

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**RAPHAEL IURY NEVES**

**AVALIAÇÃO DA SOBRECARGA TÉRMICA EM UMA EMPRESA DE  
REFUSÃO E EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO PARA A FUNÇÃO DE  
FORNEIRO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**LONDRINA**

**2017**

**RAPHAEL IURY NEVES**

**AVALIAÇÃO DA SOBRECARGA TÉRMICA EM UMA EMPRESA DE  
REFUSÃO E EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO PARA A FUNÇÃO DE  
FORNEIRO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná – Campus Londrina.

Orientador: Prof. Esp. Jorge Marcos da  
Silva

**LONDRINA/PR**

**2017**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### AVALIAÇÃO DA SOBRECARGA TÉRMICA EM UMA EMPRESA DE REFUSÃO E EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO PARA A FUNÇÃO DE FORNEIRO

por

RAPHAEL IURY NEVES

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização foi apresentado em 3 de outubro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Esp. Jorge Marcos da Silva  
Prof. Orientador

---

Prof. Ms. José Luis Dalto  
Membro titular

---

Prof. Dr. Marco Antonio Ferreira  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Dedico este trabalho à minha mãe, por tudo que representa para mim.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me conceder a sabedoria para trilhar meus caminhos e me amparar em todos os momentos.

Aos meus pais, Roseli e Daniel, pelo apoio incondicional em minha vida, pelo amor e pelo cuidado comigo. Não tenho palavras para definir minha gratidão.

A minha namorada Heloisa, pelo companheirismo e por sempre estar presente, auxiliando minhas decisões e incentivando a lutar por meus objetivos.

Aos colegas de turma que fizeram da jornada do curso mais leves pela agradável presença.

Ao invariável grupo de trabalho, Douglas, Fabrício e Paulo com quem pude aprender e compartilhar meu conhecimento durante o período em que cursamos as disciplinas do curso.

Ao amigo Edinei, que dispôs seu tempo para auxiliar em algumas questões referentes ao trabalho.

Ao orientador Jorge pela confiança e oportunidade de realizar o trabalho.

Aos professores e demais colaboradores da UTFPR-Londrina que fizeram parte da minha formação e acrescentaram muito em meu conhecimento.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram com a realização desse curso e desse trabalho.

*“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos.”*

Eleanor Roosevelt

## RESUMO

NEVES, Raphael Iury. **Avaliação Da Sobrecarga Térmica Em Uma Empresa De Refusão De Alumínio Para a Função de Forno**. 2017. 30 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

O alumínio tem grande representatividade na economia mundial, é matéria prima para fabricação de uma ampla variedade de produtos devido suas características físico-químicas que também lhe conferem grande possibilidade de reciclagem. Na reciclagem do alumínio, a sucata passa para o estado líquido em fornos com até 800 °C e em seguida é submetido a uma etapa de correção da liga para então, passar para o estado sólido, na forma de tarugos. Esse processo é causa de muitos acidentes de trabalho, também expõe o trabalhador a situações de insalubridade, devido a temperatura elevada. Dessa forma, buscou-se avaliar de forma quantitativa a carga térmica e as condições de trabalho na refusão do alumínio e as atividades avaliadas foram nos seguintes setores: estoque da matéria prima, forno de alimentação, envase, suporte dos tarugos e fornos de envelhecimento. Para a avaliar a sobrecarga térmica utilizou-se o medidor TGD-300, com certificado de calibração vigente, da fabricante Instrutherm® e os procedimentos foram baseados na norma NR-15 (Brasil, 1978) e NHO 06 (Brasil, 2002). Todos os setores analisados estiveram com níveis calor abaixo dos limites de tolerância impostos pela norma regulamentadora, exceto o setor envase que apresentou um IBUTG médio de 29,06, enquanto o limite de tolerância se encontra na faixa de 28,50, onde recomenda-se que a o trabalhador permaneça mais tempo no local de descanso ou que a rotina de trabalho seja dividida entre mais colaboradores.

**Palavras-chave:** Sobrecarga térmica. Indústria Alumínio. Calor.

## ABSTRACT

NEVES, Raphael Iury. **Thermal overload assessment in an aluminum remelt company for furnace workers**. 2017. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Federal Technology University. Londrina, 2017.

The Aluminum is highly representative in the world economy, it is a raw material for the manufacture of a wide variety of products due to its physico-chemical characteristics that also give it a great possibility of recycling. In the recycling of aluminum, the scrap is transferred to the liquid state in furnaces up to 800 °C, subjected to a correction step of the alloy, and then transferred to the solid state in the form of billets. This process is the cause of many accidents at work, also exposes the worker to situations of unhealthiness, due to high temperature. In this way, the present study evaluated quantitatively the thermal overload, the work conditions at the aluminum recycling in the following sectors: stock of the raw material, feed furnace, pouring, support of the billets and aging furnaces. In order to evaluate the thermal overload, the instrument used was the TGD-300, with calibration certificate in force, of the manufacturer Instrutherm® and the procedures were based on NR-15 (Brazil, 1978) and NHO 06 (Brazil, 2002). All the analyzed sectors were with heat levels below the tolerance limits imposed by the regulatory standard. Except the pouring sector that presented an average IBUTG of 29.06, while the tolerance limit is 28.50, where it is recommended that the worker stays longer in the place of rest or that the routine of work is divided among more employees.

