

MICHELE CHRISTINE MACHADO DE OLIVEIRA

USO DA ROBÓTICA PARA ELIMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A RISCOS  
OCUPACIONAIS NA APLICAÇÃO DE SOLDA CHAPISCO EM ROLOS  
DE MOENDA

São Paulo  
2012

MICHELE CHRISTINE MACHADO DE OLIVEIRA

USO DA ROBÓTICA PARA ELIMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A RISCOS  
OCUPACIONAIS NA APLICAÇÃO DE SOLDA CHAPISCO EM ROLOS  
DE MOENDA

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

São Paulo  
2012

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Oliveira, Michele Christine Machado de  
Uso da robótica para eliminação da exposição a riscos  
ocupacionais na aplicação de solda chapisco em rolos de  
moenda / M.C.M. de Oliveira. -- São Paulo, 2012.  
125 p.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança  
do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Riscos ocupacionais 2. Robótica (Uso) I. Universidade  
de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Con-  
tinuada em Engenharia II. t.

## DEDICATÓRIA

A minha família e ao meu namorado Matheus que me deram todo o apoio e não mediram esforços para que pudesse tornar realidade este trabalho.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

*A Deus por me dar forças para que isso tudo se tornasse realidade.*

*Aos meus Pais Eliana e Marco Antônio, que também fazem parte desta trajetória,  
obrigado pelo amor e amizade.*

*A todos os Professores do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do  
Trabalho, que contribuíram para nosso crescimento, obrigada pelo conhecimento  
transmitido, e por estarem sempre dispostos a nos atender.*

*Aos Amigos da pós-graduação, alguns mais próximos, outros nem tanto, mas que de  
alguma forma contribuíram para que eu chegassem até aqui.*

*Aos Colegas de trabalho que me apoiaram e não mediram esforços para ajudar na  
realização deste trabalho.*

*A todos meu carinho e muito obrigada.*

“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar  
na chamada sociedade do conhecimento”.

Peter Drucker.

## RESUMO

A indústria sucroalcooleira é uma empresa responsável pelo processamento da cana-de-açúcar a fim de se obter seus derivados, como por exemplo, açúcar, etanol, energia térmica e elétrica. Esse processo acontece por meio de vários processamentos básicos como recepção de cana, preparo da cana, moagem, evaporação, cozimento ou destilação. O presente trabalho foi focado no processo de moagem, que consiste em extrair o caldo contido na cana, essa extração é conseguida fazendo a cana passar entre rolos, submetidos à determinada pressão e rotação. A moenda é constituída de quatro a seis unidades de moagem, que denominamos “ternos”. O terno é formado por quatro rolos principais denominados: rolo de pressão, de entrada, superior e de saída montados numa estrutura denominada "castelo". O rolo de moenda é constituído por um cilindro, geralmente de ferro fundido cinzento onde, no decorrer do processo de moagem sofrem desgaste por abrasão e atrito, oriunda das impurezas minerais e vegetais contidas na matéria-prima. Para garantir que os rolos mantenham suas características durante a safra, com duração de aproximadamente sete meses, aplica-se pulverização por meio de um processo de soldagem, utilizando ligas de alta dureza. Os processos de soldagem nos rolos de moenda podem ser manuais ou robotizados utilizando respectivamente eletrodo revestido ou arame tubular, sendo estes escolhidos basicamente pelo custo e qualidade. Este trabalho descreve as operações citadas acima, fazendo comparações quanto ao custo, segurança e qualidade de vida laboral, sendo este, um estudo de caso desenvolvido em usinas de açúcar e etanol com o objetivo de comparar e avaliar a exposição ocupacional de trabalhadores aos diversos agentes nas atividades manual e robotizada de solda “chapisco” em rolos de moenda, tendo como principal finalidade eliminar o risco grave e eminente. O estudo foi desenvolvido e conduzido através da análise de riscos existentes e comparações utilizando tecnologia avançada para executar a mesma atividade com a redução da exposição aos riscos. O trabalho propõe a substituição da solda existente por um método mais avançado, no que diz respeito ao material utilizado, operação, qualidade e enumeração dos riscos ocupacionais da aplicação, obtendo resultados significativos quanto à redução de passivos trabalhistas, acidentes e doenças relacionadas ao trabalho, eliminando totalmente o risco de morte existente na operação manual.

**Palavras-chave:** Solda. Chapisco. Moenda. Soldador. Exposição.

## ABSTRACT

The alcohol industry is a company responsible for the processing of cane sugar in order to obtain their derivatives, such as sugar, ethanol, thermal and electrical energy. This process goes through several processes such as receiving basic cane, cane preparation, milling, evaporation, boiling or distillation. The present work was focused in the milling process, which consists in extracting the juice contained in the cane, the extraction is accomplished by passing the cane between rollers subjected to a certain pressure and rotation. The mill consists of four to six grinding units, which we call "suits". The suit consists of four main rollers called: pressure roller, input, output and top mounted on a structure called "castle." The roller mill consists of a cylinder, usually cast iron which, during the grinding process suffer abrasion and friction, originating from the mineral and vegetable impurities contained in raw material. To ensure that the rollers to keep its characteristics during harvest, with a duration of approximately seven months, is applied by spraying a welding process using alloys of high hardness. The welding processes in roller milling can be manual or robotic respectively using coated or cored wire electrode, which are chosen primarily by the cost and quality. This paper describes the operations mentioned above, making comparisons about the cost, safety and quality of working life, this being a case study developed in sugar and ethanol in order to compare and evaluate the occupational exposure of workers to various agents activities manual and robotic welding "spatterdash" rolls milling, having as main purpose to eliminate the serious and imminent. The study was developed and conducted through the analysis of risks and comparisons using advanced technology to perform the same activity with reduced risk exposure. The paper proposes replacing the existing weld for a more advanced method, with respect to the material used, operation, quality and enumeration of the occupational hazards of the application, obtaining significant results in the reduction of labor liabilities, accidents and occupational diseases, totally eliminating the risk of death existing in manual operation.

**Keywords:** Welding. Chapisco. Milling. Welder. Exposure.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cana-de-Açúcar.....	20
Figura 2 - Representação Esquemática dos Equipamentos de Preparo e Extração do Caldo.....	21
Figura 3 - Comparação da Mesa Alimentadora Durante a Parada e em Operação.....	22
Figura 4 - Vista Interna do Picador e Detalhe de Uma Faca Picadora.....	23
Figura 5 - Vista Interna do Desfibrador e Detalhe de Um Martelo Desgastado.....	24
Figura 6 - Esquema Simplificado da Moenda de Quatro Rolos.....	26
Figura 7 - Vista das Moendas em Operação e em Manutenção.....	26
Figura 8 - Rolo de Moenda sem Chapisco.....	30
Figura 9 - Visual do Chapisco Aplicado e em Trabalho.....	30
Figura 10 - Aplicação Moendo e Aplicação Fora da Moenda.....	30
Figura 11 - Ilustração Soldagem Manual.....	33
Figura 12 - Solda Manual de Chapisco com Camisa na Horizontal.....	33
Figura 13 - Ilustração Solda Automatizada.....	34
Figura 14 - Dispositivos para Aplicação Automática.....	38
Figura 15 - Atividade de Solda.....	39
Figura 16 - Ilustração da Radiação e Respingos.....	43
Figura 17 - EPI Recomendados para Soldadores.....	66
Figura 18 – Proteção para Cabeça: Touca de Segurança de Brim para Soldador e Capacete de Segurança.....	67
Figura 19 - Óculos de Segurança ton 5 e Incolor.....	68
Figura 20 - Conjunto de Máscara de Solda, Óculos e Touca.....	69
Figura 21 – Máscara com Visor Fixo, com Visor Basculante e Escudo Manual.....	69
Figura 22 - Montagem de Vidros na Máscara de Solda.....	70
Figura 23 - Protetor Auricular Tipo Plug Silicone.....	72
Figura 24 - Respirador PFF2 com Válvula Clique.....	73
Figura 25 - Creme Protetor da Pele Contra Radiações UVA e UVB e de Arcos Elétricos de Solda, com Fator de Proteção Solar Nível 30.....	73
Figura 26 - Avental de Raspa de Couro Protege a Frente do Corpo.....	74

