,2	374	27,1
110	33,2	205	30,1	382	27,0
112	33,1	209	30,0	390	26,9
115	33,0	214	29,9	398	26,8
117	32,9	218	29,8	406	26,7
119	32,8	222	29,7	414	26,6
122	32,7	227	29,6	422	26,5
124	32,6	231	29,5	431	26,4
127	32,5	236	29,4	440	26,3
129	32,4	241	29,3	448	26,2
132	32,3	246	29,2	458	26,1
135	32,2	251	29,1	467	26,0
137	32,1	256	29,0	476	25,9
140	32,0	261	28,9	486	25,8
143	31,9	266	28,8	496	25,7
146	31,8	272	28,7	506	25,6
149	31,7	277	28,6	516	25,5
152	31,6	283	28,5	526	25,4
155	31,5	289	28,4	537	25,3
158	31,4	294	28,3	548	25,2
161	31,3	300	28,2	559	25,1
165	31,2	306	28,1	570	25,0
168	31,1	313	28,0	582	24,9
171	31,0	319	27,9	594	24,8
175	30,9	325	27,8	606	24,7
178	30,8	332	27,7		
182	30,7	339	27,6		

Fonte: NHO06 (2017)

---

## **Sobre o livro**

Composto em Alianza Slab 12 (textos)

Formato 16x23 cm

---



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO



**MINISTÉRIO**  
DO TRABALHO E EMPREGO



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO