

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**ANDRÉ LUIZ SOARES**

**ANÁLISE DO ESTRESSE TÉRMICO PELAS NORMAS NR 15 (2011) E  
ISO 7243 (1989) EM UMA CENTRAL DE ESTERILIZAÇÃO DE  
INSTRUMENTOS ODONTOLÓGICOS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2013**

**ANDRÉ LUIZ SOARES**

**ANÁLISE DO ESTRESSE TÉRMICO PELAS NORMAS NR 15 (2011) E  
ISO 7243 (1989) EM UMA CENTRAL DE ESTERILIZAÇÃO DE  
INSTRUMENTOS ODONTOLÓGICOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski

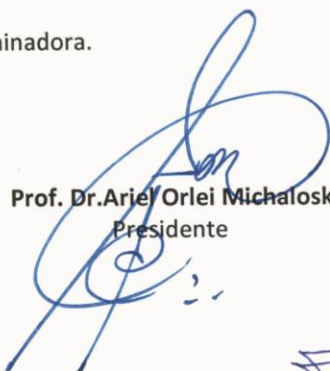
**PONTA GROSSA**

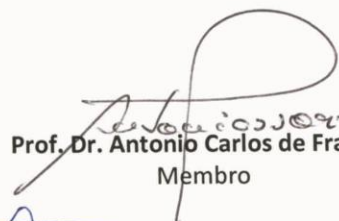
**2013**

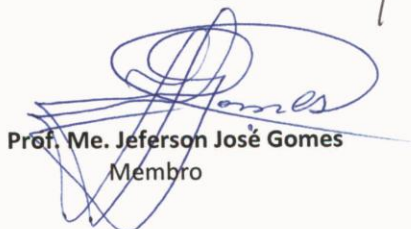


**ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

Aos vinte e quatro dias do mês de setembro do ano de dois mil e treze, às quatorze horas, na sala L207, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Ponta Grossa, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR); Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR) presidente da banca; Prof. Me. Jeferson José Gomes (UTFPR) para examinar a monografia, intitulada: “ANÁLISE E COMPARAÇÃO DO SISTEMA TÉRMICO PELAS NORMAS NR15 E ISO 7243 EM CENTRAL DE ESTERILIZAÇÃO DE CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO” de André Luiz Soares. Após a apresentação, o proponente foi arguido pelos membros da referida Banca, tendo tido a oportunidade de responder a todas as perguntas. Em seguida, esta banca examinadora reuniu-se reservadamente para deliberar, considerando a monografia **APROVADA**, com média **9,5** (nove vírgula cinco) para obtenção do título de **Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho**. A sessão foi encerrada às 15 horas e 30 minutos, sendo a presente assinada pelos participantes desta banca examinadora.

  
Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski  
Presidente

  
Prof. Dr. Antonio Carlos de Frasson  
Membro

  
Prof. Me. Jeferson José Gomes  
Membro

Dedico este trabalho à minha família,  
especialmente à minha mãe Amarilis e em  
memória de meu avô Eurides Soares.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski, o qual além de orientador foi também um amigo.

Agradeço ao colega de estudos Celso Bilynkiewicz Dos Santos, o qual possibilitou a realização deste estudo.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, por ter proporcionado todo o conhecimento que adquiri ao longo destes anos, e dentro da qual construí minha carreira acadêmica.

À minha família, os quais estão e sempre estarão ao meu lado.

À minha mãe Amarilis da Graça Soares.

Ao meu avô Eurides Soares, em memória.

Aos meus amigos: Cibele Aparecida de Jesus, Guilherme Dutra, Nicolas Machado, Valéria Moro Campese, Valéria Kaminski, Thaís Alves e Ana Caroline Dzulinski.

À Richard Garfield por ter desenvolvido Magic The Gathering há 20 anos e proporcionado horas de lazer e relaxamento quando necessário.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa e a conclusão de mais esta etapa em minha carreira.

Do espinho do perigo  
colhemos a flor da segurança.  
(SHAKESPEARE, Willian)

## RESUMO

SOARES, André Luiz. **Análise do estresse térmico pelas normas NR 15 (2011) e ISO 7243 (1989) em uma central de esterilização de instrumentos odontológicos.** 2013. 50 páginas. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho ) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

Este trabalho teve como objetivo analisar a situação térmica de uma central de esterilização de instrumentos odontológicos na cidade Ponta Grossa através da aplicação do índice IBUTG. Este índice é normalizado nacionalmente pela norma NR 15 (2011) e internacionalmente pela norma ISO 7243 (1989), as quais apresentam o mesmo método de cálculo, porém modos de interpretação diferenciados. Pela interpretação da NR 15 (2011), o ambiente foi considerado inadequado, pois o valor de IBUTG encontrado para o ambiente foi maior do que o nível de tolerância, e são necessárias modificações. Já pela norma internacional ISO 7243 (1989), o ambiente foi considerado adequado, porém apesar da média de IBUTG ter ficado abaixo do limite de tolerância, foram encontrados valores muito próximos do limite permitido. Sugere-se que o ambiente de trabalho seja modificado, de modo a isolar as autoclaves das bancadas de trabalho, permitindo enclausurar o calor gerado pelo funcionamento dos equipamentos.

**Palavras-chave:** Estresse térmico. IBUTG. NR 15. ISO 7243. Ambiente de trabalho.

## ABSTRACT

SOARES, André Luiz. **Analysis of heat stress according to NR 15 (2011) and ISO 7243 (1989) in a dental instruments sterilization.** 2013. 50 pages. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho ) – Federal University of Technology. Ponta Grossa, 2013.

This study aimed to analyze the thermal situation of a dental instruments sterilization central in Ponta Grossa by applying the WBGT index. This index is standardized nationally by NR 15 (2011) and internationally by ISO 7243 (1989), which have the same method of calculation, but different modes of interpretation. For the interpretation of NR 15 (2011), the environment was considered inadequate as the value found for IBUTG was higher than the tolerance level, and modifications are required. On the other hand, according to the international standard ISO 7243 (1989), the environment was considered adequate, but despite the average WBGT is below the tolerance limit values, the value was very close to the limit. It is suggested that the work environment is changed so as to isolate the autoclaves of benches, allowing enclose the heat generated by the operation of the equipment.

**Keywords:** Heat stress. WBGT. NR 15. ISO 7243. Work environment.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Árvore de IBUTG.....	28
Fotografia 1 - Funcionária operando uma autoclave da central de esterilização.....	34
Fotografia 1 - Funcionária operando uma autoclave da central de esterilização.....	34
Fotografia 2 – Visão geral do ambiente analisado .....	35
Fotografia 3 - <i>Confortímetro Sensus®</i> e árvore de IBUTG no local de medição.....	36
Fotografia 4 - <i>Confortímetro Sensus®</i> e árvore de IBUTG no local de medição.....	42
Gráfico 1 – Comparação anual entre a temperatura, mês e número de acidentes a cada mil trabalhadores .....	23
Gráfico 2 – Comparação anual entre a temperatura, número de acidentes a cada mil trabalhadores e a idade dos trabalhadores .....	24
Gráfico 3 – Climatologia da cidade de Ponta Grossa.....	37
Gráfico 4 – Variação do IBUTG na central de esterilização, com destaque para o valor máximo, mínimo e média do índice IBUTG para o ambiente no dia 13/09/13..	44
Quadro 1 – Classificação de atividades .....	29
Quadro 2 – Limites de IBUTG de acordo com a intensidade de atividade .....	30
Quadro 3 – Limites de IBUTG de acordo com a intensidade de atividade, com destaque para a condição aceitável máxima em vermelho e a condição que deve ser implementada em verde .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência para o índice IBUTG .....	31
Tabela 2 – Valores de referência para o índice IBUTG da Tabela A1 da ISO 7243 (1989).....	32
Tabela 3 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 05/09/13 .....	39
Tabela 4 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 06/09/13 .....	40
Tabela 5 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 13/09/13 .....	40
Tabela 6 – Valores de referência para o índice IBUTG da Tabela A1 da ISO 7243 (1989).....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
1.3 OBJETIVO GERAL .....	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.6 HIPÓTESE .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 ERGONOMIA .....	16
2.2 ESTRESSE TÉRMICO .....	17
2.2.1 Efeitos fisiológicos decorrentes da exposição à altas temperaturas .....	20
<b>3 ÍNDICES DE ANÁLISE DE ESTRESSE TÉRMICO</b> .....	<b>25</b>
3.1 IBUTG: ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO .....	26
3.2 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A NR 15 – ANEXO 3 (2011) 29	
3.3 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A ISO 7243 (1989) .....	30
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	33
4.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO .....	33
4.3 COLETA DE DADOS .....	35
4.4 ANÁLISE DE DADOS .....	38
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
5.1 DADOS AMBIENTAIS E CÁLCULO DO ÍNDICE IBUTG .....	39
5.2 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A NR 15 (2011) .....	41
5.3 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A ISO 7243 (1989) .....	43
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A saúde dos trabalhadores é uma preocupação nos mais diferentes ramos de atividades, como escritórios, indústrias, restaurantes, escolas e laboratórios. Melhorar a produtividade dos trabalhadores, mantendo a saúde do trabalhador em dia são preocupações crescentes em países em desenvolvimento (TIAN *et al*, 2011). Porém, cada ambiente oferece riscos diferenciados, o que requer uma análise específica para cada ambiente de trabalho, levando-se em conta a atividade executada pelo trabalhador, as ferramentas disponíveis, a vestimenta, o uso de equipamentos de proteção individual e qualquer outro fator que venha a influenciar a atividade.

Há diversas variáveis que oferecem riscos à saúde dos trabalhadores. A temperatura, em casos extremos de elevação ou redução, pode levar o trabalhador ao estado psicofisiológico conhecido como estresse térmico. O estresse térmico, particularmente gerado por calor, pode gerar várias consequências ao corpo do trabalhador, como: hipertermia, tontura, desidratação, doenças de pele, psiconeuroses, cataratas e desfalecimento por hipovolemia ou déficit de sódio.