Figura 27 - Avental em Raspa Simples, em Raspa Tipo Barbeiro e Casaco de Raspa Tipo Soldador.....	74
Figura 28 - Mangas ou Mangotes de Raspa de Couro Protegem os Braços.....	75
Figura 29 - Luva de Raspa para Soldador Punho 20 cm.....	76
Figura 30 – Perneiras de Raspa de Couro Protegem as Pernas e os Pés do Soldador.....	76
Figura 31 – Proteção para os Pés: Botina de Segurança em Couro com Biqueira de Aço e Bota de PVC Forrada Branca Cano Longo.....	77
Figura 32 - Exaustor Axial E50M4 Marca Ventisilva 110/220V.....	78
Figura 33 - Estrutura Inadequada Demonstrativo do Risco de Queda e Morte durante a Operação.....	89
Figura 34 - Demonstrativo da Operação de Solda em Rolos Inferiores Utilizando Cadeira Inadequada.....	89
Figura 35 - Demonstrativo da Operação de Solda com Exigência de Postura Inadequada.....	89
Figura 36 - Partes do Robô.....	94
Figura 37 - Comparativo de Chapisco Aplicado com Eletrodo e com Arame Tubular.....	99
Figura 38 - Robô em Operação Durante a Safra, Aplicação Automatizada de Chapisco.....	101
Figura 39 - Aplicação de Chapisco em Rolo de Moenda em Operação Posição de Saída.....	101
Figura 40 - Comparaçāo de Parte do Rolo de Moenda Desgastado e Chapiscado Automaticamente.....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Referente ao Consumo x Custo de EPI e EPC para Soldador de Chapisco.....	96
Tabela 2 - Comparativo Processo Manual x Automático Período Abril-Outubro.....	97
Tabela 3 - Aplicação de Chapiscos - Comparativo entre Eletrodos x Arames.....	98

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
ASO - Atestado de Saúde Ocupacional  
CA - Certificado de Aprovação  
CLT - Consolidação das Leis Trabalhistas  
COHb-emia - Carboxihemoglobinemia  
dB (A) - decibéis no Circuito de Compensação A  
EFE - Efeitos  
EMR - Exposto de Maior Risco  
EPC - Equipamento de Proteção Coletiva  
EPI - Equipamento de Proteção Individual  
FCAW - Flux Cored Arc Welding (Arco Elétrico com Fluxo Tubular)  
GFIP - Guia de Recolhimento do FGTS e de Informações à Previdência Social  
GHE - Grupo Homogênio de Exposição  
GI - Gastrointestinal  
GMAW - Gas Metal Arc Welding (Arco Elétrico com Gás Metal)  
IHM - Interface Homem Máquina  
kg - quilograma  
LAVG - Level Average (Nível Médio)  
LT - Limite de Tolerância  
LTCAT - Laudo Técnico de Condições Ambientais de Trabalho  
MAG - Metal Active Gas (Gás Metal Ativo)  
MIG - Metal Inert Gas (Gás Metal Inerte)  
MIG/MAG - Metal Inert Gas e Metal Active Gas  
mg/m<sup>3</sup> - miligramas da substância por metro cúbico de ar  
mm - milímetros  
nm - nanômetros  
NA - Não Adotado  
NR - Norma Regulamentadora  
NRRsf - Noise Reduction Rating subject fit (Índice de Redução de Ruído Fornecido)

OMS - Organização Mundial da Saúde  
PAIRO - Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional  
PCMSO - Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional  
ppm - partes por milhão  
PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais  
rpm - rotação por minuto  
RX - Raio X  
SMAW - Shielded Metal Arc Welding (Arco Elétrico com Eletrodo Revestido)  
SNC - Sistema Nervoso Central  
SNP - Sistema Nervoso Periférico  
SST - Saúde e Segurança do Trabalho  
TIG - Tungstein Inert Gas (Gás Inerte de Tungstênio)  
TLV - Threshold Limit Values (Valores Limite de Exposição)  
TGO - Transaminase Glutâmica Oxalacética  
TGP - Transaminase Glutâmica Pirúvica  
TRI - Trato Respiratório Inferior  
TRS - Trato Respiratório Superior  
TWA - Média Ponderada no Tempo, de 8 Horas  
UV - Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA .....	18
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR .....	20
<b>2.1.1 Mesa Alimentadora .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2 Preparo para Moagem.....</b>	<b>22</b>
2.1.2.1 Picador .....	23
2.1.2.2 Desfibrador .....	24
<b>2.1.3 Moagem de Cana .....</b>	<b>25</b>
2.2 SOLDA .....	28
<b>2.2.1 Solda de Chapisco/Pulverização .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2 Processos de Aplicação (Manual e Automático).....</b>	<b>32</b>
2.2.2.1 Processo Eletrodo Revestido - Manual .....	32
2.2.2.2 Processo Arame Tubular - Automático.....	34
2.3 A EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE DE CHAPISCO EM ROLOS DE MOENDA UTILIZANDO SOLDAGEM ROBOTIZADA.....	36
2.4 SOLDADOR .....	38
2.5 RISCOS OCUPACIONAIS PARA O SOLDADOR NA ATIVIDADE DE SOLDA..	39
<b>2.5.1 Riscos Físicos .....</b>	<b>40</b>
2.5.1.1 Exposição ao Ruído .....	40
2.5.1.2 Exposição ao Calor .....	42
2.5.1.3 Exposição a Radiações .....	42
<b>2.5.1.3.1 Radiação Não Ionizante .....</b>	<b>43</b>
2.5.1.3.1.1 Radiações Infravermelhas .....	44

2.5.1.3.1.2 Radiações Ultravioletas .....	45
2.5.1.3.1.3 Radiações de Luz Visível .....	46
2.5.1.4 Umidade .....	47
<b>2.5.2. Riscos Químicos .....</b>	<b>47</b>
2.5.2.1 Exposição a Fumos Metálicos .....	48
2.5.2.2 Exposição dos Gases e Vapores de Solda .....	53
<b>2.5.2.2.1 Monóxido de Carbono.....</b>	<b>54</b>
<b>2.5.2.2.2 Ozônio .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5.2.2.3 Dióxido de Nitrogênio .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5.2.2.4 Dióxido de Carbono .....</b>	<b>56</b>
<b>2.5.2.2.5 Óxidos de Nitrogênio .....</b>	<b>56</b>
2.5.2.3 Exposição a Poeiras e Partículas .....	57
<b>2.5.3 Riscos Ergonômicos.....</b>	<b>57</b>
2.5.3.1 Exigência de Postura Inadequada.....	58
2.5.3.2 Monotonia.....	59
2.5.3.3 Controle Rígido de Produtividade.....	60
2.5.3.4 Outras Situações Causadoras de Estresse Físico e/ou Psíquico.....	61
2.5.3.5 Iluminação .....	62
<b>2.5.4 Riscos de Acidentes .....</b>	<b>63</b>
2.5.4.1 Riscos de Choque Elétrico .....	64
2.5.4.2 Outras Situações de Risco que Poderão Contribuir para Ocorrência de Acidentes - Risco de Morte devido a Queda .....	64
2.6 REGRAS DE SEGURANÇA RELATIVAS AO PESSOAL .....	65
<b>2.6.1 Proteção Pessoal .....</b>	<b>65</b>
2.6.1.1 Proteção da Cabeça.....	66
2.6.1.2 Proteção dos Olhos e Face .....	67
<b>2.6.1.2.1 Uso dos Óculos de Segurança.....</b>	<b>68</b>

