

THIAGO TERRANOVA

AVALIAÇÃO DE STRESS TÉRMICO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

São Paulo  
2020

THIAGO TERRANOVA

AVALIAÇÃO DE STRESS TÉRMICO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2021

Dedico este trabalho a todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pelos ensinamentos e ótimo trabalho que veem desempenhando ao longo de toda a minha jornada como estudante.

“Seu nível de sucesso raramente excederá seu nível de desenvolvimento pessoal, pois o sucesso é algo que você atrai pela pessoa que se torna” Jim Rohn

## RESUMO

O setor industrial tem relação com a maior parte dos acidentes e doenças do trabalho com exposição aos agentes ambientais, tal fato deve-se pela valorização da produção em massa visando o lucro, ao invés da segurança e saúde dos trabalhadores. A questão abordada nesse estudo tem referência à exposição ao calor de um setor operacional em uma indústria química, onde os trabalhadores vinham se queixando de mal estar e outros sintomas provocados pela exposição contínua a altas temperaturas. De acordo com a análise qualitativa feita no local, posteriormente foi realizado um estudo com avaliações quantitativas utilizando um equipamento que faz a medição do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, com o intuito de quantificar o valor de exposição e propor medidas que eliminem ou mitiguem os problemas encontrados, a fim de preservar a saúde dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Calor. Temperatura. Trabalhadores.

## ABSTRACT

The industrial sector is related to the majority of accidents and illnesses at work with exposure to environmental agents, such fact must be the valorization of monitored mass production or profit, and the safety and health of workers. The issue addressed in this study is based on the exposure to heat from an operating sector in a chemical industry, where workers have been complaining of malaise and other symptoms caused by continuous exposure to high temperatures. According to a qualitative analysis carried out on site, it was subsequently carried out subsequently in a study with quantitative quantities, using equipment that makes use of the Globo Thermometer Wet Bulb Index, in order to quantify the exposure value and propose measures that eliminate or mitigate the problems encountered, in order to preserve the health of workers.

**Keywords:** Heat. Temperature. Workers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Layout do setor operacional.....	28
Figura 2 - Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) da 3M.....	29

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regime de trabalho intermitente .....	24
Quadro 2 - Limites de tolerância .....	24
Quadro 3 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade .....	25
Quadro 4 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade .....	26
Quadro 5 - Avaliações de calor com resultado anual .....	30
Quadro 6 - IBUTG e regime de trabalho .....	34
Quadro 7 - Avaliação de calor de setembro 2018 .....	39
Quadro 8 - Avaliação de calor de outubro 2018 .....	40
Quadro 9 - Avaliação de calor de novembro 2018 .....	41
Quadro 10 - Avaliação de calor de dezembro 2018 .....	42
Quadro 11 - Avaliação de calor de janeiro 2019 .....	43
Quadro 12 - Avaliação de calor de abril 2019 .....	44
Quadro 13 - Avaliação de calor de julho 2019.....	46
Quadro 14 - Avaliação de calor de agosto 2019 .....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
LTCAT	Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
TBN	Temperatura de Bulbo Seco
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
TG	Temperatura de Globo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1 LAUDO TÉCNICO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO TRABALHO – LTCAT.....	14
2.2 PROGAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS – PPRA .....	14
2.3 NORMA REGULAMENTADORA N°15 .....	15
2.4 RISCOS FÍSICOS.....	15
2.5 EXPOSIÇÃO AO CALOR .....	16
2.6 TIPOS DE TROCAS TÉRMICAS.....	16
2.7 EQUILIBRIO TÉRMICO .....	16
2.8 REAÇÕES DO ORGANISMO AO CALOR .....	17
2.8.1 <b>Alteração de pressão arterial.....</b>	<b>18</b>
2.8.2 <b>Desidratação .....</b>	<b>18</b>
2.8.3 <b>Cãibras do calor .....</b>	<b>19</b>
2.8.4 <b>Choque térmico.....</b>	<b>19</b>
2.9 MEDIDAS DE CONTROLE À EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR .....	19
2.9.1 <b>Medidas administrativas .....</b>	<b>20</b>
2.9.2 <b>Equipamento de proteção individual .....</b>	<b>20</b>
2.10 FUNDAMENTAÇÕES TÉCNICAS.....	22
2.11 LEGISLAÇÃO .....	23
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
<b>APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES .....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento da revolução industrial em meados do século XVIII houve um aumento da produtividade, como consequência, aumentou também a exposição aos riscos ambientais nas fabricas. Isso fez com que os acidentes e doenças do trabalho aumentassem, tornando insalubre o ambiente laboral.

As primeiras leis trabalhistas surgiram com o início da revolução industrial e em 1919, teve a criação da Organização Internacional do Trabalho (OIT). (SERVO, 2012) que se responsabiliza pela elaboração de protocolos e recomendações para promover um melhor alinhamento entre as empresas e a segurança dos trabalhadores (OIT, 2017). No Brasil, a primeira medida legal de segurança trabalhista foi a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

A CLT foi criada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de Maio de 1943, e sancionada pelo Presidente Getúlio Vargas. Posteriormente, deu origem as Normas Regulamentadoras (NR), através da Portaria nº 3.214, de 8 de Junho de 1978, aonde foram aprovadas 28. No entanto, atualmente, temos 37 Normas Regulamentadoras aprovadas pelo Ministério do Trabalho, sendo que a Norma Regulamentadora nº15 dita às diretrizes de exposição ao calor e como deve ser feito o cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG).

A NR15, que se refere às atividades e operações insalubres, anexo 3, trata sobre a exposição ao calor e indica dois procedimentos para o cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), sendo que um deles é utilizado para ambientes internos ou externos sem carga solar e outro para ambientes externos com carga solar, e dita as diretrizes de avaliação e os respectivos limites de tolerância (BRASIL, 2018), que sendo ultrapassados, podem causar desconforto e danos à saúde dos trabalhadores.

A exposição ao calor radiante é a principal fonte causadora de risco ocupacional, podendo causar o desconforto térmico, que é responsável por causar estresse, o qual interfere na qualidade laboral e gera maior risco de acidente. Já o conforto

térmico garante uma maior qualidade e condições adequadas ao trabalhador, não prejudicando seu desempenho laboral. (FONSECA, 2014)

Em uma atividade laboral de esforço físico, acompanhada de uma elevada temperatura e vestimentas inadequadas, gera um aumento da temperatura corporal interna, através do sistema de termorregulação fisiológico.