O estresse térmico é um problema comum em várias indústrias, pois os trabalhadores frequentemente estão expostos à temperaturas acima dos limites convencionais (BERNARD e CROSS, 1999). Porém, a condição de estresse térmico pode estar presente em outros ambientes que não sejam necessariamente industriais. O estresse térmico, como um fator ambiental, além de ser risco à saúde, pode influenciar na produtividade do trabalho executado por um operador, principalmente em tarefas onde o nível de automação é mínimo, possibilitando que o estado psicofisiológico do trabalhador influencie diretamente no modo como ele executa seu trabalho.

A Ergonomia busca em sua essência adaptar o trabalho ao homem, através do estudo e análise dos equipamentos, ferramentas, móveis, cargas, posturas e outros fatores, além da análise dos ambientes, em aspectos como iluminação, ruído e temperatura. Na análise da temperatura existem diversas normalizações e índices a serem aplicados para análise do estresse térmico. No Brasil a norma vigente é a NR 15 – Atividades Insalubres, Anexo 3 (2011), que trata da aplicação do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, ou IBUTG. No âmbito internacional a norma ISO 7243 (1989) oferece o mesmo índice utilizado no Brasil, conhecido pela sigla WBGT.

O método de cálculo dos índices é o mesmo, no entanto o modo de interpretação difere, de modo que a normalização internacional é menos tolerante para ambientes fora das condições de estresse térmico estabelecidas.

Este trabalho busca analisar uma central de esterilização de instrumentos odontológicos na região de Ponta Grossa, PR. O ambiente analisado possui histórico de reclamações sobre a temperatura, portanto o mesmo será analisado através da aplicação da norma brasileira NR 15 (2011) e da norma internacional ISO 7243 (1989).

## 1.1 PROBLEMA

As condições ambientais de uma central de esterilização de instrumentos odontológicos são capazes de gerar estresse térmico por calor?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

No ambiente selecionado para esta pesquisa há constantes reclamações dos trabalhadores quanto à temperatura do local de trabalho, o que pode indicar a presença de estresse térmico.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a presença de estresse térmico em uma central de esterilização de instrumentos odontológicos, aplicando as normas NR 15 (2011) e ISO 7243 (1989).

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar medições das condições ambientais do local de trabalho;
- Avaliar com base na normalização existente as condições térmicas;
- Comparar a interpretação entre os resultados da norma brasileira NR 15 (2011) e a norma internacional ISO 7243 (1989);
- Em caso de comprovada a presença de estresse térmico, calcular o tamanho máximo da jornada permitida para o local de trabalho.

### 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A presente avaliação aplica-se a uma central de esterilização de instrumentos odontológicos, de acordo com suas características específicas fornecidas posteriormente neste trabalho. Para a avaliação de demais ambientes, a mesma metodologia pode ser empregada, desde que respeitados os princípios determinados na normalização existente.

### 1.6 HIPÓTESE

Devido à demanda levantada pelos funcionários, busca-se comprovar a existência de estresse térmico no local de trabalho, seguindo os princípios das normas NR 15 (2011) e ISO 7243 (1989).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ERGONOMIA

A Ergonomia é uma área da ciência atuante em diversos processos e atividades, como por exemplo: indústrias, escritórios, universidades, cozinhas, laboratórios e em qualquer outra situação onde exista o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva. Em todos esses processos produtivos, a Ergonomia possui um propósito comum: adaptar o trabalho ao homem (IIDA, 2005).

A Ergonomia analisa aspectos relacionados ao trabalho durante o projeto do posto de trabalho, portanto antes do trabalhador iniciar a execução de sua tarefa, bem como após a implementação do posto de trabalho, monitorando os efeitos que o trabalho está gerando ao trabalhador durante a execução de seu trabalho e observando oportunidades de melhoria (IIDA, 2005). Os estudos ergonômicos abrangem diversas áreas, como: antropometria, biomecânica ocupacional, postos de trabalho e layout, disposição de informação, percepção e processamento de informações, organização do trabalho, segurança do trabalho e ambientes.

Dentro da ergonomia ambiental, os seguintes fatores são foco de estudo (IIDA, 2005):

- iluminação: estudo dos efeitos e dimensionamento da quantidade de luz presente nos postos de trabalho. O nível de iluminamento influencia no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda os olhos.

- ruídos: estudo da exposição dos trabalhadores a fontes de ruído, sendo esta uma das principais causas de reclamações dos trabalhadores. Além de poder causar danos ao aparelho auditivo, os ruídos afetam também a concentração dos trabalhadores, levando a maiores riscos de acidentes de trabalho devido à desvios de atenção;

- temperatura: o homem, sendo um animal homeotérmico, precisa manter sua temperatura constante, sofrendo influência direta da temperatura do ambiente em que se encontra para manter a sua temperatura corporal. Dentro da Ergonomia, a temperatura dos ambientes é estudada para mantê-la nas condições ideais de trabalho, e inclui também análise das condições térmicas (conforto e estresse térmico), e a influência de outras variáveis na sensação térmica do trabalhador,

como velocidade do ar, umidade relativa, temperatura de globo, e outras variáveis, de acordo com o propósito da análise.

O estresse térmico é um problema comum em várias indústrias, pois os trabalhadores frequentemente estão expostos à temperaturas acima dos limites convencionais (BERNARD e CROSS, 1999). Uma das razões para os trabalhadores estarem expostos a tais níveis é a necessidade de calor para o processo de fabricação, já que alguns produtos exigem temperaturas elevadas, como: fabricação de produtos de borracha (processo de vulcanização), fabricação de artefatos em cerâmica, indústria de alimentos, lavanderia e cozinha industrial, fundição de alumínio, aço e ferro, e também alguns trabalhos a céu aberto, na área agrícola (LEITE, 2002). No caso desta pesquisa os equipamentos geradores de calor são autoclaves utilizadas para a esterilização de instrumentos odontológicos. Os equipamentos são necessários à execução das atividades do laboratório, e há relatos dos funcionários sobre o excesso de calor no ambiente, o qual será avaliado nesta pesquisa.

## 2.2 ESTRESSE TÉRMICO

O estresse térmico é um perigo reconhecido em muitas indústrias (BERNARD; CROSS, 1999) , onde o ramo industrial e o produto produzido podem influenciar diretamente na carga de estresse térmico à qual os trabalhadores estão expostos, podendo diminuí-la, como também fortalecê-la. Algumas indústrias onde casos de estresse térmico são propícios de estarem presentes, de acordo com Bernard e Cross (1999) são a indústria de metais primários (sendo alumínio, aço e ferro alguns dos principais), processamento de alimentos, energia elétrica, construção, e também outros processos citados também por Leite (2002), como vulcanização de borracha, produtos em cerâmica, lavanderias, cozinhas industriais e alguns trabalhos a céu aberto, onde os mais graves são os trabalhos pesados, pois além da carga térmica exercida pelo Sol, o próprio corpo humano gera mais calor devido à atividade excessiva.

Além desses processos de fabricação e serviços a céu aberto, outros processos de fabricação podem apresentar situações que gerem estresse térmico por outras razões, como por exemplo um ambiente industrial mal projetado, onde há



pouca ventilação do ar, a umidade relativa do ar é muito alta, a atividade executada é muito pesada e sem pausas durante a jornada de trabalho, entre outros fatores, como a roupa, pois há alguns tipos de uniformes de proteção que acabam criando microambientes dentro da roupa, onde este ambiente torna-se mais quente e úmido que o ambiente externo (BISHOP; GU; CLAPP, 2000). Portanto, o estudo de estresse térmico não se restringe aos processos citados anteriormente: é necessário avaliar cada ambiente de acordo com metodologias pré-definidas, conforme veremos posteriormente neste trabalho, para então identificar e mensurar a presença de estresse térmico.

A palavra estresse é derivada da palavra em inglês *Stress*, cuja definição segundo o dicionário *Oxford* é: “um estado de tensão mental ou emocional ou a tensão resultante de circunstâncias adversas ou muito exigentes”. Ainda, segundo a *Encyclopedia Britannica do Brasil* (1975) *apud* Xavier e Lamberts (2002, p. 69), *stress* também pode ser caracterizado como: “ação inespecífica dos agentes e influências nocivas (frio ou calor excessivos, infecção, intoxicação, emoções violentas tais como inveja, ódio, medo, etc), que causam reações típicas do organismo, tais como síndrome de alerta e síndrome de adaptação”. Assim, o *estresse térmico* é o estado onde tanto o sistema fisiológico quanto o sistema psicológico são afetados pela temperatura do ambiente em que se encontra, quando esta temperatura encontra-se em níveis extremos e muito exigentes, e podem provocar efeitos como irritabilidade, aumento de agressividade, distração, erros, desconforto devido à transpiração e tremores, aceleração ou desaceleração da pulsação, causando efeitos negativos na saúde do trabalhador, podendo causar a morte do mesmo em condições extremas (ALONSO; CALLEJÓN-FERE; CARREÑO-ORTEGA; SÁNCHEZ-HERMOSILLA, 2011).

Os estudos em estresse térmico podem ser divididos em dois tipos básicos:

- Ambientes Frios: causado pela exposição a ambientes com temperaturas muito baixas, como por exemplo câmaras frias, onde ocorre o estresse térmico por frio;
- Ambientes Quentes: ocasionado pela exposição do ser humano à ambientes com temperaturas muito elevadas, como por exemplo fundições, fornos, injeção de alumínio, vulcanização de borracha ou trabalhos a céu aberto. Este é então denominado estresse térmico por calor, sendo este o foco do presente estudo.