<b>2.6.1.2.2 Uso da Máscara .....</b>	<b>68</b>
2.6.1.3 Proteção Auditiva .....	70
2.6.1.4 Proteção Respiratória.....	72
2.6.1.5 Proteção do Tronco, Pele, Braços e Pernas .....	73
<b>2.6.1.5.1 Uso de Vestimentas de Proteção .....</b>	<b>74</b>
<b>2.6.1.5.2 Proteção dos Membros Superiores .....</b>	<b>75</b>
2.6.1.5.2.1 Uso do Mangote .....	75
2.6.1.5.2.2 Uso das Luvas.....	75
<b>2.6.1.5.3 Proteção dos Membros Inferiores.....</b>	<b>76</b>
2.6.1.5.3.1 Uso das Perneiras .....	76
2.6.1.5.3.2 Uso de Calçados de Segurança .....	77
2.7 REGRAS DE SEGURANÇA RELATIVAS AO LOCAL DE TRABALHO .....	77
<b>2.7.1 Ventilação .....</b>	<b>77</b>
<b>2.7.2 Choque Elétrico .....</b>	<b>78</b>
<b>2.7.3 Cuidados com a Solda Elétrica .....</b>	<b>80</b>
2.7.3.1 Campos Elétricos Magnéticos .....	81
2.8 PREVENÇÃO DE RISCOS NA SOLDAGEM - TREINAMENTO .....	82
2.9 PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS (PPRA) .....	83
<b>2.9.1 Objetivo Geral do Programa.....</b>	<b>83</b>
2.10 LAUDO TÉCNICO DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE TRABALHO (LTCAT)	84
2.11 PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO E SAÚDE OCUPACIONAL (PCMSO)	84
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>86</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>88</b>
4.1 RISCOS IDENTIFICADOS x AUTOMATIZAÇÃO .....	88
4.2 CUSTOS ENVOLVENDO A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA x OPERAÇÃO MANUAL .....	95
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>102</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO A - Avaliação dos Riscos da Empresa Alfa.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO B - LTCAT Empresa Alfa.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO C - PCMSO Empresa Alfa .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO D - Ficha Técnica Eletrodo Especial.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO E - Ficha Técnica Eletrodo Básico.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO F - Ficha Técnica Arame Especial .....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO G - Demonstrativo Técnico Arame.....</b>	<b>125</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Até pouco tempo, na maioria das empresas muitos homens estiveram expostos a situações desumanas de trabalho, com empregadores interessados somente na produtividade, sem a preocupação com o bem estar do trabalhador, não davam a devida importância para a questão da segurança e higiene no trabalho, e consideravam-na apenas como um custo a mais. Porém, a partir da última década tem crescido o número de empresas que se preocupam com estes aspectos, e começaram a perceber que os custos com absenteísmo, problemas de saúde, queda de produtividade e qualidade e até mesmo de multas e interdições, justificavam um investimento relacionado com a segurança e higiene do trabalho, já que, em um ambiente saudável e seguro, há ganhos de produtividade, bem-estar e menos casos de afastamento por doenças ou acidentes.

Quando se fala em usinas é importante ressaltar que o setor despertou interesse para o desenvolvimento recentemente, nota-se carência de pesquisas e trabalhos técnicos aprofundados. O objetivo incansavelmente é processar a cana-de-açúcar, com maior eficiência e com o menor custo possível de produção e manutenção, é necessário criar e testar tecnologias que contribuam para a produção e também que ajudem a melhorar as condições do trabalhador, evitando a exposição de sua integridade.

Ao pensar na produção sucroalcooleira a primeira etapa industrial que passa a ser considerada ponto principal em produção e eficiência é a Moagem da Cana onde se verifica inúmeros cuidados ao extrair o caldo a fim de garantir a melhor performance esperada. Os equipamentos envolvidos no processamento da cana-de-açúcar para extração do caldo sofrem elevado desgaste devido às condições severas de trabalho. Em função disso, necessitam da aplicação de solda de revestimento duro para o aumento da vida útil em serviço. A solda de chapisco nos rolos de moenda foi desenvolvida com este único objetivo.

Atualmente, podemos afirmar que a grande maioria das indústrias utiliza com grande frequência nos procedimentos do dia a dia processo de soldagem. Apesar de na maioria das vezes, haver conhecimento desse processo e dos riscos a ele atribuídos, nem sempre há ciência de que pode gerar maiores gravidades.

Nessa situação, doenças profissionais atribuídas a estas exposições, podem ocorrer, sendo os principais agentes causadores o calor, as radiações não ionizantes, as posturas inadequadas, ruído, gases e fumos de solda, estresse e incluindo nesta atividade a grande monotonia. Devem-se levar em consideração os efeitos combinados nos casos de exposição a mais de uma substância, fatores como ruído e calor podem exercer papel importante na resposta do organismo sob exposição a agentes químicos, pois isoladamente podem não causar danos, mas em conjunto com agentes químicos, há possibilidade de gerarem efeitos adversos à saúde.

É com foco na preservação da saúde, eliminação da exposição dos soldadores de solda chapisco e com uso de técnicas de estudos avançados que este trabalho se concretiza.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é a prevenção de acidentes e redução da exposição dos soldadores aos riscos ocupacionais, através do uso da tecnologia na atividade de solda de chapisco em rolos de moenda de cana-de-açúcar. A utilização dos robôs visa reduzir a ponto de eliminar a exposição aos riscos provenientes da atividade de solda de chapisco.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho foi proposto com intuito de melhorar as condições de trabalho de solda de chapisco em moendas de cana-de-açúcar, uma atividade atualmente indispensável para o setor sucroalcooleiro garantir melhor produtividade e eficiência. Essa atividade faz com que os equipamentos não parem para realização da manutenção, sendo feita durante sua operação. O tema foi escolhido visto que a solda é uma atividade que gera muitas exposições a riscos ocupacionais e

salientando, nesta especificamente, é conduzida com os equipamentos em movimento, tornando-se uma condição extremamente desfavorável ao trabalhador e a própria atividade. O trabalho teve como principal motivação afastar os trabalhadores dessa atividade que expõe a diversos riscos ocupacionais, além de gerar diversas queixas, preservando sua integridade e garantindo sua saúde e ao mesmo tempo fazendo uso do emprego de medidas de engenharia através de robotização na operação, aperfeiçoando o processo com tecnologia avançada. Além da perspectiva de evolução no uso de pesquisas e técnicas na área de segurança do trabalho em usinas de açúcar e etanol.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Atualmente, a indústria sucroalcooleira vem se mostrando como um dos setores mais importantes e representativos do agronegócio brasileiro (SILVA, 2007).

De acordo com Marques et al., (2001) apud Silva (2007), a cana-de-açúcar (figura 1) é uma gramínea formada por colmos interligados por nós. O colmo é constituído por duas fases, uma sólida e outra líquida. A parte sólida é composta principalmente por celulose e ligninas, sendo chamada genericamente de fibra. A parte líquida é uma solução aquosa que contém uma grande variedade de componentes, dos quais aproximadamente 90% é sacarose.



Figura 1 - Cana-de-Açúcar.  
Fonte: SILVA, 2007.

O tecido parenquimatoso (casca) forma a parede das células que armazenam o caldo que contém a sacarose. Esta porção do caldo é chamada de caldo estático e é a mais facilmente extraída quando da operação de moagem (SILVA, 2007).

A extração do caldo da cana para a posterior produção do etanol ou do açúcar passa por várias etapas. Na primeira, após o descarregamento, a cana é lavada e alimentada em esteiras através da mesa alimentadora. Em seguida, passa pelo setor de preparo (picador, desfibrador e nivelador) e posteriormente pelas moendas. O objetivo básico do preparo da cana é aumentar a sua densidade, bem como, realizar o máximo rompimento das células para liberação do caldo nelas

contido, obtendo-se, portanto, uma maior eficiência de extração. A figura 2 ilustra a representação esquemática dos equipamentos envolvidos (LIMA; FERRARESI, 2006).