Essa elevação de temperatura corporal pode gerar ativação das glândulas sudoríparas, vasodilatação, desidratação, câimbras, choque térmico ou insolação, entre outros. Em níveis críticos de calor, pode ocorrer a sobrecarga térmica devido a exposição prolongada, causando sintomas graves denominado de estresse térmico. (AMORIM, A. E. B. et al, 2020)

## 1.1 OBJETIVO

Esta monografia tem como objetivo o estudo das condições de trabalho com avaliações de stress térmico do setor operacional de uma indústria química, com base na Norma regulamentadora nº15 – Atividades e Operações Insalubres vigente no ano de 2018 e 2019, e a identificação de possíveis medidas de controle.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O setor operacional possui a temperatura relativamente alta e houve queixas por alguns dos colaboradores expostos ao calor. Com base nessas diretrizes, foi desenvolvido um estudo para avaliar quantitativamente o agente mencionado e possíveis medidas de controle. Esse estudo foi realizado no final do ano de 2018 e início do ano de 2019, sendo utilizada a norma regulamentadora vigente na época das análises.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 LAUDO TÉCNICO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO TRABALHO – LTCAT

O LTCAT é um documento aprovado pela instrução normativa nº 77 INSS/PRES, de Janeiro de 2015 (BRASIL, 2015), que determina os aspectos técnicos e legais necessários para sua elaboração. Consiste em um documento que monitora e descreve os agentes ambientais, por meio de avaliações quantitativas, determinando a possível insalubridade do local, sendo necessário estar sempre atualizado com as condições dos ambientes da empresa, para evitar o aparecimento de doenças ocupacionais. (OTT, A. S., 2017)

### 2.2 PROGAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS – PPRA

Conforme a Norma Regulamentadora nº09 (NR-09) o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) (BRASIL, 2018), visa à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência de riscos ambientais existentes no ambiente de trabalho, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

De acordo com OTT, Alex Sandro, (2017, p. 5):

O PPRA, antes de tudo, é um Programa de Higiene Ocupacional, que visa à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho.

A Norma Regulamentadora nº09 no seu subitem 9.3.5.1 diz que deverão ser adotadas medidas de controle suficientes para eliminar, minimizar ou mesmo controlar os riscos ambientais existentes.

A NR-09 em seus subitens 9.3.5.2 e 9.3.5.4 visa,

O estudo, desenvolvimento e implantação de medidas de proteção coletiva deverá obedecer à seguinte hierarquia:

- a) medidas que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde;
- b) medidas que previnam a liberação ou disseminação desses agentes no ambiente de trabalho;
- c) medidas que reduzam os níveis ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.

Quando comprovado pelo empregador ou instituição a inviabilidade técnica da adoção de medidas de proteção coletiva ou quando estas não forem suficientes ou encontrarem-se em fase de estudo, planejamento ou implantação, ou ainda em caráter complementar ou emergencial, deverão ser adotadas outras medidas, obedecendo-se à seguinte hierarquia:

- a) medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho;
- b) utilização de equipamento de proteção individual - EPI.

## 2.3 NORMA REGULAMENTADORA N°15

A Norma Regulamentadora nº15, aprovada pela Portaria nº 3.214, de 08 de Junho de 1978 (BRASIL, 2018), especifica as atividades e operações que são consideradas insalubres e os respectivos limites de tolerância dos agentes físicos, químicos e biológicos.

## 2.4 RISCOS FÍSICOS

São agentes presentes nos ambientes de trabalho, como calor, frio, ruído, vibração, entre outros, que são capazes de afetar o trabalhador a curto, médio e longo prazo, provocando acidentes com danos à saúde e integridade física. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019).

## 2.5 EXPOSIÇÃO AO CALOR

Há exposição ao calor em diversos tipos de atividades, em diversos setores, tanto em indústrias, quanto em escritórios administrativos e outros locais. A exposição prevalece nas atividades que implicam alta carga radiante sobre o trabalhador, e essa é a parcela frequentemente dominante na sobrecarga térmica que vem a se instalar.

As atividades com carga moderada, mas que possuem altas taxas metabólicas na sua realização, também podem oferecer sobrecargas inadequadas, gerando complicações à saúde do trabalhador (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

## 2.6 TIPOS DE TROCAS TÉRMICAS

Existem quatro tipos de trocas térmicas, sendo a condução, a convecção, a radiação e a evaporação (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

A condução é a troca térmica que acontece com dois corpos que possuem temperaturas diferentes, ou que ocorre dentro de um corpo cujas extremidades encontram-se a temperaturas diferentes.

A convecção é a troca térmica que acontece entre um corpo e um fluido, aonde ocorre a movimentação do fluido pela diferença de densidade provocada pelo aumento da temperatura.

A radiação é a troca térmica que acontece na transmissão de calor quando todos os corpos aquecidos emitem radiação infravermelha, sendo chamado de “calor radiante”.

A evaporação é a troca térmica que acontece devido à mudança de fase de um líquido para um vapor, ao receber calor. É a troca de calor produzida pela evaporação do suor, por meio da pele.

## 2.7 EQUILIBRIO TÉRMICO

O equilíbrio térmico consiste quando dois corpos ou substâncias atingem a mesma temperatura, ou seja, a troca de energia entre dois corpos resulta na perda de

energia térmica do corpo mais quente e no ganho de energia do corpo mais frio. (SESI, 2007, p. 30-31).

### **Equação do equilíbrio térmico**

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

Sendo:

M - Calor produzido pelo metabolismo, sendo um calor sempre ganho (+);

C - Calor ganho ou perdido por condução/convecção;

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

E - Calor sempre perdido por evaporação (-);

Q - Calor acumulado no organismo (sobrecarga);

- $Q > 0$  acúmulo de calor (sobrecarga térmica); e,

- $Q < 0$  perda de calor (hipotermia).

## **2.8 REAÇÕES DO ORGANISMO AO CALOR**

O trabalhador pode atingir um estresse por calor devido ao seu mecanismo termorregulador, que é controlado pelas altas temperaturas ambientais e a umidade do ar em conjunto com o trabalho extenuante e a falta de aclimatação. (OLIVEIRA et al., 2010).