**Keywords:** Heat. Thermal overload. Work. Aluminium.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Higiene Ocupacional.....	12
2.2 Riscos Ambientais.....	12
2.2.1 Classificação dos riscos ambientais.....	12
2.2.2 Limites de tolerância.....	13
2.3 Conceito de calor.....	14
2.3.1 Exposição ao calor.....	14
2.3.2 Conforto térmico.....	14
2.3.3 Mecanismos de troca de calor.....	14
2.3.4 Efeitos do calor no organismo.....	15
2.3.5 Equilíbrio Homeotérmico.....	15
2.4 Instrumentos de Avaliação de calor.....	16
2.4.1 Índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) ..	16
2.5 Medidas de controle e proteção para sobrecarga térmica.....	16
2.6 Refusão do Alumínio.....	18
3. METODOLOGIA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Caracterização do setor de refusão.....	24
4.1 Descrição das atividades e locais onde foram realizadas as medições.....	24
4.1.1 Fornos de alimentação.....	25
4.1.2 Envase.....	26
5 CONCLUSÃO.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6 REFERÊNCIAS.....	31

## 1. INTRODUÇÃO

O alumínio tem grande representatividade na economia mundial, é matéria prima para fabricação de uma ampla variedade de produtos, devido a suas propriedades físico-químicas como: baixo peso específico, resistência a corrosão, elevada condutibilidade térmica e elétrica e possibilidade de reciclagem.

O Brasil é líder mundial em reciclagem de alumínio, com altos índices de eficácia, o país recicla quase toda a sucata disponível. Em 2015, o país reciclou 602 mil toneladas de alumínio, sendo 292,5 mil referentes a latas de alumínio para bebidas, que corresponde a um total de 97,9% do total de embalagens consumidas em 2015 (ABAL, 2017).

No processo de refusão, o alumínio reciclado passa para o estado líquido em fornos com temperatura elevada (até 800 °C), em seguida é submetido a uma etapa de correção da liga para então, passar para o estado sólido, na forma de tarugos.

Esse processo é causa de muitos acidentes de trabalho, também expõe o trabalhador a situações de insalubridade, devido a temperatura elevada, oferecendo riscos à saúde do operador que podem ser verificados em longo prazo.

O calor é um fator primordial para a manutenção da vida dos seres humanos, essencial para o funcionamento do organismo e conforto pessoal. Desde o princípio da humanidade, o ser humano busca fontes de calor (fogo) para se manter aquecido ou condições que amenizem o excesso de calor, como a sombra de uma árvore (SILVA & TEIXEIRA, 2014).

A temperatura do ambiente de trabalho é um parâmetro simples de ser analisado, porém a sensação térmica do trabalhador sofre influência de vários fatores ambientais, dificultando a obtenção de uma análise precisa do calor. Fatores endógenos também assumem grande influência na estabilidade térmica do trabalhador, o esforço muscular leva a um aumento do metabolismo, que provoca um aumento considerável da produção de calor. A interação desses fatores pode elevar a temperatura corporal a níveis que podem prejudicar a saúde (KROEMER; GRANDJEAN, 2005)

Dessa forma, é importante uma análise da sobrecarga térmica nesses postos de trabalho, a fim de verificar em que situação encontra o trabalhador exposto a estas condições.

De acordo com a norma regulamentadora NR-15 (BRASIL, 2011) e a norma de higiene ocupacional NHO 06 (BRASIL, 2002), o método IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo), é recomendado e amplamente utilizado para analisar a sobrecarga térmica no trabalho. O termômetro de globo TGD-300, calcula o IBUTG interno e externo, e fornece as informações sobre temperatura do bulbo úmido, seco, globo, umidade e temperatura do ar.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar de forma quantitativa a carga térmica e as condições de trabalho em uma empresa de refusão e extrusão de alumínio, utilizando equipamentos digitais e técnicas de engenharia de segurança do trabalho.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Analisar os postos de trabalho que apresentam maiores níveis de calor;
- Realizar as medições de acordo com o método IBUTG;
- Verificar, de acordo com a NR-15, se os níveis estão dentro dos limites de tolerância;
- Propor soluções e melhorias.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Higiene Ocupacional

De acordo com a FUNDACENTRO (2004), higiene ocupacional trata-se de uma ciência, uma vez que está baseada em fatos comprováveis, empíricos e analisáveis por métodos científicos, considerando a individualidade de cada trabalhador e as características da atividade e do local de trabalho. Em termos mais simples, a Higiene Ocupacional se dedica ao estudo dos ambientes de trabalho e à prevenção de doenças causadas por eles. Entre as definições mais difundidas, podemos citar a da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH*: “Ciência e arte do reconhecimento, avaliação e controle de fatores ou tensões ambientais originadas no, ou do, local de trabalho e que podem causar doenças, prejuízos para a saúde e bem-estar, desconforto e ineficiência significativos entre os trabalhadores ou entre os cidadãos da comunidade”.