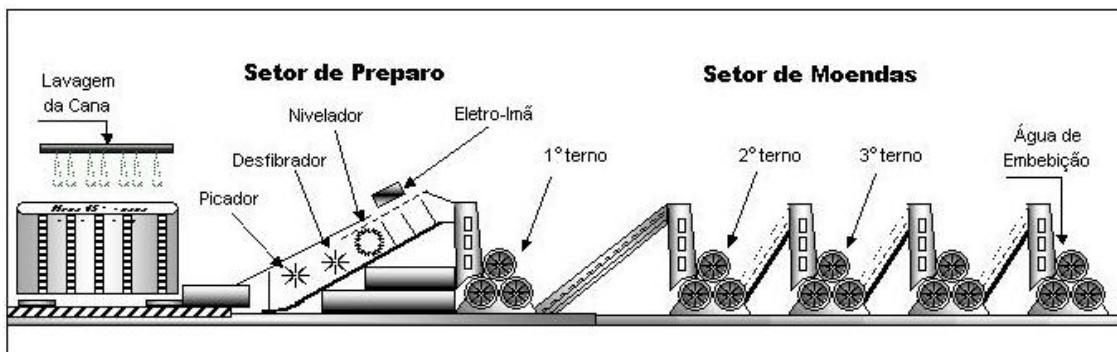


Figura 2 - Representação Esquemática dos Equipamentos de Preparo e Extração do Caldo.  
Fonte: LIMA; FERRARESI, 2006.

### 2.1.1 Mesa Alimentadora

A mesa alimentadora é o primeiro equipamento a entrar em contato com a cana durante o seu beneficiamento e tem a função de controlar a quantidade de cana sobre a esteira. Recebe as cargas de cana do estoque, ou diretamente dos caminhões, transferindo-as a uma ou mais esteiras metálicas que a conduzem até as moendas, passando antes pelo sistema de preparo. Apresenta uma parte rodante, formada por eixos, correntes e taliscas para a elevação da cana e, conforme a sua inclinação, pode ser classificada como convencional (inclinação de 5° a 17°) ou de grande inclinação (45°) (LIMA; FERRARESI, 2006).

A lavagem da cana, efetuada sobre as mesas alimentadoras, visa à retirada de terra, areia e outros materiais estranhos, com a finalidade de obter um caldo de melhor qualidade e aumentar a vida útil dos equipamentos pela redução do desgaste. Esta lavagem nunca é feita na cana picada, colhida mecanicamente, pois isto provocaria um arraste muito grande de sacarose pela água (LIMA; FERRARESI, 2006). A figura 3 apresenta a comparação da mesa alimentadora durante a parada e operação, permitindo visualizar o processo de lavagem.



Figura 3 - Comparação da Mesa Alimentadora Durante a Parada e em Operação.  
Fonte: LIMA; FERRARESI, 2006.

### **2.1.2 Preparo para Moagem**

Como se sabe, o açúcar acha-se dissolvido nas células do parênquima da cana, estando assim, bastante protegido pelas paredes de tecidos fibrosos e aparentemente duros. A parte dura do colmo (nós e casca) é da ordem de 25% do peso da cana, encerrando 15% do caldo, representa uma área de difícil extração, justamente pela sua dureza, exigindo pressões extremamente elevadas de extração. O preparo da cana vem então para facilitar a extração do caldo das partes duras da cana, melhorando consequentemente à extração do caldo presente nas partes moles (parênquima dos entrenós). Há a necessidade de romper esses tecidos para facilitar o trabalho de esmagamento pelos frisos das moendas (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

O objetivo do preparo da cana é aumentar a capacidade de moagem através da diminuição do tamanho da cana, obtendo-se, portanto, uma maior extração.

O aumento da capacidade e da eficiência de extração ocorre através:

- a) da destruição da resistência das partes duras, exigindo menor pressão das moendas para a extração desejada e, consequentemente, menor desgaste;
- b) do rompimento dos vasos celulares, para uma maior exposição das células à ação das moendas ou ao desfibramento;
- c) da produção de uma massa fibrosa, densa e homogênea, diminuindo espaços vazios nas esteiras, aumentando-se assim a capacidade de extração (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

Segundo Andrade e Castro (2006), as vantagens da etapa de preparo da cana no desempenho do processo são: aumento do rendimento da usina; regularidade de alimentação das moendas; redução do consumo de energia; homogeneização do teor de fibras nas canas; redução do desgaste e quebra das moendas.

Os equipamentos necessários para preparação da cana são: picador e desfibrador.

#### 2.1.2.1 Picador

O picador é constituído por um ou dois jogos de facas (dois conjuntos em sequência) que prepara a cana a ser enviada ao desfibrador. É um equipamento rotativo de facas oscilantes, que opera a uma velocidade periférica de 60m/s, e tem por finalidade aumentar a densidade da cana, cortando-a em pedaços menores. A figura 4 mostra a vista interna de um picador de seis eixos e dez facas por eixo (LIMA; FERRARESI, 2006).

São geralmente usados picadores de facas do tipo niveladoras (regulariza e uniformiza a carga de cana) e cortadoras (reduz a massa heterogênea de cana em massa uniforme e homogênea) (GROFF; MEZAROBA; MENEGUETTI, 2010).

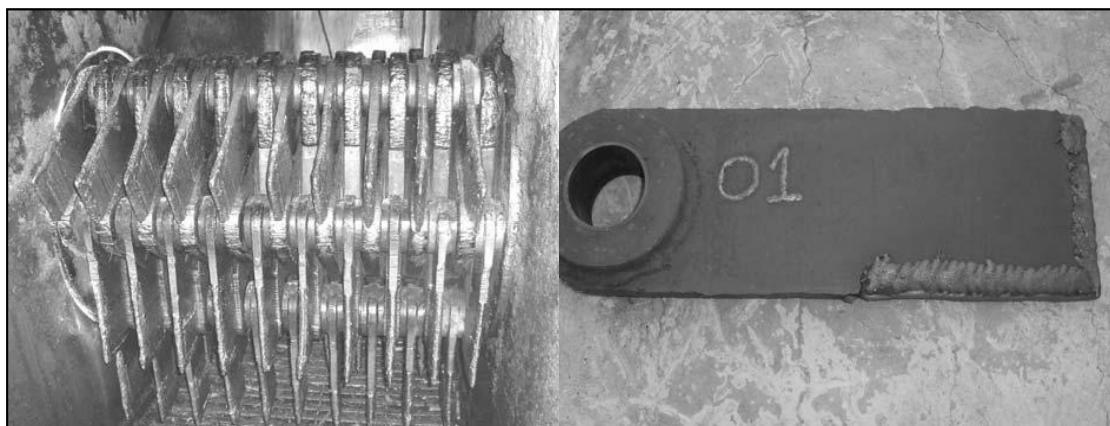


Figura 4 - Vista Interna do Picador e Detalhe de Uma Faca Picadora.  
Fonte: LIMA; FERRARESI, 2006.

### 2.1.2.2 Desfibrador

O desfibrador é formado por um tambor alimentador que compacta a cana à sua entrada. Em seguida, um rotor constituído por um conjunto de martelos oscilantes que, ao girar em sentido contrário à esteira com velocidade periférica de 60 a 90m/s, força a passagem da cana por uma pequena abertura (um cm) ao longo de uma placa desfibradora. O objetivo do desfibrador é abrir a célula da cana para aumentar a eficiência da extração do caldo no estágio seguinte, as moendas. Para isso, possui maior número de ferramentas (martelos), gira em maior velocidade e possuem uma maior área de contato com a cana (LIMA; FERRARESI, 2006).

A cana picada é alimentada no equipamento pela parte superior e é descarregada triturada pela parte inferior (GROFF; MEZAROBA; MENEGUETTI, 2010).

A figura 5 mostra detalhes internos de um desfibrador de oito eixos e dez martelos por eixo. A vista é do lado posterior do desfibrador (saída da cana) (LIMA; FERRARESI, 2006).



Figura 5 - Vista Interna do Desfibrador e Detalhe de Um Martelo Desgastado.  
Fonte: LIMA; FERRARESI, 2006.