O estresse térmico é estudado tanto para fins científicos, onde o pesquisador possui papel de descobrir a intensidade, natureza e origem do estresse térmico de um dado ambiente, normalmente industrial, a qual há trabalhadores sujeitos à uma possível situação de estresse térmico e que necessita ser analisada; quanto para fins práticos (BUDD, 2001), onde os gestores, engenheiros e técnicos de segurança do trabalho, médicos do trabalho e Comissões Internas de Prevenção ao Acidentes (CIPA, da Norma Regulamentadora 5 (Ministério do Trabalho, 2011)) são responsáveis por reduzir os riscos aos quais os trabalhadores podem estar sujeitos no ambiente de trabalho. No Brasil existem normas regulamentadoras exigindo que os ambientes sejam avaliados e adequados térmicamente ao homem, seguindo também o princípio básico da Ergonomia. É o caso da NR- 17- Ergonomia (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2007), onde afirma-se que “17.5.1. As condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado”, e neste caso estão incluídas outras variáveis além da temperatura, como: nível de ruído, velocidade do ar, umidade relativa do ar, iluminação, mobília e organização, além de outras variáveis que possam afetar o ambiente de trabalho.

Segundo Budd (2001), as avaliações de estresse térmico possuem dois objetivos primários, sendo os seguintes:

- a) Determinar a natureza, e assim, as causas do estresse térmico em um dado ambiente. Este é o primeiro passo para planejar ações corretivas que venham a amenizar ou eliminar a origem do estresse térmico, tornando o ambiente apropriado para a execução saudável de trabalho. Para atender este objetivo, é requerida análise e decomposição do estresse térmico em seus componentes causadores;
- b) Mensurar e avaliar a intensidade do estresse térmico, e também estimar as consequências que o estresse térmico poderá causar na saúde, conforto e desempenho dos trabalhadores. Para atender a este objetivo, é necessário integrar e transformar os componentes causadores de estresse térmico em um índice que possa ser comparado com padrões estabelecidos, e assim possa ser obtida uma orientação sobre a

necessidade de agir no ambiente, e como reduzir os efeitos do estresse térmico.

Conforme visto no segundo objetivo das análises de estresse térmico, acima exposto, é necessário que as variáveis que compoem o estresse térmico sejam traduzidas em um índice. Neste trabalho foi aplicado o índice IBUTG, normalizado pela NR 15 (2011) e pela ISO 7243 (1989), o qual será abordado posteriormente nesta pesquisa.

### 2.2.1 Efeitos fisiológicos decorrentes da exposição à altas temperaturas

O homem é um ser homeotérmico, ou seja, busca manter sua temperatura corporal constante. Para realizar a manutenção de sua temperatura, existem mecanismos biológicos que auxiliam o ser humano a manter a sua temperatura ideal, que é de  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , ou seja, entre  $35^{\circ}\text{C}$  a  $39^{\circ}\text{C}$  (IIDA, 2005). Temperaturas corporais fora desta faixa ideal (hipotermia e hipertermia) causam sérios riscos e danos à saúde se providências imediatas não forem tomadas para fazer com que a temperatura retorne à sua faixa ideal. Em variações térmicas menores, o próprio trabalhador busca retornar sua temperatura para sua zona de conforto através de ações simples, como retiradas de peças de roupa, aumento da ventilação ou outras ações a seu alcance, porém tais ações podem tirar sua atenção e distraí-lo do trabalho, levando a possíveis riscos durante a execução de seu trabalho e também à perda da eficiência de sua atividade (FIEDLER, VENTUROLI e MINETTI, 2006).

O corpo humano possui mecanismos termorreguladores que funcionam como uma resposta fisiológica às variações de temperatura do ambiente, as quais partem do centro do corpo para as extremidades (ALMEIDA e VEIGA, 2010). Quando o homem está em um ambiente quente, seu corpo tenderá a responder adaptativamente a esse ambiente, buscando reduzir a produção de calor interno, e auxiliar na perda de calor (WITTERSEH; WYON; CLAUSEN, 2004).

Nem sempre tais mecanismos são suficientes para manter a temperatura em seu nível ideal, de modo que há consequências fisiológicas para o homem. Coutinho (1998) apresenta algumas consequências da exposição do homem a altas temperaturas:

- Hipertermia: o sistema termorregulador não consegue realizar a manutenção da temperatura corporal, levando ao aumento da temperatura interna e aumento do metabolismo. O metabolismo acelerado gera ainda mais calor, tornando o aumento de temperatura um ciclo que elevará a temperatura a valores de 40°C à 43°C, o que pode causar desnaturação das proteínas e a morte. Durante este processo, o trabalhador apresenta-se desorientado e delirante;

- Tontura e desfalecimento por déficit de sódio: ocorre normalmente quando as pessoas não foram aclimatizadas ou não tiveram reposição salina adequada. O trabalhador apresenta fraqueza muscular, cansaço, cãibras, náuseas, vômito, cefaléia, irritabilidade, elevação da frequência cardíaca e ausência de sede;

- Tontura e desfalecimento por hipovolemia relativa: assim como citado acima, pode ocorrer com pessoas não aclimatizadas, mas também em pessoas com baixa capacidade aeróbica, e a consequência deste caso é uma menor presença de sangue no coração e no cérebro. Um agravante desse problema é o de que a temperatura corporal não precisa atingir valores extremos para apresentar os sintomas. O ser humano apresenta também os seguintes sinais nesta patologia: tonturas, desmaios, náuseas, sudorese fria, palidez facial, respiração em suspiros, pulsação lenta e baixa pressão arterial;

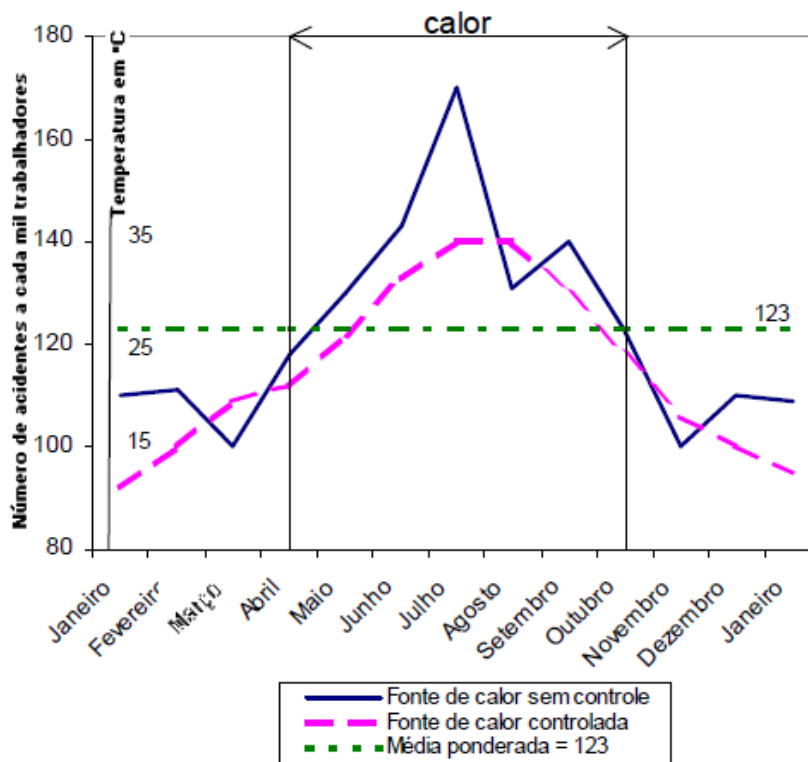
- Desidratação: neste caso, as perdas de água necessárias para regulação da temperatura corporal através de micção e evaporação são maiores do que a quantidade de água ingerida, levando à sintomas como: sede, irritabilidade, sonolência, pulso acelerado, temperatura elevada e oligúria (pouca urina). A perda de 10% de água é incompatível para a execução de trabalho, e com perdas de 15% aparecem sinais de hipovolêmico;

- Doenças de pele: podem ocorrer disfunções nas glândulas sudoríparas (o que irá afetar a manutenibilidade da temperatura corporal; ambientes com umidade elevada potencializam este efeito), erupções cutâneas, queimaduras (devido à radiação solar ou processos industriais); caso a temperatura da pele atinja 45°C também podem ocorrer queimaduras;

- Psiconeuroses: ambientes quentes podem provocar também desconforto e redução da eficiência, favorecendo o surgimento de distúrbios psiconeuróticos, caso as pessoas já sejam predispostas a apresentar tais problemas;

- Cataratas: pode ocorrer em processos de fundição, solda ou outros processos onde o trabalhador precisa olhar com frequência para materiais incandescentes, o que ocasiona a degeneração do cristalino do olho, e pode demorar anos para se manifestar.

Outros sintomas como tontura, náusea, irritabilidade e sonolência são avisos de que o corpo humano está sendo debilitado devido ao ambiente em que se encontra e também devido à sua atividade. Tais sintomas são progressivos, de modo que podem ocorrer ainda durante a execução do trabalho, colocando em risco o funcionário, que pode sofrer acidentes ao realizar suas atividades. Em 1949, Bedford *apud* Leite (2002) realizou estudos na produção de carvão, analisando a relação entre o aumento da temperatura ambiente, a idade dos funcionários e o número de acidentes ocorridos. Nessa época, as condições de trabalho eram mais precárias, com tecnologias pouco desenvolvidas e não haviam tantos dispositivos de segurança como os de hoje, de modo que durante os estudos houve uma média de 123 acidentes por mês, um índice alto comparando-se com indústrias nos dias de hoje, e que não podem ser atribuídos exclusivamente às altas temperaturas às quais os trabalhadores estão sujeitos. Porém, através do controle de temperatura, foi possível identificar uma relação entre a temperatura, índice de acidentes, mês do ano e idade dos trabalhadores, onde comprova-se um agravamento do número de acidente de acordo com o aumento da temperatura, conforme os gráficos 1 e 2.