A higiene ocupacional busca prevenir doenças do trabalho através de seus principais princípios, são eles: antecipação, reconhecimento, avaliação e controle de riscos ocupacionais (SESI, 2007).

### 2.2 Riscos Ambientais

A Norma Regulamentadora 9 (NR-9), aprovada pela portaria do Ministério do Trabalho (MTb) nº 3.214 de 8 de junho de 1978, considera os riscos ambientais como “agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador” (BRASIL, 1990).

#### 2.2.1 Classificação dos riscos ambientais

Os riscos ambientais são abordados sob várias óticas na literatura, a classificação adotada no presente estudo é de acordo com a FUNDACENTRO (2004), que retrata a classificação dos riscos ambientais da seguinte forma:

- **Riscos Físicos:** As formas de energia que possam causar algum dano ou agravo à saúde do trabalhador. Os riscos físicos frequentemente encontrados nos ambientes de trabalho são: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas ambientais extremas, radiações não-ionizantes e radiações ionizantes.

- **Riscos Químicos:** É o risco atribuído às substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho, que podem causar um dano ou agravo à saúde do trabalhador. Nos diversos ambientes, o risco químico pode estar presente no alimento, no ar ambiente, na água, no equipamento ou instrumento manuseado.
- **Riscos Biológicos:** Se refere aos riscos ligados aos organismos vivos presentes no ambiente, exceto o próprio corpo receptor. Há uma grande variedade de agentes biológicos como: fungo, bactéria, vibrião, vírus, protozoário, vermes parasitas, animais peçonhentos e venenosos e entre outros, que podem causar doenças infecciosas e outros agravos. Um agente biológico pode, também, ser apenas um veículo portador de outro agente de risco, por exemplo, o mosquito da dengue.

O trabalhador frequentemente está exposto a uma série de riscos ocupacionais, visando uma melhoria nas condições de trabalho e prevenção de riscos, o MTb, criou a NR-9:

9.1.1 Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (BRASIL, 1990).

### **2.2.2 Limites de tolerância**

De acordo com a ACGIH (1995), limites de tolerância (LT) podem ser entendidos como as concentrações de substâncias dispersas no ar e intensidade de agentes físicos (de natureza acústica, eletromagnética, ergonômica, mecânica e térmica) em condições sob as quais se acredita que quase todos os trabalhadores possam permanecer contínua e diariamente expostos, sem que haja efeitos adversos à sua saúde.

## **2.3 Conceito de calor**

Halliday *et al.* (1993, p. 183) define calor como: “Energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles”. O calor é um risco físico que pode causar problemas no ambiente de trabalho quando em níveis elevados.

### **2.3.1 Exposição ao calor**

Muitas atividades econômicas expõem o trabalhador ao calor, principalmente as atividades que apresentam alta carga radiante nos postos de trabalho, ocasionando uma sobrecarga térmica. Não são apenas atividades de alta carga radiante podem causar sobrecarga inadequada, cargas riantes moderadas somadas a altas taxas metabólicas também oferecem risco (GOULART E SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

A exposição ao calor pode implicar em reações fisiológicas como aumento da taxa metabólica e aumento da temperatura corporal e reações físicas, como a incapacidade de realizar tarefas que demandam esforço físico (AHASAN *et al.*, 2002). É constatado também, um impacto na capacidade cognitiva dos indivíduos (FAERVIK & REINERTSEN, 2003)

### **2.3.2 Conforto térmico**

O conforto térmico está intimamente ligado às atividades desenvolvidas pelo indivíduo, suas vestimentas, sexo, idade, biótipo e as variáveis ambientais, que interagem na troca de calor entre o corpo e o ambiente (SPILLERE & FURTADO, 2007). Pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória de temperatura radiante média, temperatura do ambiente e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e a vestimenta usada (FUNDACENTRO, 1999).

### **2.3.3 Mecanismos de troca de calor**

Segundo Marins (1998), os principais mecanismos de troca de calor entre o corpo humano e ambiente são: Convecção, radiação e evaporação.

- Convecção: é a transferência de calor de um lugar para o outro através de uma substância aquecida, a perda de calor por convecção está relacionada com a proporção de superfície-volume do corpo.

- **Radiação:** nesse mecanismo, a transferência de calor ocorre através de ondas eletromagnéticas. Esse tipo de transferência não requer nenhum contato molecular direto, caracterizando-se como a principal forma de perda de calor.
- **Evaporação:** trata-se da difusão da molécula de água da pele para o ar, é a principal via de eliminação de calor metabólico produzido pela dinâmica muscular.