As facas picadoras, seguidas pelos martelos desfibradores, são as primeiras ferramentas a entrarem em contato com a cana-de-açúcar durante a preparação desta para a extração do caldo. Têm a função de cortar e desfibrar as células para possibilitar a maior eficiência na extração da sacarose nas moendas (LIMA; FERRARESI, 2010).

Com a utilização de facas e desfibradores, tem-se as seguintes vantagens:

- a) aumento da eficiência das moendas;
- b) aumento da densidade do colchão de cana, o que representa aumento da capacidade pela diminuição de espaços vazios a serem processados;
- c) permite a utilização de menores pressões hidráulicas, uma vez que o caldo está exposto pelo rompimento das células;
- d) contribui para uma melhor homogeneização do colchão de cana;
- e) ocasiona a melhoria das condições absortivas do bagaço em função da diminuição do tamanho das fibras e, consequentemente, do aumento da superfície de absorção;
- f) permite um menor desgaste das moendas;
- g) permite aumentar a velocidade das moendas e
- h) uniformiza a fibra (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

### **2.1.3 Moagem de Cana**

Segundo Payne (1989) apud Silva (2007), a moagem é fundamentalmente um processo de separação de materiais, sendo a parte sólida constituída pela fibra da cana e a líquida pelo caldo. Esta separação ocorre em um conjunto de ternos de moendas denominado de tandem, onde o caldo é expelido da fibra através de aplicação de pressão. Cada tandem é composto normalmente por seis ou sete ternos de moendas, cada terno possui de três a cinco rolos que contam com um rolo de pressão ou alimentação, um rolo de entrada, um de saída e um rolo superior, dispostos de maneira a formar aberturas entre si, sendo que três rolos giram no sentido horário e apenas um no sentido anti-horário (ver detalhe nas figuras 6 e 7).

Cada conjunto de rolos de moenda, montados numa estrutura denominada "castelo", constitui um terno de moenda (LIMA; FERRARESI, 2006).

Rolo de pressão encontra-se na parte superior do terno logo acima do rolo inferior de entrada. Sua função é compactar a camada de cana, permitindo uma melhor alimentação do terno. Rolo superior está localizado na parte superior do castelo, entre o rolo de entrada e o rolo de saída, gira no sentido anti-horário. É o rolo que tem maior contato com a cana e é também o responsável pelo acionamento do conjunto, que se dá através de rodetes. Rolos inferiores cada terno de moenda

possui dois rolos (entrada e saída), sendo que o de entrada tem a função de fazer uma pequena extração e direcionar a cana na direção da abertura de saída, onde se dá a maior parte da extração (Treinamento Industrial, Atualização Técnica, 2008).

As moendas convencionais constituídas de três rolos (ternos), dispostos em triângulo, de modo que a fibra seja comprimida duas vezes: entre o rolo superior (móvel) e o de entrada (fixo), e entre o rolo superior e o de saída (fixo) (HAMERSKI, 2009). Os cilindros inferiores trabalham rigidamente em suas posições, enquanto o superior trabalha sob o controle de uma pressão hidráulica (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

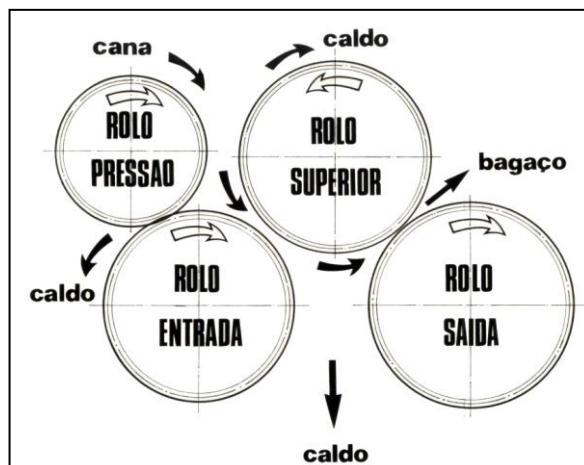


Figura 6 - Esquema Simplificado da Moenda de Quatro Rolos.

Fonte: Treinamento Industrial, Atualização Técnica, 2008.



Figura 7 - Vista das Moendas em Operação e em Manutenção.

Fonte: LIMA; FERRARESI, 2006.

Um terno de moendas é constituído das seguintes partes: base metálica; castelo: são as estruturas que sustentam os cilindros esmagadores, sendo assentado cada um na sua base metálica, construídos de ferro ou aço fundido; mancais: são peças destinadas a suportarem os eixos das moendas, são construídas em bronze e assentadas nas fendas dos castelos; cilindros ou rolos: são constituídos de eixo de aço especial revestido centralmente por camisas frisadas de ferro fundido; pentes: têm por função manter limpos os frisos das camisas dos cilindros, após o esmagamento; bagaceira: localizada entre os dois cilindros inferiores e sob o cilindro superior, tem por função manter limpos os frisos do cilindro inferior e facilitar a condução da cana parcialmente esmagada para o segundo esmagamento que ocorre entre o cilindro inferior e superior. As moendas são acionadas por turbinas a vapor, acopladas a redutores para movimentar o rolo superior a uma velocidade de cinco a sete rpm (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

A moagem é um processo que visa extrair o caldo contido na cana já desfibrada, ao fazê-la passar entre dois rolos submetidos à determinada pressão e rotação. Um objetivo secundário da moagem, porém importantíssimo, é a produção de um bagaço final em condições de propiciar uma queima rápida nas caldeiras (LIMA; FERRARESI, 2006). O bagaço final, saindo numa umidade em torno de 50%, segue para as caldeiras onde se produz vapor, que será consumido em todo o processamento e no acionamento das próprias moendas (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

A eficiência de um terno de moenda, bem como a capacidade de processamento da cana, está diretamente relacionada com a conservação de suas dimensões originais de projeto, diâmetro externo e perfil dos frisos. Porém, o processo de moagem, provocado principalmente pelas impurezas provenientes da matéria-prima, tende a apresentar um desgaste excessivo (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

O desgaste acentuado dessas ferramentas se deve à elevada velocidade de impacto com a cana, na presença de elementos agressivos como areia, pedaços de madeira, raízes, pedras e ferro que são coletados durante o processo de carregamento. Além disso, acredita-se que fatores como a variedade da cana, a abrasividade do solo de cultivo, o método de colheita (manual ou mecanizada), a qualidade da lavagem da cana, dentre outros, possam ter influência relevante no volume de perda de massa das ferramentas (LIMA; FERRARESI, 2010).

Segundo Prisco (1993) apud Lima; Ferraresi (2006), desgastes em rolos de moendas durante o trabalho de moagem de cana, provocam paradas de máquinas e, como consequência, perda de produção e elevados custos para as usinas de açúcar e etanol. Tais desgastes acontecem através de abrasão do bagaço e corrosão pelo caldo de cana sobre o rolo.

Durante essas paradas, toda a produção é interrompida por um período de oito a doze horas, ocasionando uma significativa redução da eficiência na extração da sacarose, além do envolvimento de profissionais, materiais, ferramentas, equipamentos e consumíveis para a recuperação das ferramentas. Essas ferramentas são recuperadas por soldagem pela aplicação de revestimentos duros, utilizando-se diferentes processos, técnicas e consumíveis para a reposição do metal desgastado em serviço (LIMA; FERRARESI, 2010).

Os bons resultados da moenda ficam facilitados quando além da conservação das dimensões dos rolos e consequentemente de suas regulagens, a moenda tem tração. Se os frisos estiverem lisos, sem pequenos picotes, a moenda não “puxa”. Para ajudar a garantir a tração na moenda utilizamos outro tipo de aplicação no período de operação que é o chapisco esta aplicação tem duas finalidades: como é uma solda em forma de grãos, ajuda na “pega” da moenda e também protege o rolo para não lastrar. Portanto, um bom chapisco é essencial. Chapiscar a moenda apresenta um custo considerável de mão de obra e de eletrodos (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

Com o intuito de amenizar este desgaste, desenvolveu-se ao longo do tempo, ligas especiais para aplicação de solda de revestimento nos perfis dos frisos. Inicialmente as aplicações eram realizadas manualmente, com eletrodos revestidos, mas atualmente, já é possível aplicar tal solda de maneira automatizada, através de arames tubulares (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

## 2.2 SOLDA

Solda é um termo genérico aplicado à união de peças metálicas, por diversos processos, tendo como princípio transformar as superfícies de união em estado

pastoso ou líquido, utilizando calor ou pressão, ou ambos os sistemas simultaneamente (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA – ITSEMAP DO BRASIL).