As doenças térmicas brandas mais comuns, ou seja, que não comprometem o sistema termorregulador são a sícope e o edema por calor.

Já as doenças relacionadas ao quadro de desidratação e hipertermia configuram-se como emergência médica.

A exposição continua a temperaturas anormais pode provocar diversos sintomas ao trabalhador fazendo com que o mesmo desenvolva patologias futuras. Sendo assim, interferindo em sua quantidade e qualidade de trabalho.

Os sintomas mais comuns provocados são sudorese, vertigem, dores de cabeça, alteração da pressão arterial, desidratação, cãibras e choque térmico.

### **2.8.1 Alteração de Pressão Arterial**

O trabalho de oferecer fluxo sanguíneo cutâneo, necessário para a termoregulação no calor, pode impor pesada carga sobre o coração doente, porém em pessoas saudáveis, a principal carga cardiovascular do estresse pelo calor decorre do retorno venoso comprometido.

A quantidade de sangue bombeada pelo coração a cada minuto é determinada pela intensidade do fluxo sanguíneo das veias para o coração, o que é denominado retorno venoso. O acúmulo de sangue das veias periféricas, com consequente diminuição do retorno venoso e do enchimento diastólico do coração, acarreta redução do débito cardíaco e queda da pressão arterial, levando-a vertigem, dores de cabeça sudorese e síncope (GUYTON, A. C.; HALL, J. E., 2011).

### **2.8.2 Desidratação**

Desidratação é a perda hídrica do espaço intracelular para o espaço extracelular causando alguns sintomas inespecíficos.

Os sinais e sintomas de desidratação quando leve a moderado tem como manifestação fadiga, perda de apetite e sede, pele vermelha, intolerância ao calor, tontura e aumento da concentração urinária. Quando se apresenta de forma grave ocorre perda de equilíbrio, a pele se apresenta seca, visão fosca, pouca urina, pele dormente, delírio, espasmos musculares e desmaio. (CARVALHO, 2009)

### **2.8.3 Cãibras do Calor**

Cãibra são espasmos musculares involuntários que podem ocorrer durante ou após atividades físicas intensas em ambientes quentes.

Ao realizar uma atividade física sob o sol forte por tempo prolongado, ocorre a perda de água e eletrólitos, mas na maioria das vezes não ocorre a reposição adequada dos eletrólitos que são perdidos, o que acelera o processo de espasmos que deve ser interpretado como um aviso de que o indivíduo está prestes a desenvolver a exaustão induzida por calor. (TARINI, V. AF et al, 2006).

### **2.8.4 Choque térmico**

Ocorre quando o nosso corpo precisa se adaptar rapidamente a uma mudança térmica de ambientes, consequentemente, a pressão arterial tende a cair, podendo ocorrer consequências como, extremidades frias, sudorese, liberação de esfíncter, taquicardia, tontura e mal-estar, podendo levar a uma emergência médica.

## **2.9 MEDIDAS DE CONTROLE À EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR**

As medidas de controle são as que reduzem a taxa de metabolismo do trabalhador, fazem a movimentação do ar no ambiente de trabalho e utilizam barreiras que fazem a proteção contra as fontes de calor radiante (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

**a) Redução da taxa de metabolismo**

- Adotar formas de minimizar o esforço físico realizado pelo trabalhador;
- Adotar utilização de equipamentos que auxiliam na movimentação de cargas;
- Automatizar o processo, evitando o aumento da temperatura corporal.

**b) Movimentação do ar no ambiente**

- Instalar aparelhos de ar-condicionado, ventiladores e climatizadores;
- Manter as janelas abertas (sempre que possível), fazendo o uso da ventilação natural.

- c) Utilização de barreiras que protejam das fontes de calor radiante
  - Barreiras de absorção, reflexão e blindagem.
  - Instalação de películas (insulfilm), para minimizar a incidência de calor radiante.

### **2.9.1 Medidas Administrativas**

As medidas administrativas são aquelas aplicadas na gestão dos trabalhadores e os métodos de trabalho.

- a) Aclimatização

Adaptação fisiológica do organismo do trabalhador a um ambiente quente.

- b) Limitação do tempo de exposição

Adotar períodos de descanso intercalado, mais utilizado quando a exposição ao calor é insalubre, sendo adotados os períodos de descanso do quadro n° 1 da NR15.

- c) Hidratação

Ingestão de líquidos (água ou soro) por determinado período de tempo, feita com orientação médica.

- d) Treinamento

Treinar os trabalhadores para que evitem o esforço excessivo, para que evitem permanecer próximo à fonte de calor por um longo período, saber identificar os efeitos causados pela exposição contínua ao calor e orientação quanto à correta utilização dos equipamentos de proteção individual.

### **2.9.2 Equipamento de proteção individual**

De acordo com a Norma Regulamentadora nº06 – Equipamento de Proteção Individual e Norma Regulamentadora nº09 – Programa de Prevenção de Riscos

Ambientais (BRASIL, 2018), a utilização do EPI deve ser feita em última instância, somente quando as medidas coletivas forem tecnicamente inviáveis para a eliminação do risco.

Tratando-se do calor, a utilização de EPI não afasta o risco de sobrecarga térmica, porém, sua utilização não deixa de ser obrigatória, principalmente quando as atividades são realizadas em locais com possibilidade de haver respingos, fagulhas ou outros “resíduos” provenientes de fontes de calor extremo. Uma das principais finalidades do EPI neste caso é proteger o trabalhador contra o risco de queimaduras.

Sempre que houver fontes de calor radiante, são necessários óculos de segurança com lentes especiais, com o objetivo de proteger o trabalhador. As lentes especiais devem reter mais que 90% da radiação infravermelho para ser considerada eficiente.

O restante do corpo deve ser protegido através do uso de outros equipamentos, tais quais luvas, mangotes, aventais, capuzes, e perneiras, e estes equipamentos devem ser fabricados com materiais adequados para que não haja a absorção do calor pelo funcionário e possuírem certificado de aprovação emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Foi possível obter os dados a respeito dos equipamentos de proteção individual no Blog Descomplica SMS, (via redes).<sup>1</sup>

Estes equipamentos mencionados, embora eficazes, dificultam a troca de ar através destas vestimentas, logo, existe uma diminuição de perda do resfriamento da pele pela evaporação. Por isso estes equipamentos devem ser o mais folgado possível.