#### 2.3.4 Efeitos do calor no organismo

O organismo humano tende, através de mecanismo biológicos, manter sua temperatura na faixa de 37 °C. Quando esses mecanismos não são capazes de sustentar a temperatura ideal, o corpo sofre algumas consequências. Segundo Coutinho (1998) e Shi *et al.* (2013), algumas consequências da exposição ao calor elevado no corpo humano são:

- **Hipertermia:** quando o sistema termorregulador não é capaz de preservar a temperatura ideal de 37 °C, ocorre uma elevação da temperatura interna e aumento do metabolismo, levando a temperatura corporal a até 43 °C, fazendo com que o trabalhador fique desorientado e delirante, podendo levá-lo a óbito.
- **Desidratação:** Quando ocorre excesso de perdas de água para regulação da temperatura corporal e esse déficit não é compensado, pode ocorrer alguns sintomas como: sonolência, exaustão, temperatura elevada e irritabilidade.
- **Câimbras:** Com a ocorrência da sudorese, o corpo perde água e sais minerais. A perda de NaCl pode acarretar em câimbras corporais.

#### 2.3.5 Equilíbrio Homeotérmico

Sabendo que o organismo humano possui mecanismo de termorregulação, é evidente que existe um balanço entre o calor gerado e a liberação para o ambiente (SALIBA, 2014). Quando o calor acumulado no organismo (S) é igual a zero na equação do balanço térmico, o organismo se encontra em estado de equilíbrio.

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

Onde:

S = Calor acumulado no organismo

M = Calor produzido pelo metabolismo

C = Calor ganho ou perdido por condução/convecção

R = Calor ganho ou perdido por radiação

E = Calor perdido por evaporação

## **2.4 Instrumentos de Avaliação de calor**

### **2.4.1 Índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG)**

É o dispositivo convencional, recomendado pela Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) da FUNDACENTRO, para avaliar o estresse térmico em ambientes de trabalho. Essa técnica leva em consideração todos os fatores ambientais e fisiológicos do equilíbrio homeotérmico e atualmente é utilizado em diversas normativas pertinentes as condições de trabalho no mundo, tais como ACGIH, NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) e NR-15. O conjunto é constituído por um termômetro de globo, termômetro de bulbo úmido natural e termômetro de bulbo seco.

- Termômetro de globo: Esse dispositivo é utilizado para medir a temperatura de globo (tg), é constituído de um termômetro de mercúrio graduado de 0-150°C, globo oco de cobre com aproximadamente 15 cm de diâmetro, 1 mm de espessura, na cor preto fosco, com finalidade de absorver o máximo de calor radiante incidente.
- Termômetro de bulbo úmido natural: Esse dispositivo tem a função de medir a temperatura de bulbo úmido natural (tbn), sendo composto por termômetro de mercúrio graduado de 10-50°C e posicionado na posição vertical, um *erlenmeyer* de 125mL contendo água destilada e um pavio de no mínimo 10 cm em formato tubular, branco, de algodão e com grande capacidade de absorção de água.
- Termômetro de bulbo seco: Esse termômetro é destinado a determinar a temperatura do ar, a temperatura de bulbo seco (tbs), é constituído por um termômetro de mercúrio graduado de 0-100°C.

## **2.5 Medidas de controle e proteção para sobrecarga térmica**

Recomenda-se primeiramente, o controle do calor diretamente na fonte ou em sua trajetória, através de ações no ambiente e depois no corpo receptor, no caso, o homem. Spillere e Furtado (2007) abordam algumas medidas a serem adotadas no ambiente para redução da sobrecarga térmica, como mostra o Tabela 1.



Tabela 1. Medida adotada x fator alterado

<b>Medida Adotada</b>	<b>Fator Alterado</b>
Insuflação de ar fresco no local onde permanece o trabalhador e revestimento adequado das tubulações condutoras de fluido térmico	Temperatura do ar
Maior circulação do ar no local de trabalho	Velocidade do ar
Exaustão dos vapores de água emanados de um processo	Umidade relativa
Utilização de barreiras refletoras ou absorventes de radiação infravermelha colocadas entre a fonte e o trabalhador	Calor radiante
<i>Automatização do processo</i>	Calor produzido pelo metabolismo

Fonte: Spillere & Furtado, 2007.

No que tange as medidas adotadas no trabalhador, para reduzir a sobrecarga térmica, Saliba (2000, p. 53) considera alguns procedimentos, como:

- **Aclimação:** Nada mais é que a adaptação fisiológica do organismo a um ambiente com maior incidência de calor. A total aclimação ocorre em aproximadamente 3 semanas.
- **Limite do tempo de exposição:** Quando o trabalhador permanece muito tempo exposto ao calor, necessita realizar um período de recuperação térmica em lugar apropriado. Como os limites de tolerância previstos na NR-15 são estabelecidos em função do tempo que o trabalhador permanece em exposição ao calor e os períodos de descanso, a recuperação térmica é uma prática eficiente no controle da sobrecarga térmica.
- **Equipamentos de proteção individual (EPI):** O mercado oferece uma ampla gama de equipamentos de proteção individual com múltiplas finalidades. Entretanto, deve-se optar por aquele que fornece maior eficiência sem perder o conforto. Para as vestimentas, recomenda-se tecidos leves de em coloração clara.
- **Orientação:** A orientação e treinamento do trabalhador que trabalha exposto ao calor é de extrema importância para ele possa desempenhar suas tarefas com

consciência minimizando os riscos que a atividade apresenta, sempre utilizando EPI e promovendo medidas de proteção ao meio ambiente.