De acordo com Burgess (1997) apud Scholl (2008), solda é um processo de ligação de metais no qual a coalescência é produzida pelo aquecimento do metal a uma temperatura adequada.

A solda é uma das atividades geradoras de riscos ambientais, embora se tenha indícios de que foi inventada na Grécia antiga ainda antes de Cristo, sabe-se que o uso em escala industrial começou a ter importância apenas a partir de 1900 (SCHOLL, 2008).

O progresso alcançado no campo da soldagem, bem como o desenvolvimento de processos e tecnologias avançadas nos últimos anos, é de tal ordem que todo aquele que não possuir uma mentalidade aberta, capaz de assimilar novas ideias, será ultrapassado e incapacitado para o atual ritmo do progresso industrial (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

### **2.2.1 Solda de Chapisco/Pulverização**

Como dito anteriormente na unidade de preparo da moagem da cana (recebimento, corte, desfibração) o desgaste é de natureza mecânica, enquanto na moagem ocorre também o desgaste corrosivo, devido à acidez do caldo.

Chapisco é uma pulverização feita através de soldagem que permite um melhor arraste da cana devido ao seu atrito, aliado a compressão com a mesma (figuras 8 e 9). Este processo é na maioria das vezes executados com a moenda em funcionamento (figura 10), ou seja, com o caldo caindo sobre a solda o que o torna a condição de soldagem muito desfavorável (SEVERO et al., 2011).



Figura 8 - Rolo de Moenda sem Chapisco.

Fonte: POLIDORO; SERRA, 2012.



Figura 9 - Visual do Chapisco Aplicado e em Trabalho.

Fonte: SANTOS, 2009.

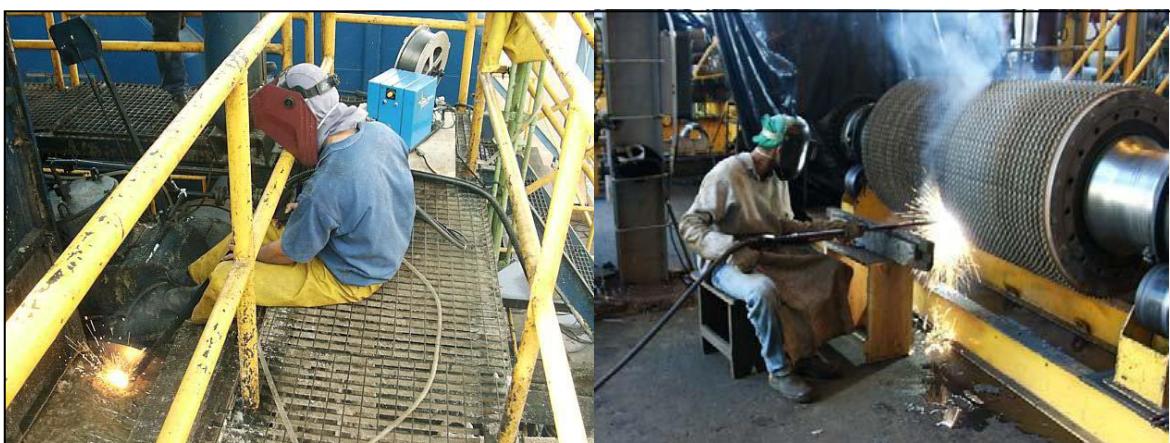


Figura 10 - Aplicação Moendo e Aplicação Fora da Moenda.

Fonte: SANTOS, 2009.

Tal procedimento é bastante utilizado no setor, não se espera a peça sair do trabalho após o desgaste total (figura 10); durante o trabalho, faz-se o revestimento por solda, evitando a parada do equipamento, aumentando a durabilidade e a sua vida útil. Aplicação de revestimento nas moendas com o equipamento em operação se dá através de eletrodos à base de carboneto de cromo e ferro e carbonetos complexos. O eletrodo é capaz de operar no meio do caldo com grande estabilidade, fazendo um depósito em forma de “spray”, que aumenta a rugosidade da superfície e proporciona uma maior “pega” do bagaço. A consequência é uma maior produtividade do processo de moagem e vida útil da moenda. Essas técnicas permitem que as moendas trabalhem por toda a safra (PRISCO, 1993; SANTOS et al., 2005 apud LIMA; FERRARESI, 2006).

Os revestimentos duros são empregados com a finalidade de reduzir o desgaste por abrasão, erosão, impacto, etc. Usualmente são aplicados pelos processos de soldagem a arco elétrico, eletrodos revestidos, arames tubulares (CONDE, 1986 apud LIMA; FERRARESI, 2006).

A soldagem com eletrodos revestidos é definida como um processo de soldagem com arco, onde a união é produzida pelo calor do arco criado entre um eletrodo revestido e a peça a soldar. Ele tem como característica principal ser extremamente versátil. Esta versatilidade, associada com o baixo custo do equipamento e dos consumíveis, lhe conferiu uma vasta gama de utilizações na indústria, para efetuar o revestimento em peças que foram danificadas pela corrosão, ou para prevenir o desgaste pela utilização tais como: dentes de trator, rolos de moenda na indústria açucareira, rodas de trem, etc. (CDT/UnB, 2006). O processo de soldagem com eletrodo revestido é, ainda, muito utilizado na aplicação de revestimentos duros pelo setor sucroalcooleiro (LIMA; FERRARESI, 2006).

O chapisco de moenda com arame tubular é um conceito bem diferente do conhecido eletrodo revestido, pois trabalha com energia muito mais elevada proporcionando uma pulverização mais eficiente com maior aproveitamento do consumível. Estudos realizados mostraram que o chapisco feito com eletrodo revestido tem um aproveitamento efetivo de material de 30%, enquanto o aproveitamento do arame tubular sobe para 50%. Outra vantagem é o tempo de aplicação que pode ser de três a cinco horas dependendo do tamanho da camisa e número de frisos (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

Para estes fins foram criados os equipamentos de aplicação automatizados, que são cabeçotes que tracionam os arames, automatizando o processo (SEVERO et al., 2011).

Como resultado prático este processo tem apresentado excelentes resultados tais como: redução da mão de obra, maior tempo de durabilidade, menor consumo de material por tonelada de cana e em alguns casos aumento na taxa de extração (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

## **2.2.2 Processos de Aplicação (Manual e Automático)**

### **2.2.2.1 Processo Eletrodo Revestido - Manual**

*Soldagem conforme definição da American Welding Society- AWS é o processo de união de materiais usado para obter coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição (FORTES, 2005).*

A soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido Shielded Metal Arc Welding (SMAW), também conhecido como soldagem manual a arco elétrico, é o mais largamente empregado dos vários processos de soldagem. A soldagem é realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho. O calor produzido pelo arco funde o metal de base, a alma do eletrodo e o revestimento (figura 11). Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento. A escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação. Outras funções do revestimento são proporcionar estabilidade ao arco e controlar a forma do cordão de solda. Na solda de chapisco essa aplicação é feita com a camisa horizontal utilizando o mesmo dispositivo da solda no topo do friso (figura 12) (FORTES, 2005).