---

<sup>1</sup> Informação fornecida pelo Engenheiro de Segurança do Trabalho Jordan Gabriel Silva Moreira através do Blog Descomplica SMS, São Paulo, em 22 de março de 2020. Disponível em <https://descomplicasms.com.br/index.php/2018/02/22/quais-medidas-de-controle-devem-ser-adoitadas-para-o-calor/>.

## 2.10 FUNDAMENTAÇÕES TÉCNICAS

A uma diferença entre desconforto térmico e sobrecarga térmica, onde a sobrecarga não varia, uma vez que a natureza humana é a mesma em qualquer parte do mundo, já o desconforto térmico é subjetivo, pois cada pessoa possui uma sensibilidade em relação ao contato com o calor, variando conforme etnia, localização geográficas, alimentação e roupas. (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010)

É importante ressaltar que a caracterização de desconforto térmico possui abordagem específica pela Norma Regulamentadora nº17 - Ergonomia, enquanto a Norma Regulamentadora nº15 – Atividades e Operações Insalubres, anexo 3 (BRASIL, 2018), trata da sobrecarga térmica visando a caracterização de atividades e/ou operações insalubres. Os ambientes quentes representam um dos pontos mais importantes no estudo da Patologia Ocupacional devido a dois fatores:

- A alta frequência de fadiga física é ocasionada por ambientes quentes. Neste aspecto cabe chamar atenção para a alta ocorrência de indivíduos que começaram a trabalhar jovens e saudáveis em ambientes quentes e que, depois de poucos anos, encontram-se, anormalmente, envelhecidos e fracos.
- A perda de produtividade, motivação, velocidade, precisão, continuidade e o aumento da incidência de acidentes causados pelo desconforto térmico em ambiente quente.

A sobrecarga térmica é a quantidade de energia que o organismo deve dissipar para atingir o equilíbrio térmico. O organismo pode perder ou ganhar calor, de acordo com as condições ambientais, através da circulação cutânea, perda de calor por irradiação, condução ou convecção e evaporação pelo suor. Quando geramos calor através da atividade celular, este calor é chamado de calor metabólico, que é uma combinação do metabolismo basal e atividade física. Para ocorrer um equilíbrio térmico a carga térmica metabólica deve ser dissipada fazendo com que o organismo perca calor. (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

## 2.11 LEGISLAÇÃO

Conforme Norma Regulamentadora nº15 – Atividades e Operações Insalubres, anexo 3 (BRASIL, 2018), determina a utilização do Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) para a avaliação de sobrecarga térmica. Baseado na combinação das leituras provenientes da temperatura de globo (tg), temperatura de bulbo úmido natural (tbn) e temperatura de bulbo seco (ts), correlacionando, posteriormente, a carga térmica ambiental com a carga metabólica do tipo de atividade exercida pelo trabalhador.

A NR-15, anexo 3, indica dois procedimentos para o cálculo do IBUTG. Um para ambientes internos ou externos sem carga solar e outro para ambientes externos com carga solar.

Abaixo seguem as fórmulas para o cálculo do IBUTG:

- Ambientes internos ou externos sem carga solar

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

- Ambientes externos com carga solar

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg}$$

Os limites de tolerância, estabelecidos pelos Quadros do anexo 3, variam de acordo com o tipo de atividade exercida, existência de descanso no próprio local de trabalho ou em outro local termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.

Quadro 1 - Regime de trabalho intermitente

Regime de Trabalho Intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderado	Pesado
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos de trabalho	30,01 à	26,8 à	25,1 à
15 minutos de descanso	30,6	28,0	25,9
30 minutos de trabalho	30,7 à	28,1 à	26,0 à
30 minutos de descanso	31,4	29,4	27,9
15 minutos de trabalho	31,5 à	29,5 à	28,0 à
45 minutos de descanso	32,2	31,1	30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle.	Acima de 32,2	Acima de 31,2	Acima de 30,0

Fonte: Norma Regulamentadora nº15, anexo 3 (2018)

A determinação do tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) é feita consultando-se a Tabela 3.

Os limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local são dados na Tabela 2 abaixo:

Quadro 2 - Limites de tolerância

M (kcal/hora)	Máximo IBUTG (°C)
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Fonte: Norma Regulamentadora nº15, anexo 3 (2018)

Onde: **M** é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada pela seguinte fórmula:

$$\bar{M} = \frac{Mt \times Tt + Md \times Td}{60}$$

Sendo:

**Mt** = metabolismo no local de trabalho;

**Md** = metabolismo no local de descanso;

**Tt** = soma dos tempos, em minutos, em que se pertence no local de trabalho; e,

**Td** = soma dos tempos em minutos, em que se pertence local de descanso.

**IBUTG** é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora determinado pela seguinte fórmula:

$$\bar{IBUTG} = \frac{IBUTGt \times Tt + IBUTGd \times Td}{60}$$

Sendo:

**IBUTGt** = valor do IBUTG no local de trabalho;

**IBUTGd** = valor do IBUTG no local de descanso.

Os tempos **Tt** e **Td** devem ser tomados nos períodos mais desfavoráveis do ciclo de trabalho, sendo **Tt + Td = 60** minutos corridos.

As taxas **Mt** e **Md** são obtidas consultando-se a Tabela 3.

Quadro 3 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

(continua)

<b>Tipo de Atividade</b>	<b>Kcal/hora</b>
<b>Sentado em Repouso</b>	100
<b>Trabalho Leve</b>	
Sentado, movimentos moderados com braços e troncos (ex.: datilografia);	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir); e,	150

Quadro 4 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

(conclusão)

<b>Tipo de Atividade</b>	<b>Kcal/hora</b>
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com braços.	150
<b><i>Trabalho moderado</i></b>	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas;	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação;	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação; e,	220
Em movimento intermitente de levantar.	300
<b><i>Trabalho Pesado</i></b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá); e,	440
Trabalho fatigante.	550

Fonte: Norma Regulamentadora nº15, anexo 3 (2018)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo, foi avaliado o setor operacional de uma empresa química de grande porte, com 200 funcionários, localizada na região de Campinas, no bairro Jardim Regina, com 5 mil m<sup>2</sup>. A empresa possui 4 prédios operacionais com áreas administrativas. Sua atividade principal é a de fabricação de resinas termoplásticas, com grau de risco 3.