## **2.6 Refusão do Alumínio**

De acordo com IBRAP (2017), o processo de refusão do alumínio varia de acordo com a liga a ser produzida. Primeiramente, o alumínio sucateado é segregado de acordo com a liga pretendida e, então, o forno de fusão é abastecido.

Os fornos que realizam a fusão do alumínio podem operar em até 660 °C, passando o alumínio do estado sólido para o estado líquido. Posteriormente, o material passa por um processo de filtração para remover impurezas e ser corrigido de acordo com a liga desejada. A partir da análise da composição química do material em laboratório, são adicionados elementos de liga para realizar a correção química do alumínio.

Depois de ter sua composição corrigida, o alumínio ainda em estado líquido, segue para a fase de desgaseificação, onde o hidrogênio é retirado do material, que segue para a etapa de vazamento, onde é resfriado, passando para o estado sólido na forma de tarugos e moldado conforme os moldes desejados.

Por fim, os tarugos passam por uma fase de homogeneização, sendo aquecidos em temperatura e tempo estabelecidos e, em seguida, resfriados em bancos de resfriamento. Esse processo visa o controle da microestrutura do material, melhorando suas características metalúrgicas, como propriedades mecânicas e extrudabilidade, obtendo o tarugo pronto para ser utilizado.

### 3. METODOLOGIA

O local onde foi realizado o estudo é uma empresa de refusão e extrusão de alumínio, localizada no norte do Paraná e de acordo com quadro “Relação da Classificação Nacional das Atividades Econômicas – CNAE” da NR-4, a empresa está classificada como “Metalurgia do alumínio e suas ligas”, apresentando grau de risco 4. A empresa possui um total de 230 funcionários, necessitando 2 profissionais técnicos de segurança do trabalho trabalhando em período integral, 1 engenheiro de segurança do trabalho e 1 médico do trabalho, ambos trabalhando em período parcial, segundo o SESMT na NR-4.

Inicialmente, observou-se o ambiente buscando conhecer as atividades desenvolvidas pelos colaboradores na rotina de trabalho e o local que aparentemente apresentava maior carga térmica.

O local escolhido foi o da refusão do alumínio e as atividades avaliadas foram nos seguintes setores para os colaboradores da função de forneiro:

- Estoque da matéria prima (EM) e Forno de Alimentação (F1 e F2)
- Envase (PE) e Paineis (PP)
- Fornos de Envelhecimento (FE1 e FE2) e Suporte dos Tarugos (ST)

Esses pontos supracitados correspondem ao local de trabalho e descanso do colaborador.

Para a avaliar a sobrecarga térmica utilizou-se o medidor TGD-300, com certificado de calibração vigente, da fabricante *Instrutherm*® e os procedimentos foram baseados na norma NR-15 (Brasil, 1978) e NHO 06 (Brasil, 2002). O termômetro de globo TGD-300 (Figura 1), calcula automaticamente o IBUTG (Índice de bulbo úmido termômetro de globo) interno e externo e fornece as informações sobre temperatura do bulbo úmido, seco, globo, umidade e temperatura do ar.



**Figura 1. Termômetro de globo e bulbo TGD-400**  
**Fonte: Autoria própria**

O equipamento foi posicionado sobre um tripé, em uma altura de 1,5 m. como indicado pelo fabricante, nos pontos de trabalho e descanso do colaborador.

Conforme orienta a norma NHO 06, as medidas foram realizadas em um dia ensolarado cujas condições meteorológicas foram semelhantes à dos meses de verão, durante o expediente normal de trabalho e no período entre 14h. e 17h. em que as edificações atingiriam a temperatura máxima em seu interior, considerando apenas insolação como fonte de calor.

Utilizando-se do equipamento Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro Digital Instrutherm THAL-300 (Figura 2), devidamente calibrado, mediu-se a velocidade do ar nos pontos selecionados e a umidade relativa do ar no ambiente.



**Figura 2. Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro Digital Instrutherm THAL-300**  
**Fonte: Autoria própria**

As medições foram realizadas em dia que apresentou temperatura máxima de 32,0 °C e mínima de 20 °C, como recomendado pela NHO 06. A umidade relativa do ar estava na faixa de 33,8%. Para obtenção taxa de metabolismo por atividade, consultou-se o Quadro 1.

<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>Kcal/h</b>
SENTADO EM REPOUSO	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
<b>TRABALHO MODERADO</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.	220

Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
<b>TRABALHO PESADO</b> Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

**Quadro 1. Taxas de metabolismo por atividade.**  
**Fonte: Brasil, 1978.**

Como o regime de trabalho avaliado é de modo intermitente com período de descanso em outro local, os limites de tolerância para exposição ao calor são dados de acordo com o Quadro 2.