A soldagem é iniciada através de um rápido curto-círcito entre o eletrodo e a peça formando o arco elétrico com um calor de aproximadamente 3.500 °C, devendo para tanto que a peça seja "tocada" com a ponta do eletrodo, derretendo o metal de base formando uma cavidade na peça, fundindo a extremidade do eletrodo. Parte desta extremidade fundida passa através do arco e vai sendo depositado na cavidade formada, fundindo-se com o metal da mesma (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

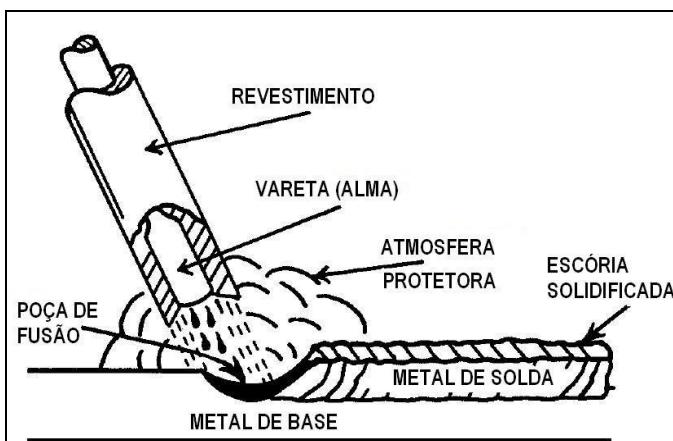


Figura 11 - Ilustração Soldagem Manual.  
Fonte: FORTES, 2005.



Figura 12 - Solda Manual de Chapisco com Camisa na Horizontal.  
Fonte: DOMINGUITE FILHO et al., 2008.

### 2.2.2.2 Processo Arame Tubular - Automático

O arame tubular é definido segundo Santos (2010), como um eletrodo contínuo de seção reta tubular, contendo elementos desoxidantes, formadores de escória e estabilizadores de arco na forma de um fluxo (pó).

Na soldagem ao arco elétrico com gás de proteção Gas Metal Arc Welding (GMAW), também conhecida como soldagem MIG - Metal Inert Gas e MAG - Metal Active Gas (MIG/MAG), um arco elétrico é estabelecido entre a peça e um consumível na forma de arame. O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado à poça de fusão, o gás (ou mistura de gases). O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo executa o isolamento entre os gases presentes na atmosfera e o metal no momento da fusão (figura 13) (FORTES, 2005b).

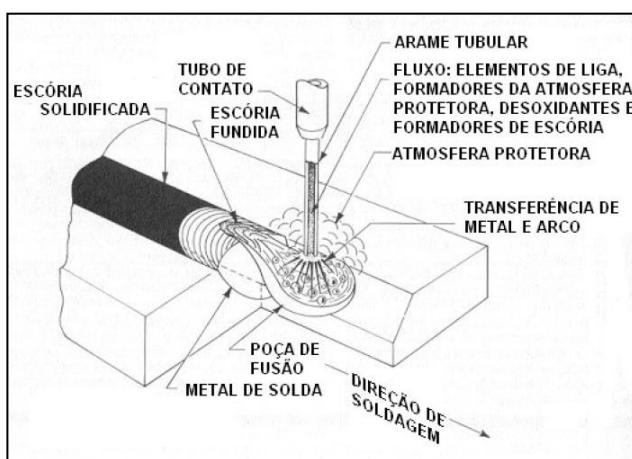


Figura 13 - Ilustração Solda Automatizada.  
Fonte: FORTES, 2004.

O processo de soldagem por arame tubular tem duas variantes, podendo ser protegido por gás inerte, por gás ativo ou por uma mistura destes, podendo ainda ser autoprotegido, ou seja, sem a utilização de gases de proteção (TIBURI, 2006).

O processo GMAW é também frequentemente chamado de processo MIG. O termo solda MIG refere-se estritamente ao processo GMAW quando se utiliza os gases inertes como proteção, normalmente argônio ou hélio, e que não tem nenhuma reação química com a poça de fusão (TIBURI, 2006), mas geralmente usado independente do gás de proteção (RETEC/BA, 2006). Quando a proteção

gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que reage com a poça de fusão, normalmente CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono, misturas Ar/CO<sub>2</sub>, Ar/O<sub>2</sub>, etc. o processo é conhecido como Metal Active Gas (MAG) (TIBURI, 2006).

Os gases utilizados para evitar a contaminação da poça de fusão são: argônio (Ar), hélio (He) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Misturas com pequenas quantidades de oxigênio (O<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e hidrogênio (H<sub>2</sub>) provaram ser benéficas em algumas aplicações (SANTOS, 2010).

O processo de soldagem GMAW é o mais utilizado em aplicações com robótica (TIBURI, 2006).

Em solda MIG o arco elétrico é estabelecido entre o eletrodo consumível (arame) e a peça a ser soldada. A corrente de solda é alimentada via bico de contato na tocha. A tocha é conectada ao pólo positivo da fonte de corrente contínua. O eletrodo (arame) é alimentado continuamente pelo cabeçote de alimentação, então se funde no arco e é transferido para a poça de fusão em forma de gotas (RETEC/BA, 2006).

É um processo de soldagem que utiliza consumíveis na forma de arame e gases inertes ou ativos como forma de proteção da poça de fusão (SANTOS, 2010).

O gás de proteção é suprido através de um bocal próprio, concêntrico ao bico de contato protegendo o arame, o arco e a poça de fusão dos efeitos nocivos do ar atmosférico. Além desta função de proteção, o gás afeta também a fusão do arame, assim como as em forma de gotas maiores ou menores (RETEC/BA, 2006).

Uma das características básicas deste processo, em relação aos outros processos de soldagem manuais, é sua alta produtividade. De um modo geral, pode-se dizer que as principais vantagens da soldagem MIG/MAG são: alta taxa de deposição do metal de solda, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis, não existência de fluxos de soldagem e, consequentemente, ausência de operações de remoção de escória e exigência de menor habilidade do soldador, quando comparada à soldagem com eletrodos revestidos (TIBURI, 2006). A soldagem pode ser executada em todas as posições, tempo total de execução de soldas reduz cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido, altas velocidades de soldagem, menos distorção das peças, largas aberturas preenchidas ou amanteigadas facilmente, tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes, não há perdas de pontas como no eletrodo revestido (FORTES, 2005b). O grande custo e uma maior necessidade de manutenção deste tipo de

equipamento em comparação com o equipamento de soldagem com eletrodos revestidos e menor variedade de consumíveis são algumas limitações deste processo (TIBURI, 2006).

O processo de soldagem empregando arames tubulares é chamado de Flux Cored Arc Welding (FCAW), na opinião de Starling; Modenesi e Borba (2009), este processo faz a união do processo GMAW com os benefícios dos elementos contidos no fluxo, resultando alto rendimento e melhor qualidade de acabamento.

## 2.3 A EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE DE CHAPISCO EM ROLOS DE MOENDA UTILIZANDO SOLDAGEM ROBOTIZADA

Atualmente a exigência de produção cada vez mais veloz com alta qualidade e baixos custos fazem com que a utilização de novas tecnologias seja a chave para o sucesso de uma empresa (TIBURI, 2006).

O processo de soldagem é extremamente utilizado na indústria metal-mecânica em geral, deste modo a sua automação fica em evidência no que diz respeito a sua competitividade. A utilização do processo de soldagem robotizada na indústria cresce a cada dia devido às exigências crescentes impostas pelo mercado no que diz respeito à competitividade, qualidade, rapidez, repetibilidade, segurança, adequação de custo e redução de preços (TIBURI, 2006).

Para se fazer o trabalho de pulverização em rolos de moenda através de um sistema automatizado é necessário uma preparação adequada dos rolos, recursos, equipamentos e soldadores com conhecimentos no processo MIG/MAG e arame tubular (SANTOS, 2009).

Sistema robótico completo para chapisco é totalmente automático, fundamenta-se no processo MIG/MAG que regula a velocidade de alimentação em função do consumo, permite trabalhar em condições severas e que é voltada integralmente às necessidades de chapisco das usinas de cana-de-açúcar (CASTOLIN EUTECTIC, 2009) (figura 14).

O processo MIG/MAG - Metal Inerte Gás/Metal Ativo Gás - pertence à classe das soldagens a arco elétrico onde o consumível é um eletrodo contínuo alimentado

por um alimentador de arame que regula a velocidade de alimentação em função do consumo (CASTOLIN EUTECTIC, 2009).