Na primeira etapa da avaliação, iniciada na terceira semana do mês de agosto de 2018, foi realizada entrevista com os trabalhadores, com o técnico de segurança da planta acompanhando, para identificar os locais de maior queixa em relação ao excesso de temperatura e se os mesmos sabiam identificar os sintomas com relação a exposição. Esta etapa teve duração de uma semana.

Na quarta semana do mês de agosto de 2018, foi realizada uma reunião para definição dos pontos de medição e montagem dos documentos. Houve consulta da norma regulamentadora nº15, anexo 3, limites de tolerância para exposição ao calor e seu quadro 1 regime de trabalho intermitente, quadro 2 limites de tolerância e quadro 3 taxas de metabolismo por tipo de atividade, e documentos da empresa que possuem informações do ambiente de trabalho e o layout do setor. Esta etapa teve duração de uma semana.

As análises tiveram início às 12 horas do dia 21 de setembro de 2018, com o acompanhamento do técnico de segurança da unidade, totalizando 12 visitas técnicas em meses diferentes, tendo início na primavera de 2018 e término no inverno de 2019.

A conclusão do estudo e elaboração do laudo foi feita em agosto de 2019, mês em que as análises terminaram.

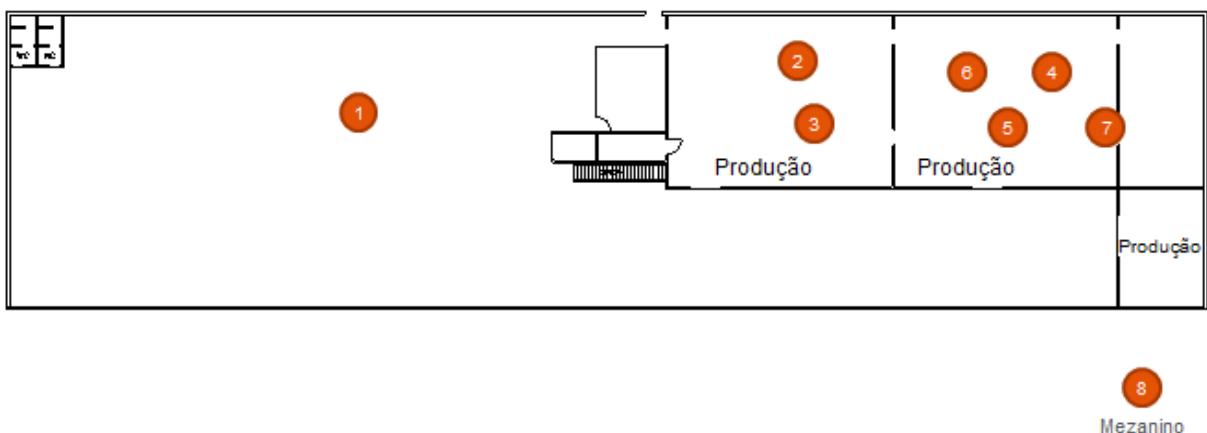
O setor avaliado possui 5 colaboradores, em turnos das 00h00min às 08h30min, das 08h00min às 16h30min e das 16h00min às 00h30min, com 1h00 para alimentação.

As atividades operacionais realizadas pelos colaboradores envolvem preparar a extrusora para receber a matéria prima, preparar as balanças dosadoras, de acordo com o material a ser fabricado. Acompanhar o processo produtivo, verificando o desenvolvimento do mesmo, garantindo o correto funcionamento e produtividade.

Realizar inspeções visuais para verificar possíveis contaminações de processo. Orientar os auxiliares de fabricação quanto ao processo produtivo. Identificar eventuais problemas com as balanças, área de extrusão e comunicar à área de manutenção. Montar caixas coletores para contenção de borras de início e final de processo. Enviar amostras de produto acabado ao Laboratório de Processos. Limpar e organizar a área de trabalho e equipamentos, realizando o controle/gerenciamento de materiais.

A figura 1 abaixo ilustra o layout onde foram realizadas as avaliações de calor.

Figura 1 - Layout do setor operacional



O local avaliado possui pé direito de aproximadamente 10,0 metros, construído de alvenaria, o teto feito com telhas metálicas sendo algumas translúcidas, piso feito de cimento, a iluminação e ventilação natural são feitas através de janelas e portas, iluminação artificial feita de lâmpadas fluorescentes, ventilação artificial através de ventiladores e ar condicionado (fancoil).

As avaliações quantitativas foram realizadas com um Medidor de Stress Térmico (IBUTG), modelo QuesTemp 36, da 3M, devidamente calibrado, procedendo a medição nos pontos críticos onde permanece o trabalhador, a altura do corpo mais atingida, em obediência a Portaria 3.214/78, Norma Regulamentadora nº15 – Atividades e Operações Insalubres, anexo nº 3, item 3. Deu-se início as avaliações às 12 horas do dia e elas foram tomadas após o tempo necessário para a estabilização do aparelho variando entre 10 a 15 minutos em todos os pontos.

Figura 2 - Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) da 3M



Fonte: autor (2020)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificado que as avaliações quantitativas ultrapassaram o limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora nº15, anexo 3, nos meses de outubro de 2018, dezembro de 2018, janeiro de 2019 e abril de 2019, ao qual prevalece as estações do ano que são mais quentes.