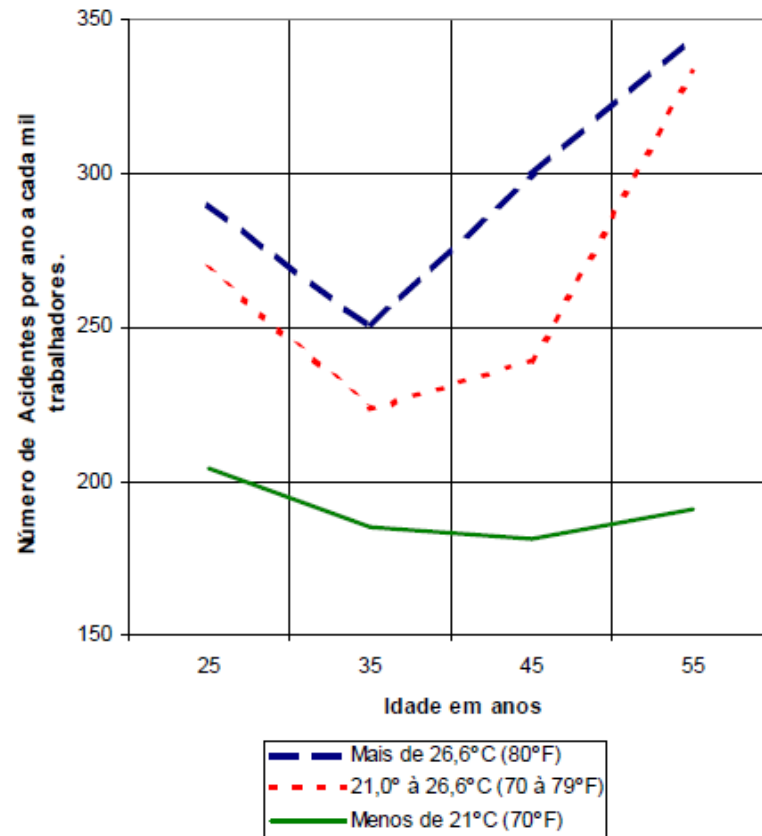


**Gráfico 1 – Comparação anual entre a temperatura, mês e número de acidentes a cada mil trabalhadores**

Fonte: Bedford *apud* Leite (2002)

Percebe-se que principalmente no verão, quando as temperaturas do ano são mais altas, o índice de acidentes foi maior, sendo no mês de Julho o pico do número de acidentes, sob as duas condições estudadas (fonte de calor com e sem controle). A média ponderada do número de acidentes foi de 123 acidentes por mês, porém houve meses onde o número de acidentes foi muito maior, como no mês de Julho (temperaturas mais altas), onde ocorreram mais de 160 acidentes de trabalho. Para casos de temperaturas mais baixas, a relação permanece: nos meses de Março e Novembro ocorreram os menores números de acidentes, sendo de aproximadamente 100 ocorrências.

Já no Gráfico 2 foram analisados três intervalos de temperatura ambiente, sendo até 21°C, entre 21°C e 26,6°C, e acima de 26,6°C. Como era de se esperar, o maior nível de acidentes ocorreu sob exposição à maior temperatura, e essa situação aplicou-se à todas as idades analisadas. As condições de trabalho hoje em dia permitem reduzir muito o número de acidentes, o que diminui a influência de outros fatores na ocorrência de acidentes, como a temperatura.



**Gráfico 2 – Comparação anual entre a temperatura, número de acidentes a cada mil trabalhadores e a idade dos trabalhadores**  
**Fonte: Bedford apud Leite (2002)**

Alguns processos industriais exigem a utilização de matérias primas em alta temperatura, criando um dilema para os gestores, ergonomistas e engenheiros de segurança no trabalho, pois a alteração da temperatura dos seus processos pode afetar seriamente a qualidade e segurança dos produtos fabricados, pois as propriedades físicas e químicas do produto podem ser alteradas ou não atingidas. Assim, adaptar o trabalho ao homem torna-se uma atividade difícil, pois a saúde do trabalhador precisa ser preservada, boas condições de trabalho devem ser oferecidas, e os produtos devem ser produzidos mantendo sua qualidade e propósitos originais.

### 3 ÍNDICES DE ANÁLISE DE ESTRESSE TÉRMICO

Desde a metade do último século, devido à modernização de processos industriais e a crescente preocupação com o bem estar dos trabalhadores, cresceu também a necessidade de desenvolver normas e padrões de estresse térmico, os quais originaram os índices utilizados hoje em dia (BUDD, 2001).

Um índice de estresse térmico pode ser definido como uma medida quantitativa que integra em um único número os fatores que influenciam nas trocas de calor entre o homem e o ambiente em que ele se encontra (BESHIR; RAMSEY, 1988). Szokolay e Auliciens (1997) *apud* Xavier e Lamberts (2002), Beshir e Ramsey (1988) e Ashley, Luecke, Schwartz, Islam e Bernard (2008) listaram os principais índices para avaliação de estresse térmico, de maneira cronológica, conforme a lista a seguir:

- ET: *Effective Temperature Scales*, desenvolvido por Houghten e Yaglou em 1923;
- W: *Skin Wettedness*, desenvolvido por Gagge em 1937;
- TAR: Relação de aceitação térmica, desenvolvido por Plummer em 1945;
- CET: *Corrected Effective Temperature*, adaptado do índice ET por Bedford em 1946;
- P4SR: Taxa de suor estimada para 4 horas, desenvolvido por McArdle em 1947;
- HSI: *Heat Stress Index*, desenvolvido por Belding e Hatch em 1955;
- WBGT: *Wet Bulb Globe Temperature*, desenvolvido por Yaglou e Minard em 1957. Este índice foi modificado posteriormente e tornou-se muito utilizado, principalmente por ser um índice bastante simples de ser utilizado (BURR, 1991). No Brasil, este índice é conhecido como IBUTG, o qual é apresentado na Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres, em seu Anexo 3 – Limites de Tolerância para Exposição ao Calor (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2011). Este índice é aplicável para ambientes internos e externos, com ou sem carga solar;
- TSI: Índice de tensão térmica, desenvolvido por Lee em 1958;
- DI: *Discomfort index*, desenvolvido por Thom em 1959, e adaptado por Sohar em 1962;



- RSI: Índice relativo de tensão, desenvolvido por Lee e Henschel em 1963;
- ITS: Índice de estresse térmico ou taxa requerida de suor, desenvolvido por Givoni em 1963. Esse índice é também conhecido como  $SW_{req}$ , derivado do inglês *required sweat rate*;
- ET\*: *New Effective Temperature*, desenvolvido por Gagge em 1971;
- PSI: *Physiological strain index*, desenvolvido por Moran, Shitzer e Pandolf em 1998;
- MDI: Índice modificado de desconforto, desenvolvido por Moran e Pandolf em 1999 (MORAN; PANDOLF; SHAPIRO; HELED; SHANI; MATHEW; GONZALEZ, 2001). Segundo Moran e Pandolf, responsáveis pelo desenvolvimento deste índice, o MDI foi construído utilizando métodos de análise estatística mais avançados, e em uma série de estudos foi encontrada alta correlação para o índice WBGT;
- O ESI: *Environmental stress index*, ou em português, Índice de stress ambiental, foi desenvolvido em 2001 por Moran, Pandolf, Shapiro, Heled, Shani, Mathew e Gonzalez. O índice ESI foi construído utilizando métodos de análise estatística e comparação com 3 outros índices: WBGT (*Wet bulb globe temperature*), DI (*Discomfort Index*, adaptado por Sohar em 1962) e MDI (*Modified discomfort index*), e o método estatístico utilizado foi a regressão múltipla. Porém ele é aplicável apenas para ambientes onde existe radiação solar, e suas variáveis de cálculo são: temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar (MORAN; PANDOLF; VITALIS; HELED; PARKER; GONZALEZ, 2004). Segundo os autores, este provou ter potencial para ser uma alternativa prática ao índice IBUTG, quando avalia-se ambientes sujeitos à cargas solares.

Nesta pesquisa serão aplicados dois dos índices supracitados: IBUTG (Índice de bulbo úmido e termômetro de globo), normalizado pela NR 15 (2011) e WBGT (*Wet bulb globe temperature*) de 1989. Tais índices serão apresentados detalhadamente nas seções seguintes.

### 3.1 IBUTG: ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO

O índice WBGT: *Wet bulb globe temperature*, conhecido no Brasil como Índice de Bulbo úmido Termômetro de globo, ou IBUTG, foi desenvolvido em

1957 por Yaglou e Minard. Este índice é considerado o índice mais comum para avaliar estresse térmico tanto em ambientes internos quanto externos (MORAN; PANDOLF; SHAPIRO; HELED; SHANI; MATHEW; GONZALEZ, 2001), sendo o mais usado mundialmente, de acordo com Budd (2008).

O IBUTG foi criado e usado pela primeira vez pelo exército e marinha dos Estados Unidos, devido à ocorrência de surtos graves de doenças provocadas pelo calor em campos de treinamento (BUDD, 2008). Posteriormente foram realizados estudos em outros ambientes, e o WBGT foi considerado apropriado também para prevenir o estresse térmico em ambientes de trabalho em indústrias (PETERS, 1991). Em 1986, o método WBGT foi definido pelo NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), como o critério para a exposição a ambientes quentes e avaliação de estresse térmico.

Em 1982, a ISO - *International Organization for Standardization* tornou o método IBUTG uma norma internacional de avaliação de estresse térmico. A versão atualizada data de 1989, e é amplamente aplicada no mundo todo, tornando o índice IBUTG a norma internacional ISO 7243 – *Hot environments – estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature)*, ou Ambientes quentes - Estimativa do estresse térmico sobre o homem trabalhando, com base no índice IBUTG - (Índice de bulbo úmido e temperatura de globo) (ISO 7243, 1989). No Brasil, o índice IBUTG é o método recomendado para avaliação de estresse térmico. O mesmo é regulamentado através da Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres, em seu Anexo 3 – Limites de tolerância para exposição ao calor (Ministério do Trabalho, 2011).