<b>M (Kcal/h)</b>	<b>MÁXIMO IBUTG</b>
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

**Quadro 2. Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime intermitente com período de descanso em outro local.**  
**Fonte: Brasil, 1978.**

Considerando M (Kcal/h) a taxa de metabolismo média ponderada para um regime de trabalho de uma hora, segundo a fórmula:

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

M<sub>t</sub> - taxa de metabolismo no local de trabalho.

T<sub>t</sub> - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho.

M<sub>d</sub> - taxa de metabolismo no local de descanso.

T<sub>d</sub> - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

O IBUTG, é valor médio ponderado para um regime de trabalho de uma hora, de acordo com a fórmula:

$$IBUTG = \frac{IBUTG_t \times T_t + IBUTG_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

IBUTG<sub>t</sub> = valor do IBUTG no local de trabalho.

IBUTG<sub>d</sub> = valor do IBUTG no local de descanso.

T<sub>t</sub> e T<sub>d</sub> = como definido previamente.

## 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.2 Caracterização do setor de refusão

A refusão do alumínio ocupa uma área de aproximadamente 625 m<sup>2</sup> na edificação industrial, com piso de cimento bruto, cobertura metálica, limitada por paredes de alvenaria, iluminação natural e artificial. A área possui 2 fornos de alimentação alimentados por gás GLP encanado e que recebem o alumínio puro e a sucata através de esteira em trilhos. Os gases e fuligem possuem tiragem natural. Próximo aos fornos está a mesa de envase onde são formados os tarugos de alumínio que depois seguem para os fornos de envelhecimento. A borra do alumínio gerada no envase é transportada por empilhadeira até uma área específica, onde posteriormente retorna para os fornos.

A Figura 3 representa o setor da refusão e os pontos onde realizou-se as medidas.

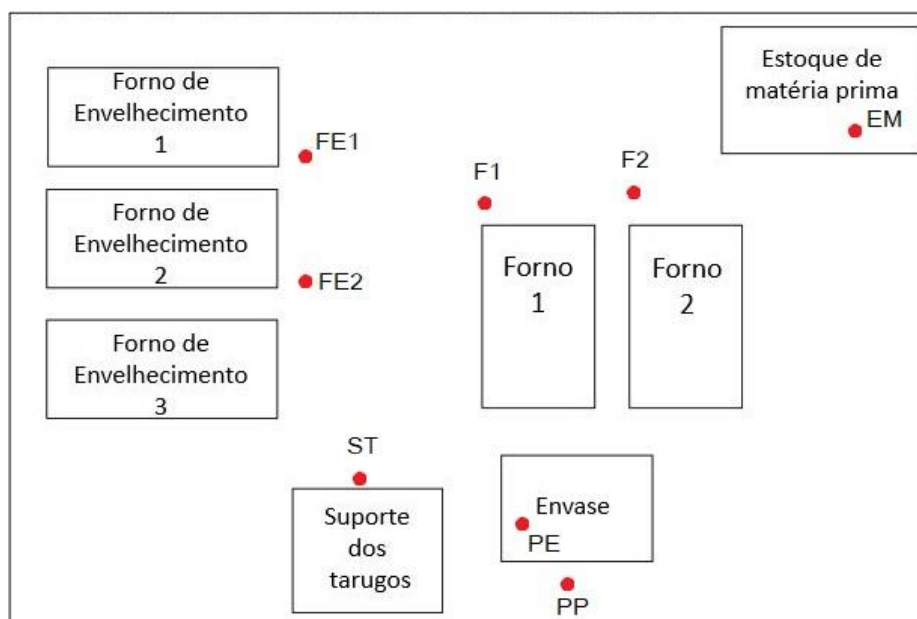


Figura 3. Setor de refusão do alumínio e pontos de medição de calor

### 4.1 Descrição das atividades e locais onde foram realizadas as medições

Foram avaliadas as atividades realizadas no setor da refusão e as medições foram obtidas nos locais de trabalho e descanso dos trabalhadores.



#### 4.1.1 Fornos de alimentação

A empresa possui 2 fornos de alimentação como mostra a Figura 4, onde é realizada a refusão do alumínio reciclado em temperaturas que podem chegar até 800 °C.

No setor de estocagem de alumínio (EA), o trabalhador primeiramente, verifica qual será produção demandada, prepara a matéria prima em um carrinho e encaminha até os fornos de alimentação (F1 e F2) através de trilhos. Após alimentar o sistema, o colaborador aciona botões para operar o forno, verifica a formação de borra e promove a retirada, utilizando vassoura e pá, limpa os cavacos de alumínio que possam ter caído no entorno do forno e encaminha-os novamente para o setor de estocagem.



**Figura 4. Fornos de alimentação**

Como cada forno é operado por trabalhadores distintos, então optou-se por realizar as medições de calor para cada forno de acordo com a atividade desempenhada.

Os quadros 3 e 4 apresenta os valores obtidos nas respectivas medições para os fornos de alimentação.