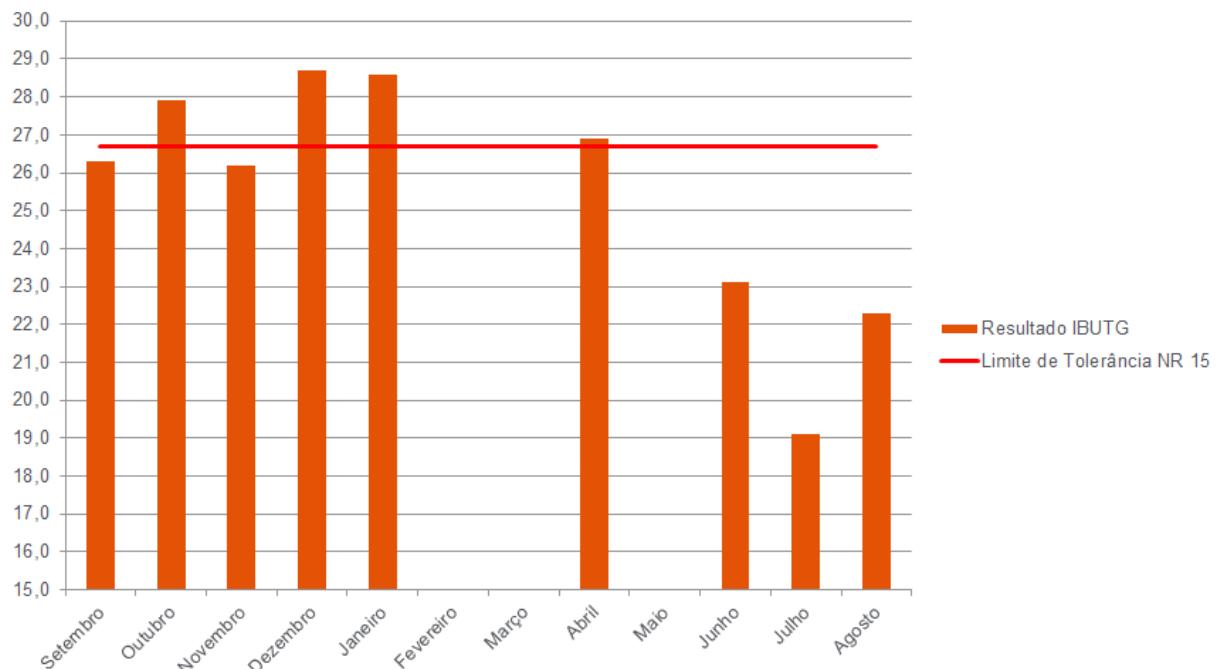
Em julho de 2019 e agosto de 2019, as avaliações quantitativas foram feitas com o setor inoperante, com o intuito de avaliar a exposição ao calor nessa situação. Identificamos que a variação em relação ao mês de junho de 2019, que o setor estava operando normalmente, foi baixa.

Quadro 5 - Avaliações de calor com resultado anual

Primavera			Verão			Outono			Inverno		
Set_18	Out_18	Nov_18	Dez_18	Jan_19	Fev_19	Mar_19	Abr_19	Mai_19	Jun_19	Jul_19	Ago_19
26,3	27,9	26,2	28,7	28,6	NA	NA	26,9	NA	23,1	19,1	22,3

Fonte: autor (2019)

Gráfico 1 – Avaliação anual de calor



Fonte: autor (2019)

### **Avaliação de calor de setembro 2018**

Conforme os dados do Quadro 5 – Avaliação de calor de setembro 2018 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 21 de setembro de 2018 foram de TG 44,5°C, TBN 26,8°C e TBS 31,4°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 26,3°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade salubre.

### **Avaliação de calor de outubro 2018**

Conforme os dados do Quadro 6 – Avaliação de calor de outubro 2018 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 31 de outubro de 2018 foram de TG 46,3°C, TBN 28°C e TBS 39,5°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 27,9°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade insalubre.

### **Avaliação de calor de novembro 2018**

Conforme os dados do Quadro 7 – Avaliação de calor de novembro 2018 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 26 de novembro de 2018 foram de TG 43,9°C, TBN 27,6°C e TBS 38,4°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 26,2°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade salubre.

### **Avaliação de calor de dezembro 2018**

Conforme os dados do Quadro 8 – Avaliação de calor de dezembro 2018 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 14 de dezembro de 2018 foram de TG 47,7°C, TBN 24,4°C e TBS 37,3°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de

28,7°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade insalubre.

### **Avaliação de calor de janeiro 2019**

Conforme os dados do Quadro 9 – Avaliação de calor de janeiro 2019 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 23 de janeiro de 2019 foram de TG 46,4°C, TBN 27,6°C e TBS 38,4°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 28,6°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade insalubre.

### **Avaliação de calor de abril 2019**

Conforme os dados do Quadro 10 – Avaliação de calor de abril 2019 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 15 de abril de 2019 foram de TG 28°C, TBN 22,3°C e TBS 27,9°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 26,9°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade insalubre.

### **Avaliação de calor de junho 2019**

Conforme os dados do Quadro 11 – Avaliação de calor de junho 2019 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 16 de junho de 2019 foram de TG 35,9 °C, TBN 18,7 °C e TBS 26,3°C, e a linha estava operando normalmente com o sistema de ar condicionado ligado. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 23,1°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade salubre.

### **Avaliação de calor de julho 2019**

Conforme os dados do Quadro 12 – Avaliação de calor de julho 2019 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 11 de julho de 2019 foram de TG 37,4°C, TBN 18,8°C e TBS 25,9°C, e a linha

estava inoperante. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 19,1°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade salubre.

### **Avaliação de calor de agosto 2019**

Conforme os dados do Quadro 13 – Avaliação de calor de agosto 2019 (APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES), a temperatura de referência nas áreas externas no dia 11 de agosto de 2019 foram de TG 38,5°C, TBN 20,6°C e TBS 29,9°C, e a linha estava inoperante. O valor mensurado de acordo com os dados adquiridos no setor foi de 22,3°C, sendo que o limite de tolerância estabelecido pelo quadro 1, anexo 3 da NR15 é 26,7°C, ou seja, apresentando-se como uma atividade salubre.

## **4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante o ano, foi possível observar que 4 meses apresentaram resultados preocupantes e desta forma, o estudo pôde viabilizar a implementação de novas medidas de controle/monitoramento dos colaboradores.

### **Medidas de Segurança Adotadas**

Inicialmente foram realizados treinamentos de conscientização da exposição ao calor e como identificar sinais de sobrecarga térmica.

Posteriormente, foram instalados Monitores de Stress Térmico na área operacional e, assim que apresentarem resultados superiores aos limites de tolerância estabelecidos, os gestores das áreas serão informados para que procedimentos alternativos sejam adotados para realização das atividades operacionais.