O índice IBUTG é obtido à partir de três parâmetros ambientais, conforme a seguir (ISO 7243, 1989; MORAN; PANDOLF; SHAPIRO; LAOR; HELED; GONZALEZ, 2003):

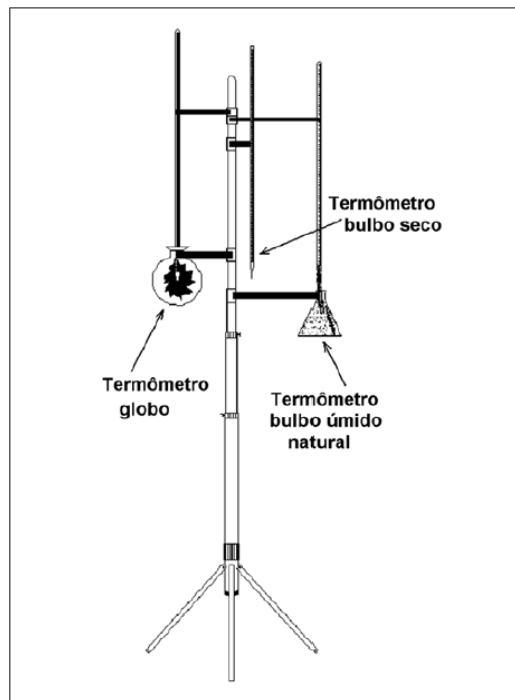
- $t_g$ : temperatura de globo negro ( $^{\circ}\text{C}$ ), mensura a carga de calor proveniente de radiação e convecção. Utiliza um termômetro de globo para ser medida;

- $t_a$ : temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ ): mensura a temperatura do ar, isolado de influência de radiação. Utiliza um termômetro comum para ser mensurada;

- $t_{nw}$ : temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ), caracteriza-se pela medição da capacidade de evaporação do ambiente, e é medido através de um termômetro de

bulbo úmido, onde o termômetro está envolvido por um tecido umedecido com água destilada.

Na Figura 1, observa-se uma árvore de IBUTG, um dos possíveis equipamentos que pode ser utilizado para medição das variáveis ambientais acima citadas. Existem outros aparelhos de IBUTG mais compactos, porém o princípio dos sensores é o mesmo da imagem abaixo. O tipo de termômetro auxilia da redução do tamanho dos equipamentos: no caso abaixo, utiliza-se termômetros de mercúrio, porém pode-se utilizar sensores que usam o princípio da resistência elétrica para mensurar a temperatura.



**Figura 1 – Árvore de IBUTG**  
Fonte: Pinto (2006)

A obtenção do índice IBUTG é realizada de acordo com o ambiente analisado, diferenciando-os em: ambientes internos ou externos sem carga solar, ou ambientes externos com carga solar. As equações para cálculo do índice para cada uma das condições anteriores são as seguintes:

$$WBGT = 0,7.t_{nw} + 0,3.t_g \quad (1)$$

ou

$$WBGT = 0,7.t_{nw} + 0,2.t_g + 0,1.t_a \quad (2)$$

A equação (1) é aplicada para ambientes internos ou externos sem carga solar, e a equação (2) é aplicada para ambientes externos com carga solar (ISO 7243, 1989). Neste estudo, as medições realizadas apenas em ambientes internos, portanto apenas a Equação 1 será utilizada.

### 3.2 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A NR 15 – ANEXO 3 (2011)

Antes de interpretar o índice IBUTG é necessário conhecer a taxa metabólica da atividade realizada, ou seja, quanto calor o corpo do trabalhador produz ao executar suas atividades, e em seguida classificá-la em: trabalho leve, trabalho moderado ou trabalho pesado . Para isso, deve-se consultar o Quadro 3 da NR 15 (2011), conforme abaixo.

<b>Atividade</b>	<b>Tipo de trabalho</b>
Sentado, movimentos moderados com braço e tronco Sentado, movimentos moderados com braços e pernas De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	Leve
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação Em movimento, trabalho moderado de levantar e empurrar	Moderado
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos Trabalho fatigante	Pesado

**Quadro 1 – Classificação de atividades**  
**Fonte: Adaptado da NR 15 – Anexo 3 (Ministério do Trabalho, 2011)**

Tendo em mãos o tipo de atividade, calcula-se o IBUTG através das equações 1 e 2, e consulta-se o Quadro 1 da NR 15 (2011), conforme abaixo, comparando o nível de IBUTG obtido e o tipo de atividade realizada.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de Atividade			
	Leve	Moderada	Pesada	
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0	IBUTG
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9	
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9	
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0	
Trabalho não permitido sem adoção de medidas	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0	

**Quadro 2 – Limites de IBUTG de acordo com a intensidade de atividade**  
**Fonte: Adaptado da NR 15 – Anexo 3 (Ministério do Trabalho, 2011)**

Dessa maneira é realizado o diagnóstico da situação de trabalho, e será obtida a jornada de trabalho e se é necessário fornecer tempo de descanso. Para fins legais, o tempo de descanso é considerado tempo de serviço, e deve ser realizado em um ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve. Observa-se que apenas em condições extremas nenhum tipo de trabalho será permitido, o que ocorre apenas na última linha do quadro 2 acima.

### 3.3 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A ISO 7243 (1989)

O método de cálculo do IBUTG pela norma ISO 7243 (1989) é o mesmo da NR 15 (2015), através das equações 1 ou 2. E assim como na NR 15 (2011), primeiramente é necessário determinar a taxa metabólica da atividade que está sendo executada no posto de trabalho analisado, o que pode ser realizado através da Tabela 1 da ISO 7243 (1989), e que pode ser visualizada abaixo.

Tabela 1 – Valores de referência para o índice IBUTG

Class	Metabolic rate range, $M$		Value to be used for calculation of mean metabolic rate		Examples
	related to a unit skin surface area $W/m^2$	for a mean skin surface area of $1,8 m^2$ $W$	$W/m^2$	$W$	
0 Resting	$M < 65$	$M < 117$	65	117	Resting
1 Low metabolic rate	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	100	180	<b>Sitting at ease</b> : light manual work (writing, typing, drawing, sewing, book-keeping); hand and arm work (small bench tools, inspection, assembly or sorting of light materials); arm and leg work (driving vehicle in normal conditions, operating foot switch or pedal). <b>Standing</b> : drill (small parts); milling machine (small parts); coil winding; small armature winding; machining with low power tools; casual walking (speed up to 3,5 km/h).
2 Moderate metabolic rate	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	165	297	Sustained hand and arm work (hammering in nails, filling); arm and leg work (off-road operation of lorries, tractors or construction equipment); arm and trunk work (work with pneumatic hammer, tractor assembly, plastering, intermittent handling of moderately heavy material, weeding, hoeing, picking fruit or vegetables); pushing or pulling light-weight carts or wheelbarrows; walking at a speed of 3,5 km/h to 5,5 km/h; forging.
3 High metabolic rate	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	230	414	Intense arm and trunk work; carrying heavy material; shovelling; sledge hammer work; sawing, planing or chiselling hard wood; hand mowing; digging; walking at a speed of 5,5 km/h to 7 km/h. Pushing or pulling heavily loaded handcarts or wheelbarrows; chipping castings; concrete block laying.
4 Very high metabolic rate	$M > 260$	$M > 468$	290	522	Very intense activity at fast to maximum pace; working with an axe; intense shovelling or digging; climbing stairs, ramp or ladder; walking quickly with small steps, running, walking at a speed greater than 7 km/h.

Fonte: ISO 7243 (1989)

Após determinar a taxa metabólica da atividade, por fim, calcula-se o índice IBUTG e consulta-se a Tabela A1 do Anexo A da norma ISO 7243 (1989). Nota-se que nesta tabela é preciso diferenciar se os funcionários foram aclimatados ou não ao ambiente de trabalho, pois pessoas não aclimatadas tendem a sofrer mais as consequências da temperatura do ambiente. Além disso, em condições onde a taxa metabólica encontrase no intervalo  $200 < M \leq 260$ , é preciso determinar se há movimento de ar perceptível

Observa-se ainda que, ao contrário da NR 15 (2011), não há níveis de descanso previstos na Tabela A1 da ISO 7243 (1989), conforme visualizado abaixo. Desta forma, nota-se que a norma internacional torna-se mais rígida, protegendo o trabalhador contra condições muito insalubres, pois após o limite de tolerância ser ultrapassado, não há rodízio de trabalho aceitável entre a condição de estresse térmico e uma condição mais amena de temperatura.

**Tabela 2 – Valores de referência para o índice IBUTG da Tabela A1 da ISO 7243 (1989)**

Taxa Metabólica (W/m <sup>2</sup> )	Valor de referência para IBUTG			
	Pessoas aclimatadas (°C)		Pessoas não aclimatadas (°C)	
M≤65	33		32	
65<M≤130	30		29	
130<M≤200	28		26	
200<M≤260	sem movimento de ar perceptível	movimento de ar perceptível	sem movimento de ar perceptível	movimento de ar perceptível
	25	26	22	23
M>260	23	25	18	20

**Fonte: ISO 7243 (1989)**

Caso os valores excedam os limites definidos na tabela, faz-se necessário tomar as seguintes atitudes em relação ao ambiente de trabalho (ISO 7243, 1989):

- reduzir a carga de estresse térmico no posto de trabalho através de métodos apropriados, como por exemplo: controle do ambiente, do nível da atividade (e assim, a taxa metabólica) e uso de equipamentos de proteção individual;
- realizar nova análise, de maneira mais detalhada e aplicando outros métodos de análise de estresse térmico.

A norma ISO 7243 (1989), portanto, é mais rígida que a norma brasileira NR 15 (2011), pois não permite trabalho algum após o limite de tolerância ser ultrapassado, sem que sejam tomadas providências imediatas para melhorar as condições ambientais do posto de trabalho. A NR 15 (2011) permite que seja realizado rodízio de trabalho entre o posto com estresse térmico e um posto ameno e com atividade leve, e não obriga a empresa a realizar melhorias das condições de trabalho.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, do ponto de vista de sua natureza, pois objetiva obter conhecimentos para aplicação prática. Pela sua forma de abordagem, caracteriza-se também como uma pesquisa quantitativa, pois fará uso de indicadores numéricos normalizados internacionalmente, com o objetivo de compará-los com outros dados, também numéricos.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa possui caráter descritivo e exploratório, pois trata-se de análise profunda de uma situação real, buscando avaliá-la e fornecer fundamentos para comprovar uma hipótese. Por fim, esta pesquisa é classificada como um estudo de caso, pois envolve o estudo profundo de poucos objetos, buscando explorar uma situação real, e preservando o objeto estudado.