Ponto de coleta	Resumo da atividade desempenhada	Ciclo de trabalho (min)	Metabolismo (kcal/h)	Medições (°C)			IBUTG (°C)	Velocidade do ar (m/s)	
				TBN	TG	TBS			
F1	Alimentação do forno com matéria prima; Limpeza de cavacos de alumínio que caem no chão; Retirada de borra;	20	175	TBN	25,1	25,3	25,2	28,56	0,0
				TG	36,6	36,2	36,4		
				TBS	32,5	32,4	32,5		
EM	Verificar produção a ser feita; Preparo de matéria prima e direcionamento ao forno;	40	300	TBN	24,0	24,2	24,1	26,62	0,0
				TG	32,7	32,5	32,3		
				TBS	30,3	30,1	30,4		
<b>IBUTG médio (°C)</b>				27,26					
<b>Limite de tolerância (°C)</b>				28,50					

Quadro 3. Avaliação de calor para o ciclo de atividades realizadas no Forno1.

Ponto de coleta	Resumo da atividade desempenhada	Ciclo de trabalho (min)	Metabolismo (kcal/h)	Medições (°C)			IBUTG (°C)	Velocidade do ar (m/s)	
				TBN	TG	TBS			
F2	Alimentação do forno com matéria prima; Limpeza de cavacos de alumínio que caem no chão; Retirada de borra;	20	175	TBN	24,9	25,2	25,2	28,50	0,0
				TG	36,5	36,4	36,3		
				TBS	32,7	32,5	32,6		
EM	Verificar produção a ser feita; Preparo de matéria prima e direcionamento ao forno;	40	300	TBN	24,0	24,2	24,1	26,62	0,0
				TG	32,7	32,5	32,3		
				TBS	30,3	30,1	30,4		
<b>IBUTG médio (°C)</b>				27,24					
<b>Limite de tolerância (°C)</b>				28,50					

Quadro 4. Avaliação de calor para o ciclo de atividades realizadas no Forno 2.

#### 4.1.2 Envase

Após alumínio ser fundido nos fornos, ele segue para a etapa de envase, que é realizada através do processo DC (*Direct Chill*) de vazamento vertical, onde o alumínio líquido proveniente dos fornos, escoam por um canal até a mesa de

vazamento, onde o metal é distribuído em moldes. Um pistão localizado abaixo da mesa de vazamento, inicia o processo de descida conforme o alumínio é adicionado ao molde, dando origem ao tarugo.

O colaborador que atua nesse setor trabalha no painel localizado próximo a mesa DC acionando botões e operando o vazamento e também permanece um tempo no entorno da mesa verificando a formação de borra e controlando o vazamento.

Na Figura 5 podemos observar o setor de envase e o quadro 5 apresenta as respectivas medições obtidas.



Figura 5. Setor de envase

Ponto de coleta	Resumo da Atividade desempenhada	Ciclo de trabalho (min)	Metabolismo (kcal/h)	Medições (°C)			IBUTG (°C)	Velocidade do ar (m/s)	
				TBN	TG	TBS			
PP	Operação de painel de controle	20	175	TBN	24,3	24,2	23,1	26,55	0,0
				TG	32,3	32,1	32,2		
				TBS	31,7	31,9	31,8		
PE	Alimentação e controle o envase; Verificação da formação de borra;	40	300	TBN	25,0	25,2	25,1	30,32	0,0
				TG	42,7	42,5	42,6		
				TBS	30,9	31,1	30,9		
<b>IBUTG médio (°C)</b>		29,06							
<b>Limite de tolerância (°C)</b>		28,50							

Quadro 5. Avaliação de calor para o ciclo de atividades realizadas no envase.

### 4.1.3 Forno de Envelhecimento

Após a formação dos tarugos de alumínio no envase, estes seguem até um suporte, por meio de guindaste fixo na estrutura da edificação, onde permanecem até serem encaminhados para o forno de envelhecimento, a última etapa do processo de produção de tarugos. A borra gerada no processo do vazamento também é direcionada para este local, onde é armazenada em bags que retornam para o estoque de matéria prima.

O trabalhador organiza os tarugos no suporte com auxílio do guindaste, que posteriormente são transportados por uma empilhadeira até o forno de envelhecimento. Os tarugos são posicionados em uma esteira e movidos para o interior do forno de envelhecimento, onde é realizado um tratamento térmico que confere resistência desejada à liga de acordo com a aplicação requerida do produto final.

A empresa possui três fornos de envelhecimento, porém, apenas dois estavam em funcionamento durante o período de coleta de dados do presente trabalho, então procedeu-se a análise para os fornos de envelhecimento 1 e 2. A Figura 6 mostra os fornos de envelhecimento.



Figura 6. Fornos de Envelhecimento.

Ponto de coleta	Resumo da Atividade desempenhada	Ciclo de trabalho (min)	Metabolismo (kcal/h)	Medições (°C)				IBUTG (°C)	Velocidade do ar (m/s)
				TBN	TG	TBS			
FE2	Posicionar tarugos de alumínio na esteira; Mover os tarugos para o interior do forno.	30	300	TBN	24,1	24,1	23,9	26,47	0,0
				TG	35,3	35,2	35,2		
				TBS	31,4	31,6	31,4		
ST	Organizar os tarugos que aguardam acabamento; Organizar a borra resultante do envase em bags	30	220	TBN	23,7	23,8	23,8	26,29	0,0
				TG	32,2	32,1	32,3		
				TBS	30,7	30,5	30,5		
<b>IBUTG médio (°C)</b>				26,38					
<b>Limite de tolerância (°C)</b>				27,5					

Quadro 6. Avaliação de calor para o ciclo de atividades realizadas no forno de envelhecimento.