O gestor que receber a informação do monitoramento com índices superiores ao Limite de Tolerância deverá adotar / orientar os colaboradores a seguir as seguintes ações:

Quadro 6 - IBUTG e regime de trabalho

<b>IBUTG</b>	<b>Regime de Trabalho</b>
Abaixo de 26,6	Regime de trabalho normal
26,7 a 28,4	5 minutos de descanso a cada 55 minutos trabalhados
28,5 a 29,9	10 minutos de descanso a cada 50 minutos trabalhados
30,0 a 30,4	23 minutos de Descanso a cada 37 minutos trabalhados
Acima de 30,5	Não podem ser executadas atividades

Fonte: autor (2019)

- Efetuar pausas de acordo com o Quadro 14 – IBUTG e regime de trabalho, em ambiente com temperatura mais amena do que a de Trabalho efetivo;
- Repor líquidos corporais com o uso de bebedouros localizados nos ambientes de descanso;
- Registrar em documentação o momento de início e término da mudança no regime da atividade.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nas entrevistas feitas com os trabalhadores para identificar os maiores pontes de calor, que pudessem assim estar, interferindo na produtividade laboral, constatou-se por meio das avaliações quantitativas dos meses de outubro 2018, dezembro 2018, janeiro 2019 e abril 2019, valores acima do limite de intolerância estabelecido pela NR15 vigente em 2018 e 2019.

Concluindo-se que, a adoção de medidas de segurança apropriadas para o controle térmico, foi de grande importância para evitar futuros danos à saúde desses trabalhadores.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, A. E. B. et al. **Exposição ocupacional ao calor em atividades a céu aberto na construção de estruturas de edifícios.** Ambiente construtivo. v. 20, nº 1. Porto Alegre, Jan./Mar. 2020, 231p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100371>. Acesso em: 12 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 6. Equipamento de Proteção Individual.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 9. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 15. Atividades e Operações Insalubres.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17. Ergonomia.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da previdência Social/Instituto Nacional do Seguro Social. **Instrução Normativa nº 77, de 21 de Janeiro de 2015.** Brasília, 2015.

CARVALHO, T. et al. **Diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina Esportiva. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde.** Rev Bras de Med Esporte. 2003 Mar/Abr, 2009: nº 2.

FONSECA, J. B. **Análise dos níveis de calor nos postos de trabalho de uma lavanderia industrial.** Curitiba, 2015. 8p.

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

GOULART E SILVA, D. V.; AGUIAR, F.; MOREIRA, I. S. **Estudo da Metodologia para avaliação, caracterização, medição e controle da exposição ocupacional ao calor.** São Paulo, 2010. 7-8p.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E.. **Tratado de fisiologia médica. 12. ed..** Rio de Janeiro, 2011. 167p.

**MOREIRA, J. QUAIS MEDIDAS DE CONTROLE DEVEM SER ADOTADAS PARA O CALOR?** Blog Descomplica SMS, São Paulo, 22 de mar. de 2020. Disponível em: <<https://descomplicasms.com.br/index.php/2018/02/22/quais-medidas-de-controle-devem-ser-adotadas-para-o-calor/>>. Acesso em: 20 de abr. de 2020.

**OIT. Organização Internacional do Trabalho. Conheça a OIT.** Disponível em: <http://www.ilo.org/brasilia/conheca-a-oit/lang--pt/index.htm>. Acesso em 11 de maio de 2020.

**OLIVEIRA, G. S. J. F. et al. Conforto Térmico no Ambiente de Trabalho: Avaliação das Variáveis Subjetivas da Percepção do Calor.** Rio de Janeiro, 2010. 6p.

**OTT, A. S. A importância da elaboração do laudo técnico de condições ambientais pelo engenheiro de segurança do trabalho.** Ponta Grossa, 2017. 4-7p.

**SERVO. L. M. S. et al. Saúde e Segurança no Trabalho no Brasil: Aspectos Institucionais, Sistemas de Informação e Indicadores.** Ipea 2<sup>a</sup> edição. São Paulo, 2012. 22p.

**SESI. Técnicas de avaliação de agentes ambientais: manual SESI.** Brasília, 2007. 29-58p.

TARINI, V. AF. et al. **Calor, exercício físico e hipertermia: epidemiologia, etiopatogenia, complicações, fatores de risco, intervenções e prevenção.** REVISTA NEUROCIENCIAS V14 N3 - JUL/SET, 2006, 144p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho – Parte B.** Epusp- EAD/ PECE, 2019. 2p.

## APÊNDICE – QUADROS DE AVALIAÇÕES

Quadro 7 - Avaliação de calor de setembro 2018

	Atividade	Data da Medição	Ambiente com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)	Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
1.	Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	21/09/2018	Não	28,6	23,8	28,1	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	25,2
2.	Atividades de operação de linha realizada na área do masking	21/09/2018	Não	29,4	24,1	29,0	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	25,7
3.	Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	21/09/2018	Não	29,6	24,3	28,5	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	25,9
4.	Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	21/09/2018	Não	30,1	24,2	29,6	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	26,0
5.	Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	21/09/2018	Não	33,0	24,6	31,5	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	27,1
6.	Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	21/09/2018	Não	32,4	21,8	29,6	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	25,0
7.	Atividades de operação de linha realizada na área da estrusora	21/09/2018	Não	33,0	25,1	28,4	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	27,5
8.	Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	21/09/2018	Não	34,1	25,8	32,6	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	28,3

Fonte: autor (2018)

Quadro 8 - Avaliação de calor de outubro 2018

Atividade	Data da Medição	Ambiente com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)	Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
1. Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	31/10/18	Não	32,3	23,5	32,1	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	26,1
2. Atividades de operação de linha realizada na área do masking	31/10/18	Não	33,0	25,0	32,9	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	27,4
3. Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	31/10/18	Não	33,6	25,0	32,6	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	27,6
4. Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	31/10/18	Não	32,9	24,5	32,8	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	27,0
5. Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	31/10/18	Não	41,9	27,8	34,8	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	32,0
6. Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	31/10/18	Não	34,0	24,8	33,8	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	27,6
7. Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	31/10/18	Não	33,8	25,3	32,9	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	27,9
8. Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	31/10/18	Não	34,1	24,7	33,8	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	27,5

Fonte: autor (2018)