### 4.2 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada em uma central de esterilização de instrumentos odontológicos, localizada na cidade Ponta Grossa – PR.

Na central de esterilização trabalham no mínimo 2 funcionárias durante toda a jornada, porém em alguns momentos o trabalho pode ser realizado por até 3 funcionárias. Elas são responsáveis por receber os instrumentos limpos, identificá-los, preencher um recibo sobre o recebimento dos instrumentos e, em seguida, esterilizá-los.

A esterilização é realizada através do uso de 3 autoclaves, conforme pode ser observado na Figura 2. Tais autoclaves trabalham com temperaturas de 127°C e 137°C, e armazenam os instrumentos em gavetas durante todo o processo de esterilização. Após esse processo, os instrumentos são colocados sobre as bancadas em frente as autoclaves para resfriarem.





**Fotografia 1 - Funcionária operando uma autoclave da central de esterilização**  
**Fonte: Autoria própria**

Devido à legislação vigente, o ambiente de esterilização não pode permanecer em nenhum momento com as janelas ou portas abertas, com ressalvas para o trânsito das funcionárias, para evitar a entrada de contaminantes. Além disso, não existem no ambiente ventiladores ou equipamentos de ar condicionado, e as autoclaves não estão isoladas das bancadas de trabalho, de modo que obrigatoriamente as funcionárias trabalham próximas às autoclaves em alta temperatura de operação. Nessas condições, há pouca ventilação de ar, o que apesar de não ser uma variável do cálculo de IBUTG, gera muito desconforto nas funcionárias, conforme relatado pelas mesmas durante os dias em que as medições foram realizadas. Na Figura 3, abaixo, é possível observar todo o ambiente de trabalho analisado, onde notam-se as janelas fechadas e a proximidade entre bancadas e as autoclaves.



**Fotografia 2 – Visão geral do ambiente analisado**  
**Fonte: Autoria própria**

Ao todo trabalham 5 funcionárias na central de esterilização, em dias alternados, de segunda-feira a sexta-feira. Dessas 5 funcionárias, 3 delas trabalham em jornada normal de 8 horas, porém devido à grande demanda de trabalho, 2 funcionárias chegam a realizar jornadas de 14 horas diárias, ao receberem hora extra.

#### 4.3 COLETA DE DADOS

Nesta pesquisa serão utilizados métodos de análise de estresse térmico normalizados pelas ISO 7243 (1989) e NR 15 (2011). Para atingir este objetivo é necessário mensurar duas variáveis ambientais, para então aplicar os métodos normalizados. As seguintes variáveis ambientais devem ser mensuradas: temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura de globo negro ( $^{\circ}\text{C}$ ). Para a medição das variáveis ambientais serão utilizados dois equipamentos de medição: *Confortímetro Sensu®* e uma árvore de IBUTG. Ambos os equipamentos são de propriedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. O *Confortímetro Sensu®* foi fabricado pela Universidade Federal de Santa Catarina e é capaz de mensurar temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Além disso, os dados são armazenados no equipamento para análise posterior. A árvore de IBUTG pode mensurar temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperatura de

globo negro, porém este equipamento será utilizado apenas por ser o único capaz de mensurar temperatura de bulbo úmido. Na Figura 2, abaixo, pode ser observado o *Confortímetro Senu®* e a árvore de IBUTG que foram utilizados nesta pesquisa.



**Fotografia 3 - *Confortímetro Senu®* e árvore de IBUTG no local de medição**  
**Fonte: Autoria própria**

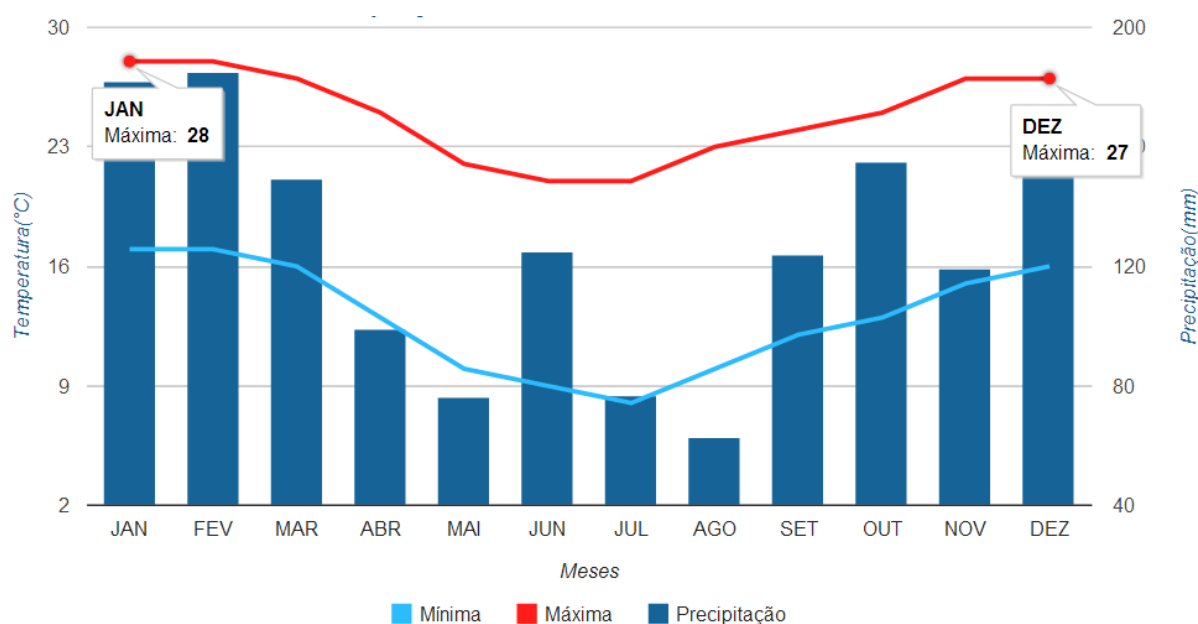
Os equipamentos foram colocados o mais próximo possível dos trabalhadores, conforme orienta a NR 15 (2011), de modo que os mesmos não afetem a locomoção e execução das atividades dos mesmos, e possam coletar os valores ambientais necessários ao cálculo dos índices adotados nesse estudo.

A norma brasileira NR 15 (2011) não especifica por quanto tempo e em que horário do dia as medições devem ser realizadas, criando uma lacuna a ser preenchida. Já a norma ISO 7243 (1989) recomenda que as medições sejam realizadas no período correspondente ao maior nível de estresse térmico, o que normalmente ocorre nas seguintes situações:

- durante o verão;
- no meio do dia;
- quando os equipamentos que geram calor estão em operação.

Nessa pesquisa não foi possível realizar medições durante o verão, no entanto foram coletados dados em dias com clima nublado e ensolarado, sendo os dias de medição: 05/09/13, 06/09/13 e 13/09/13, sendo que no dia 13 de setembro

de 2013, data da última medição realizada, a temperatura em Ponta Grossa foi de 28°C (SIMEPAR, 2013). De acordo com o Simepar, em estudo realizado com dados climatológicos de 30 anos na cidade de Ponta Grossa, a média da temperatura máxima em Dezembro, verão, é de 27°C, conforme observado no gráfico abaixo. Portanto, a medição do dia 13 de setembro de 2013, com 28°C de temperatura externa, assemelha-se a um dia de verão na região.



**Gráfico 3 – Climatologia da cidade de Ponta Grossa**  
**Fonte: SIMEPAR (2013)**

As outras duas recomendações feitas pela ISO 7243 (1989) foram atendidas, pois as medições foram realizadas das 11h às 13:30h, com dados coletados a cada 10 minutos, e ainda com os 3 equipamentos geradores de calor no ambiente em plena operação. Portanto, para a medição do dia 13/09/13, pode-se considerar que as 3 recomendações da ISO 7243 (1989) foram atendidas.

Quanto à duração das medições, a ISO 7243 (1989) não determina um tempo mínimo ou máximo de medição, porém orienta que devem ser respeitados ao menos o tempo de resposta dos sensores de medição. No caso dos equipamentos utilizados nessa pesquisa, tem-se o termômetro de globo negro que necessita de ao menos 30 minutos para obter-se respostas seguras, portanto os equipamentos foram colocados no local de medição às 10:30h, porém os dados foram coletados apenas à partir das 11h.

#### 4.4 ANÁLISE DE DADOS

Após coletados os dados ambientais será determinado o índice IBUTG do ambiente analisado, utilizando-se o software *Microsoft Excel*. O IBUTG será calculado separadamente para cada horário de medição, sendo que primeiramente será aplicada a interpretação da NR 15 (2011), e posteriormente a interpretação da ISO 7243 (1989).

Os valores de IBUTG serão comparados com os valores de referência mostrados no Quadro 2 e Tabela 2, e para a NR 15 (2011) será determinada ainda a jornada de trabalho ideal para que os funcionários, de acordo com o nível de IBUTG encontrado.

## 5 RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos com as medições realizadas em uma central de esterilização de instrumentos odontológicos, através da aplicação das metodologias apresentadas nas normas NR 15 (2011) e ISO 7243 (1989) para cálculo do índice IBUTG.