Ponto de coleta	Resumo da Atividade desempenhada	Ciclo de trabalho (min)	Metabolismo (kcal/h)	Medições (°C)				IBUTG (°C)	Velocidade do ar (m/s)
				TBN	TG	TBS			
FE1	Posicionar tarugos de alumínio na esteira; Mover os tarugos para o interior do forno.	30	300	TBN	23,7	23,7	23,9	27,3	0,0
				TG	35,6	35,5	35,7		
				TBS	31,5	31,6	31,4		
ST	Organizar os tarugos que aguardam acabamento; Organizar a borra resultante do envase em bags	30	220	TBN	23,7	23,8	23,8	26,29	0,0
				TG	32,2	32,1	32,3		
				TBS	30,6	30,4	30,5		
<b>IBUTG médio (°C)</b>				26,79					
<b>Limite de tolerância (°C)</b>				27,5					

Quadro 7. Avaliação de calor para o ciclo de atividades realizadas no forno de envelhecimento.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou conhecer as atividades desempenhadas no ambiente de trabalho da refusão do alumínio, onde foi avaliada de forma quantitativa a sobrecarga térmica nos setores de maior incidência de calor.

De acordo com as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores e as medições de níveis de calor realizadas, foi possível determinar os limites de tolerância para os postos de trabalho e o IBUTG médio de acordo com a NR-15.

Todos os setores analisados estão com níveis calor abaixo dos limites de tolerância impostos pela norma regulamentadora, exceto o setor envase que apresentou um IBUTG médio de 29,06, enquanto o limite de tolerância se encontra na faixa de 28,50.

Para o setor do envase, recomenda-se que a o trabalhador permaneça mais tempo no local de descanso ou que a rotina de trabalho seja dividida entre mais colaboradores.

Conclui-se então, que a avaliação dos níveis de calor no ambiente de trabalho é imprescindível para conhecer as condições de trabalho que o colaborador está exposto e desta forma, evitar riscos ocupacionais e garantir a qualidade de vida no ambiente de trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <<http://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>> Acesso em: 20 de ago. de 2017.
- ACGIH -1995-1996 **Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices**. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1995.
- AHASAN, R.; MOHIUDDIN, G.; FARUQUEE, S. M. **Strenuous tasks in a hot climate – a case study**. Work Study. Vol. 51 Issue: 4, pp.175-181, 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 06 – Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo; 2002. 50 p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO. **Introdução à Higiene Ocupacional**. São Paulo: 2004. 84 p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria SSST nº25, de 29 de dezembro de 1995. **NR-09, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Diário Oficial União. 30 dez 1990
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria SIT nº291, de 08 de dezembro de 2011. **NR-15: Atividades e Operações Insalubres**. Diário Oficial União. 09 dez 2011.
- COUTINHO, A.S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. 1 ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 1998.
- FAERVIK, H.; REINERTSEN, R.; **Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions**. Ergon. v. 46, p. 780-799. 2003
- GOULART e SILVA; D. V.; AGUIAR, F. de; MOREIRA, I. S. **Estudo da metodologia para avaliação, caracterização, medição e controle da exposição ocupacional ao calor**. 2010. 39 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Extensão em Higiene Ocupacional). Universidade Estadual Paulista – UNESP. 2010.
- IBRAP. **Refusão de alumínio**. Disponível em: <<http://www.ibrap.ind.br/refusao/>> Acesso em: 16 Mai. 2017.

- KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5. 2 ed.. São Paulo, SP: Bookman, 2005
- HALLIDAY, RESNICK, WALKER; **Fundamentos da Física**, Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.
- MARINS, J. C. B. **Mecanismos Físicos de Perda de Calor e Fatores Associados Relacionados ao Exercício**. R. min. Educ. Fis., Viçosa 6(2): 5-20, 1998.
- SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de calor: PPRA**. São Paulo: LTr, 2000.
- SALIBA, T. M. **Manual Prático de Higiene Ocupacional e PPRA: avaliação e controle de riscos ambientais**. 6 ed. São Paulo: LTr, 2014.
- SILVA, J. R. M; TEIXEIRA, R. L. **Sobrecarga térmica em fábrica de móveis**. Floresta e Ambiente. v. 21(4). p. 494-500. out. - dez. 2014.
- SESI. **Técnicas de Avaliação Para Agentes Ambientais: Manual Sesi**. Brasília, 2007
- SHI, X., ZHU, N., ZHENG, G. **The combined effect of temperature, relative humidity and work intensity on human strain in hot and humid environments**. Building and Environment. Vol.69, p. 72-80, jul. 2013.
- SPILLERE, J. I.; FURTADO, T. S. **Estresse Ocupacional Causado Pelo Calor**. 2007. 63 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2007.
- .