Quadro 9 - Avaliação de calor de novembro 2018

Atividade	Data da Medição	Ambiente com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)	Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
1. Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	26/11/18	Não	28,8	21,3	28,3	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	23,6
2. Atividades de operação de linha realizada na área do masking	26/11/18	Não	28,7	21,4	28,3	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	23,6
3. Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	26/11/18	Não	29,6	23,8	29,1	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	25,5
4. Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	26/11/18	Não	30,5	24,1	29,6	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	26,0
5. Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	26/11/18	Não	39,4	26,8	33,2	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	30,6
6. Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	26/11/18	Não	32,6	24,5	31,8	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	26,9
7. Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	26/11/18	Não	32,5	24,3	31,7	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	26,8
8. Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	26/11/18	Não	32,3	24,1	31,8	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	26,6

Fonte: autor (2018)

Quadro 10 - Avaliação de calor de dezembro 2018

	Atividade	Ambiente				Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)	
		Data da Medição	com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1.	Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	14/12/18	Não	34,5	23,6	32,3	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	26,9
2.	Atividades de operação de linha realizada na área do masking	14/12/18	Não	34,8	23,9	32,7	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	27,2
3.	Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	14/12/18	Não	35,8	24,9	33,6	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	28,2
4.	Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	14/12/18	Não	36,9	25,3	33,9	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	28,8
5.	Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	14/12/18	Não	41,4	27,6	35,9	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	31,7
6.	Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	14/12/18	Não	36,9	25,5	34,3	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	28,9
7.	Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	14/12/18	Não	37,3	25,9	36,1	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	29,3
8.	Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	14/12/18	Não	36,8	25,4	34,3	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	28,8

Fonte: autor (2018)

Quadro 11 - Avaliação de calor de janeiro 2019

	Atividade	Ambiente					Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
		Data da Medição	com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1.	Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	23/1/19	Não	32,6	24,6	32,3	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	27,0
2.	Atividades de operação de linha realizada na área do masking	23/1/19	Não	32,9	24,6	32,4	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	27,1
3.	Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	23/1/19	Não	33,5	24,7	32,7	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	27,3
4.	Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	23/1/19	Não	34,8	25,2	33,6	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	28,1
5.	Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	23/1/19	Não	40,5	27,1	36,6	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	31,1
6.	Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	23/1/19	Não	36,8	25,7	33,8	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	29,0
7.	Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	23/1/19	Não	39,3	26,9	34,9	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	30,6
8.	Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	23/1/19	Não	36,6	25,6	33,6	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	28,9

Fonte: autor (2019)

Quadro 12 - Avaliação de calor de abril 2019

	Atividade	Ambiente					Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
		Data da Medição	com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1.	Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	15/4/19	Não	28,8	23,2	28,3	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	24,9
2.	Atividades de operação de linha realizada na área do masking	15/4/19	Não	28,7	23,2	28,3	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	24,9
3.	Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	15/4/19	Não	31,1	23,7	29,3	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	25,9
4.	Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	15/4/19	Não	31,5	22,2	30,5	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	25,0
5.	Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	15/4/19	Não	39,0	25,1	32,9	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	29,3
6.	Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	15/4/19	Não	35,5	25,5	34,7	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	28,5
7.	Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	15/4/19	Não	38,3	25,4	34,1	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	29,3
8.	Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	15/4/19	Não	35,1	24,8	30,3	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	27,9

Fonte: autor (2019)

Quadro 11 - Avaliação de calor de junho 2019

Atividade	Ambiente					Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)
	Data da Medição	com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1. Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	10/6/19	Não	25,3	17,2	24,6	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	19,6
2. Atividades de operação de linha realizada na área do masking	10/6/19	Não	25,3	17,2	24,8	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	19,6
3. Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	10/6/19	Não	29,5	20,1	26,2	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	22,9
4. Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	10/6/19	Não	26,1	18,1	25,1	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	20,5
5. Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	10/6/19	Não	38,3	22,5	30,8	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	27,2
6. Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	10/6/19	Não	32,7	21,1	31,7	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	24,6
7. Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	10/6/19	Não	37,0	21,4	32,2	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	26,1
8. Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	10/6/19	Não	32,5	20,8	31,5	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	24,3

Fonte: autor (2019)

Quadro 13 - Avaliação de calor de julho 2019

Atividade	Data da Medição	Ambiente			Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)	
		com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1. Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	15/7/19	Não	27,5	17,8	26,8	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	20,7
2. Atividades de operação de linha realizada na área do masking	15/7/19	Não	27,4	17,9	26,8	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	20,8
3. Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	15/7/19	Não	24,5	15,9	23,5	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	18,5
4. Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	15/7/19	Não	24,5	15,9	23,5	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	18,5
5. Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	15/7/19	Não	24,4	15,8	23,4	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	18,4
6. Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	15/7/19	Não	24,4	15,8	23,4	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	18,4
7. Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	15/7/19	Não	24,1	16,7	23,3	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	18,9
8. Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	15/7/19	Não	24,1	16,8	23,4	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	19,0

Fonte: autor (2019)

Quadro 14 - Avaliação de calor de agosto 2019

Atividade	Data da Medição	Ambiente			Tempo Exposição (min)	Tipo Atividade	Taxa Metab. (Kcal/h)	IBUTG (°C)	
		com carga solar?	TG (°C)	TBN (°C)	TBS (°C)				
1. Atividades de operação de linha realizada na área de final de linha	11/8/19	Não	28,5	19,7	27,9	T1 = 7,5	Moderada	M1 = 220	22,3
2. Atividades de operação de linha realizada na área do masking	11/8/19	Não	28,5	19,7	27,9	T2 = 7,5	Moderada	M2 = 220	22,3
3. Atividades de operação de linha realizada na área do forno de cura	11/8/19	Não	28,5	19,7	27,9	T3 = 7,5	Moderada	M3 = 220	22,3
4. Atividades de operação de linha realizada na área do take up 1	11/8/19	Não	28,5	19,7	27,9	T4 = 7,5	Moderada	M4 = 220	22,3
5. Atividades de operação de linha realizada na área do gear pump	11/8/19	Não	28,5	19,7	27,9	T5 = 7,5	Moderada	M5 = 220	22,3
6. Atividades de operação de linha realizada na área do feedhooper	11/8/19	Não	28,4	19,6	27,9	T6 = 7,5	Moderada	M6 = 220	22,2
7. Atividades de operação de linha realizada na área da extrusora	11/8/19	Não	28,4	19,6	27,9	T7 = 7,5	Moderada	M7 = 220	22,2
8. Atividades de operação de linha realizada no mezanino da extrusora	11/8/19	Não	28,4	19,6	27,9	T8 = 7,5	Moderada	M8 = 220	22,2

Fonte: autor (2019)