### 5.1 DADOS AMBIENTAIS E CÁLCULO DO ÍNDICE IBUTG

Conforme citado anteriormente, as medições ambientais foram realizadas nos dias 05/09/13, 06/09/13 e 13/09/13, com duração de 2 horas e meia, das 11h às 13:30h, com coleta de dados a cada 10 minutos. O ambiente analisado era interno, portanto a equação aplicada é a equação 1. Nas tabelas abaixo, tem-se os resultados obtidos com as medições para cada um dos dias citados acima:

**Tabela 3 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 05/09/13**

Hora	Tnw (°C)	Tg (°C)	IBUTG (°C)
11:00	22,7	31,4	25,31
11:10	22,8	31,8	25,5
11:20	22,8	31,8	25,5
11:30	22,7	32,1	25,52
11:40	22,8	32,4	25,68
11:50	23,2	32,4	25,96
12:00	23,5	32,8	26,29
12:10	23,6	33	26,42
12:20	23,8	33	26,56
12:30	24	33,2	26,76
12:40	24,2	33,2	26,9
12:50	24	33,3	26,79
13:00	24,3	33,3	<b>27</b>
13:10	24,3	33,1	26,94
13:20	24	32,5	26,55
13:30	24	33,2	26,76
<b>Média</b>	<b>23,54</b>	<b>32,66</b>	<b>26,28</b>

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 3 observa-se que a média do índice IBUTG no dia 05/09/13 (clima nublado) foi de 26,28°C, sendo que o maior valor obtido foi de 27°C às 13h. O valor máximo de IBUTG obtido está destacado em negrito na tabela acima.

**Tabela 4 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 06/09/13**

Hora	Tnw (°C)	Tg (°C)	IBUTG (°C)
11:00	22,2	30,9	24,81
11:10	22,7	31,3	25,28
11:20	22,8	31,4	25,38
11:30	22,9	31,6	25,51
11:40	23	31,8	25,64
11:50	23,3	32	25,91
12:00	23,4	33,2	26,34
12:10	23,5	33,4	26,47
12:20	23,7	33,3	26,58
12:30	24	33,3	<b>26,79</b>
12:40	24	33,1	26,73
12:50	23,7	32,9	26,46
13:00	23,2	32,5	25,99
13:10	23,2	32	25,84
13:20	23,3	31,8	25,85
13:30	23,2	31,7	25,75
<b>Média</b>	<b>23,26</b>	<b>32,26</b>	<b>25,96</b>

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 4 observa-se que a média do índice IBUTG no dia 06/09/13 (clima nublado) foi de 25,96 °C, sendo que o maior valor obtido foi de 26,79°C às 12:30h.

**Tabela 5 – Dados ambientais e IBUTG coletados no dia 13/09/13**

Hora	Tnw (°C)	Tg (°C)	IBUTG (°C)
11:00	24,3	31,9	26,58
11:10	24,6	32,5	26,97
11:20	24,6	33	27,12
11:30	24,6	33	27,12
11:40	24,8	33,1	27,29
11:50	25	33,1	27,43
12:00	25,3	33,1	27,64
12:10	25,1	33,4	27,59
12:20	25,6	33,6	28
12:30	25,5	33,8	27,99
12:40	25,5	33,9	<b>28,02</b>
12:50	25,3	33,1	27,64
13:00	25	33,4	27,52
13:10	25,2	33,6	27,72
13:20	24,6	32,9	27,09
13:30	24,3	33	26,91
<b>Média</b>	<b>24,96</b>	<b>33,15</b>	<b>27,41</b>

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 5 observa-se que a média do índice IBUTG no dia 13/09/13 (clima ensolarado) foi de 27,41 °C, enquanto o maior valor obtido foi de 28,02°C às 12:40h. Esse foi o dia em que foram encontrados os maiores valores de IBUTG no ambiente analisado.

No momento dessa medição as 3 recomendações da ISO 7243 (1989) foram atendidas, pois a medição foi realizada no meio do dia, com os equipamentos geradores de calor em pleno funcionamento, e em um dia similar ao verão, com temperatura externa de 28°C. O objetivo dessas condições é encontrar a pior condição possível de estresse térmico ao qual os funcionários estão sujeitos, pois é essa condição que deve ser considerada para a interpretação do índice IBUTG. Assim, os tópicos a seguir irão considerar apenas as medições do dia 13/09/13 para a interpretação de acordo com os métodos propostos nessa pesquisa.

## 5.2 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A NR 15 (2011)

Conforme os resultados do tópico anterior, determinou-se que a interpretação do índice IBUTG será realizada para a situação onde as 3 indicações de medições da ISO 7243 foram atendidas: realizar a medição no meio do dia, com os equipamentos geradores de calor em pleno funcionamento, e em um dia similar ao verão, com temperatura externa de 28°C.

Assim obteve-se o valor máximo de IBUTG às 12:40h, com intensidade máxima de 28,02°C e mínima de 26,58°C. No entanto, utilizou-se para análise a média encontrada para o ambiente durante o tempo de medição, que foi de 27,41°C.

Para classificar o nível metabólico da atividade de acordo com a NR 15 (2011) utiliza-se o Quadro 1 apresentado neste trabalho. De acordo com a descrição da atividade dos trabalhadores, a atividade deve ser classificada como Moderada, pois encaixa-se na descrição: em pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação. A descrição detalhada da atividade das funcionárias está na Metodologia desta pesquisa, e abaixo pode ser observado o posto de trabalho, e ao lado os equipamentos de medição.





**Fotografia 4 - Confortímetro Sensu® e árvore de IBUTG no local de medição**  
**Fonte: Autoria própria**

Após determinar o índice IBUTG e classificar a atividade dos trabalhadores, utiliza-se o quadro abaixo da NR 15 (2011) para interpretar o índice IBUTG calculado.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de Atividade			
	Leve	Moderada	Pesada	
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0	IBUTG
45 minutos trabalho / 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9	
30 minutos trabalho / 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9	
15 minutos trabalho / 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0	
Trabalho não permitido sem adoção de medidas	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0	

**Quadro 3 – Limites de IBUTG de acordo com a intensidade de atividade, com destaque para a condição aceitável máxima em vermelho e a condição que deve ser implementada em verde**  
**Fonte: Adaptado da NR 15 – Anexo 3 (Ministério do Trabalho, 2011)**

Observa-se que, para o regime de trabalho de 8h executado pelas funcionárias, o valor máximo de IBUTG aceitável seria de 26,7 °C (destacado em vermelho no quadro acima). No entanto, a média do IBUTG no local de trabalho foi de 27,41°C, tornando o regime de trabalho impróprio.

Para adequar o regime de trabalho, sem realizar modificações no ambiente de trabalho, deve-se implementar o regime de trabalho conforme a seguir: 45 minutos de trabalho e 15 minutos de descanso, a cada hora da jornada de trabalho (destacado em verde no quadro acima). Para fins legais, o tempo de descanso é considerado tempo de serviço, e deve ser realizado em um ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.

### 5.3 INTERPRETAÇÃO DO ÍNDICE IBUTG SEGUNDO A ISO 7243 (1989)

Para classificar o nível metabólico da atividade de acordo com a ISO 7243 (1989) utiliza-se a Tabela 1 apresentada neste trabalho. De acordo com a descrição da atividade dos trabalhadores, a atividade deve ser classificada como Moderada (assim como na NR 15 (2011)) pois encaixa-se na descrição: trabalho com braço e tronco (trabalho com martelo pneumático, trator montagem, reboco, manipulação intermitente de material moderadamente pesado, colheita de frutos ou legumes); empurrar/puxar carros leves ou carrinhos de mão. A classificação Moderada foi atribuída devido ao trabalho com os braços e troncos, manipulação intermitente de material moderadamente pesado e empurrar/puxar carros leves ou carrinhos de mão.

Após determinar o índice IBUTG e classificar a atividade dos trabalhadores, utiliza-se a tabela abaixo da ISO 7243 (1989) para interpretar o índice IBUTG calculado.

**Tabela 6 – Valores de referência para o índice IBUTG da Tabela A1 da ISO 7243 (1989)**

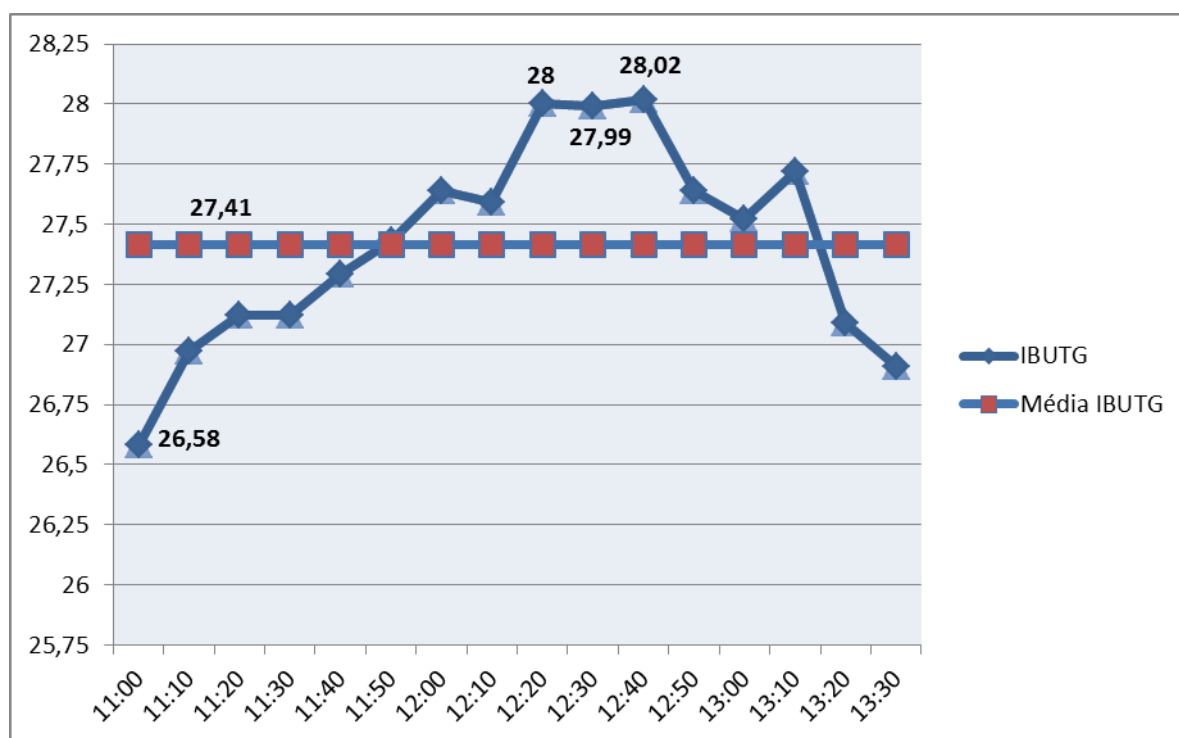
Taxa Metabólica (W/m <sup>2</sup> )	Valor de referência para IBUTG			
	Pessoas aclimatadas (-C)		Pessoas não aclimatadas (-C)	
M≤65	33		32	
65<M≤130	30		29	
130<M≤200	28		26	
200<M≤260	sem movimento de ar perceptível	movimento de ar perceptível	sem movimento de ar perceptível	movimento de ar perceptível
	25	26	22	23
M>260	23	25	18	20

Fonte: Adaptado de ISO 7243 (1989)

Considerando a média de IBUTG encontrada para a medição do dia 13/09/13, o índice de IBUTG de 27,41°C encontra-se dentro dos limites de tolerância

da ISO 7243 (1989), tornando o ambiente adequado de acordo com a atividade executada pelas funcionárias.

Para a análise do IBUTG as funcionárias foram consideradas como pessoas aclimatadas ao ambiente, mesmo que não tenham recebido o processo de aclimação, pois já trabalham há meses no mesmo local, e o processo de aclimação dura apenas 7 dias de trabalho (ISO 7243, 1989). O processo de aclimação é indicado para funcionários novos, pois o mesmo aumenta a tolerância individual ao estresse térmico, e, no caso deste ambiente, deverá ser aplicado sempre que houver a inserção de novos funcionários no ambiente analisado. Abaixo é possível observar a evolução do IBUTG no posto de trabalho ao longo do tempo, na medição do dia 13/09/13.



**Gráfico 4 – Variação do IBUTG na central de esterilização, com destaque para o valor máximo, mínimo e média do índice IBUTG para o ambiente no dia 13/09/13**  
 Fonte: Autoria própria

Como foi considerada a média de 27,41°C para a análise do índice IBUTG, o ambiente foi considerado adequado. No entanto, conforme visualizado nos resultados e no gráfico acima, obteve-se uma medição de 28°C, outra de 27,99°C e outra de 28,02°C. Isso se deve ao fato de que houve a abertura das autoclaves para retirar os equipamentos esterilizados e iniciar novos ciclos de esterilização, e o calor dos equipamentos aumentou a temperatura local, fato que ocorre várias vezes

durante o dia. Portanto, existe a possibilidade de que em outra medição, possivelmente no verão e com temperatura externa maior, o ambiente apresente um índice de IBUTG maior que 28°C, tornando o ambiente inadequado.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar a situação térmica de uma central de esterilização de instrumentos odontológicos na cidade Ponta Grossa através da aplicação do índice IBUTG. Este índice é normalizado nacionalmente pela norma NR 15 (2011) e internacionalmente pela norma ISO 7243 (1989), as quais apresentam o mesmo método de cálculo, porém modos de interpretação diferenciados.

As medições foram realizadas em três dias distintos, sendo que no último dia de medição foi possível atender as 3 condições sugeridas pela ISO 7243 (1989) para execução de medições de estresse térmico: realizar a medição no meio do dia, com os equipamentos geradores de calor em pleno funcionamento, e em um dia similar ao verão, com temperatura externa de 28°C. Assim, apenas o 3º dia de medição, 13/09/13, foi considerado para a interpretação do índice IBUTG, que teve média de IBUTG de 27, 41°C.

Os resultados demonstraram que para a norma brasileira NR 15 (2011) o ambiente encontra-se em condição de estresse térmico para a jornada de trabalho existente e a atividade realizada, de modo que para corrigir a situação é necessário implementar um regime de trabalho onde as funcionárias tenham 45 minutos de trabalho e 15 minutos de descanso, a cada hora da jornada de trabalho. Porém, a norma brasileira não exige que sejam realizadas mudanças no local de trabalho.

Na interpretação realizada pela metodologia internacional da ISO 7243 (1989), o ambiente pode ser considerado adequado, pois o limite de tolerância é de 28°C. No entanto destaca-se que durante a medição foi encontrado um valor acima do limite de tolerância, e dois valores muito próximos deste limite, o que sugere que há a possibilidade de que em outra medição, possivelmente no verão e com temperatura externa maior, o ambiente apresente um índice de IBUTG maior que 28°C, tornando o ambiente inadequado. Se isso ocorrer, é necessário realizar nova análise com métodos mais elaborados, como o método da Taxa Requerida de Suor, normalizado pela ISO 7933 (2004), e também é requisitado que a carga térmica seja reduzida, por um dos seguintes métodos: controle do ambiente, controle do nível de atividade (para redução da taxa metabólica), redução da jornada de trabalho (como a NR 15 (2011) apresenta) ou proteção individual.

Por fim, considera-se que os objetivos geral e específicos foram atingidos neste trabalho, e que medidas corretivas devem ser tomadas no posto de trabalho, conforme a NR 15 (2011) sugere. O autor sugere ainda que: as autoclaves sejam isoladas das bancadas de trabalho, para enclausurar o calor gerado por elas e evitar que o mesmo afete todo o ambiente de trabalho; que as autoclaves permaneçam fechadas durante o carregamento das prateleiras para evitar que mais calor entre no ambiente (ação já tomada, e segundo relatos das funcionárias ocasionou melhorias); que seja realizada nova avaliação do nível de pressão sonora; sejam fornecidas luvas adequadas para a atividade realizada; novas análises de estresse térmico sejam realizadas no verão, para verificação da hipótese de estresse térmico de acordo com a metodologia da ISO 7243 (1989).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A. C. S.; VEIGA, M. M. Processo de trabalho rural e EPI's: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**. Vol. 08, p. 39-39, 2010.

ALONSO, José P.; CALLEJÓN-FERRE, Ángel J.; CARREÑO-ORTEGA, Ángel; SÁNCHEZ-HERMOSILLA, Julián. Approach to the evaluation of the thermal work environment in the greenhouse-construction industry of SE Spain. **Building and Environment**. Vol. 46, p. 1725-1734, ago. 2011.

ASHLEY, C.D.; LUECKE, C.L.; SCHWARTS, S.S.; ISLAM, M.Z.; BERNARD, T.E. Heat strain at the critical WBGT and the effects of gender, clothing and metabolic rate. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 38, p. 640-644, jul. 2008.

BERNARD, Thomas E.; CROSS, Ronald R. Case Study Heat stress management: Case study in an aluminum smelter. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 23, p. 609-620, mar. 1999.

BESHIR, M.; RAMSEY, Jerry D. Heat stress indices: a review paper. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 3, p. 89-102, dez. 1988.

BISHOP, Phillip; GU, Dingliang; CALPP, Anthony. Climate under impermeable protective clothing. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol 25, p. 233-238, fev. 2000.

BUDD, G.M. Assessment of thermal stress—the essentials. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 26, p. 371-374, set. 2001.

BUDD, Grahame M. Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations. **Journal of Science and Medicine in Sport** . Vol. 11, p. 20-32, jan. 2008.

COUTINHO, A.S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 1998.

FIEDLER, Nilton C.; VENTUROLI, Fábio; MINETTI, Luciano J.. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol.10, n.3, p. 679-685, jan. 2006.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate**, ISO 7933, Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)**, ISO 7243, Genebra, 1989.

LAMBERTS, R; XAVIER, A.A.P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Apostila LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

LEITE, Elizabeth Spengler Cox de Moura. **Stress térmico por calor – Estudo comparativo dos métodos e normas de quantificação**. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – **NR-15 – Atividades e operações insalubres – Anexo 3 – Limites de tolerância para exposição ao calor**. 2011.

MORAN, D.S.; PANDOLF, K.B.; SHAPIRO, Y.; LAORA, A.; HELEDA, Y.; GONZALEZ, R.R. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 28, p. 43–49, jan. 2003.

MORAN, D.S.; PANDOLF, K.B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W.T.; GONZALEZ, R.R. An Environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). **Journal of Thermal Biology**. Vol. 26, p. 427-431, set. 2001.

MORAN, D.S.; PANDOLF, K.B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W.T.; GONZALEZ, R.R. The role of global radiation measured by a light sensor on heat stress assesment. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 26, p. 433-436, set. 2001.



MORAN, D.S.; PANDOLF, K.B.; VITALIS, A.; HELED, Y.; PARKER, R.; GONZALEZ, R.R. Evaluation of the environmental stress index (ESI) for the southern hemisphere. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 29, p. 427-431, out. 2004.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Occupational exposure to hot environments**. Department of Health and Human Services, Washington, DC, Report No.: DHHS86-113, 1986.

OXFORD ONLINE DICTIONARY. **Definição: Stress**. Disponível em: <<http://oxforddictionaries.com/definition/stress?region=us&q=stress>> Acesso em: 17 de junho de 2013.

PETERS, Helmut. Evaluating the heat stress indices recommended by ISO. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 7, p. 1-9, jan. 1991.

PINTO, Paul Cézanne. Avaliação das condições ambientais na mineração em subsolo. **Revista Escola de Minas** [online]. Vol.59, p. 311-316, 2006.

SIMEPAR. Climatologia Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/climatologia/279/pontagrossa>> Acesso em: 13/09/2013

WITTERSEH, Thomas; WYON, David P.; CLAUSEN, Geo. The effect of moderate heat stress and open-plan office noise distractions on SBS symptoms and on the performance of office work. **Indoor Air**. Vol. 14, p. 30-40, dez. 2004.