Um conjunto de equipamentos é utilizado para que o objetivo do uso desta tecnologia seja atingido. Pode-se dizer que o robô, a fonte de soldagem, a tocha e o sistema de fixação da peça são os principais elementos envolvidos. Através de um conjunto de comandos é possível realizar a programação do robô, o qual vai executar a soldagem. O domínio da tecnologia da soldagem é indispensável para se conseguir uma perfeita e eficaz automação deste processo, pois o robô por si só não sabe soldar e cabe ao programador “ensiná-lo” (TIBURI, 2006). O funcionamento ainda pode ser por meio do método de programação on-line onde é realizada a programação do robô para a execução dos cordões de solda que consiste em posicionar o robô no local desejado e posteriormente gravar o ponto. Tal procedimento é repetido para cada ponto do caminho, o qual será percorrido sucessivamente, até completar todo o programa. Antes da gravação do ponto, deve-se selecionar o tipo de movimento e velocidade desejados. Além dos comandos de posicionamento e movimentação, os programas possuem comandos de controle de soldagem e interface com o meio externo (TIBURI, 2006).

No processo automatizado por robô não ocorre interrupções no processo, todos os parâmetros são inseridos e o robô executa o trabalho. Os parâmetros de soldagem devem ser ajustados conforme especificação de cada usina, e de acordo com cada fabricante de arames (SEVERO et al., 2011).

A soldagem com o robô permite taxas de queima maiores, maiores velocidades de soldagem, maior retorno do investimento, proporcionam ótima aparência do depósito de solda (FORTES, 2004). Na soldagem automática o caminho do arco é automático e controlado pela velocidade de deslocamento do dispositivo. Normalmente a qualidade da solda é melhor e a velocidade de soldagem é maior (FORTES, 2005b).

Para o bom funcionamento e manutenção adequada do sistema robótico é recomendado que duas vezes ao ano, ou mais frequentemente se o ambiente for agressivo, seja feita uma limpeza com aplicação de ar comprimido. As manutenções são realizadas dependendo do desgaste da máquina, verificando engrenagens, roldanas, estado das conexões elétricas, de gás, bicos e espiral substituindo-as se necessário; caso haja algum problema de parada na máquina, é instalada uma reserva (CASTOLIN EUTETIC, 2009).



Figura 14 - Dispositivos para Aplicação Automática.  
Fonte: DOMINGUISTE FILHO et al., 2008.

## 2.4 SOLDADOR

Soldador é aquele profissional encarregado de executar a operação de soldagem, que consiste na ligação de peças metálicas através do uso de substância metálica e fusível. Esta profissão desperta especial interesse pelo elevado índice de acidentes devido a impacto sofrido. A literatura não menciona este fato como importante e evidencia o fumo da soldagem como maior fonte de problemas em soldagem. Nas bibliografias internacionais, pode-se notar uma preocupação muito grande com o ar que o soldador respira e a visão (GOLDMAN, 2002).

Segundo Torner (1991) apud Goldman (2002), as operações de soldagem envolvem poucas posições, movimentos lentos e estáticos. O maior risco enfrentado pelo soldador é devido a problemas músculoesqueléticos devido à grande estaticidade das atividades de soldagem e tempo prolongado que o mesmo permanece em uma mesma posição.

Riscos adicionais aparecem do processo. O arco de soldagem emite altos níveis de infravermelho visível e radiação ultravioleta (UV), calor também pode ser considerado um risco adicional. Partículas no ar também é um problema potencial, pois, podem afetar a integridade respiratória do soldador. Um ambiente de muito calor, ruídos e estresses tanto posturais quanto psicológico. Estes fatores, aos poucos, vão afetando a integridade física e imunológica, que acaba tendo uma expectativa de vida abaixo da média (GOLDMAN, 2002).

Percebe-se, de acordo com várias literaturas, que soldar é uma atividade que oferece um alto grau de riscos ao soldador (GOLDMAN, 2002) (figura 15).

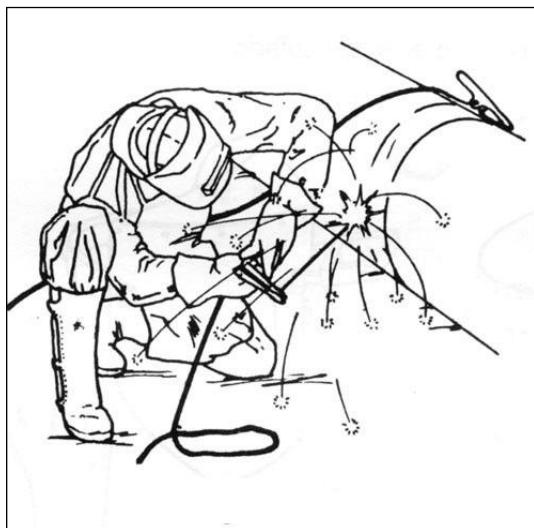


Figura 15 - Atividade de Solda.  
Fonte: OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.

## 2.5 RISCOS OCUPACIONAIS PARA O SOLDADOR NA ATIVIDADE DE SOLDA

Riscos ocupacionais são aqueles decorrentes da organização, dos procedimentos, dos equipamentos ou máquinas, dos processos, dos ambientes e das relações de trabalho, que podem comprometer a segurança e a saúde dos trabalhadores, dependendo da natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição. São classificados em cinco categorias: físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Os agentes ambientais que a higiene ocupacional tradicionalmente considera são os chamados agentes físicos, químicos e biológicos. Essa consideração pode ser ampliada, levando em conta outros fatores de estresse ocupacional, como aqueles considerados na ergonomia, por exemplo, (que também podem causar desconforto e doenças). É evidente que as duas disciplinas se interligam e sua interação deve ser sinergética, antes que antagônica (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

As operações de soldagem envolvem grande número de agentes que colocam em risco a saúde do trabalhador. Esses agentes poderão vir a causar várias doenças profissionais, tais como: fadiga, surdez profissional, estresse pelo calor, problemas de tontura, oftalmia por ultravioleta e intoxicações por produtos químicos (SESI; SENAI, 2011).

## 2.5.1 Riscos Físicos

Os riscos físicos são oriundos de agentes que atuam por transferência de energia sobre o organismo. Dependendo da quantidade e da velocidade de energia transferida, causarão maiores ou menores consequências para o trabalhador ou qualquer outra pessoa (GOLDMAN, 2002).

Os agentes classificados nesta categoria são: ruído, vibração, radiações ionizantes e não ionizantes, umidade, calor e frio (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

São considerados perigosos: os raios, a luminosidade, as altas temperaturas e os respingos lançados durante a soldagem (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

Vejamos a seguir os agentes significativos para a atividade de solda chapisco.

### 2.5.1.1 Exposição ao Ruído

Ruído é um conjunto de tons não coordenados. As frequências componentes não guardam relação harmônica entre si. São sons “não gratos”, que nos causam incômodo, desconforto. Um espectro de ruído industrial pode conter praticamente todas as frequências audíveis (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007). Ruído é qualquer sensação sonora considerada indesejável (GOLDMAN, 2002).

O ruído pode ocasionar danos, além da audição, outras funções e órgãos, tais como: sistema cardiovascular (hipertensão arterial sistêmica (pressão alta), alteração no ritmo cardíaco), sistema endócrino, sistema circulatório, digestório (aumento na secreção ácida do estômago, aumentando o surgimento de úlceras) e

reprodutor, alteração no equilíbrio, no sono (insônia), problemas psicológicos e sociais, além do mais evidente, que é a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008; CORDER, 2005). Excessivos níveis de ruído geram reações de irritabilidade, ansiedade e sensação de desconforto, tendo como consequência à perda da produtividade e qualidade do trabalho, em razão da dificuldade nas comunicações e erros na interpretação de mensagens (SESI; SENAI, 2011).

Efeitos auditivos variando de surdez temporária até a surdez permanente com danos irreversíveis ao sistema auditivo e consequente interferência na comunicação verbal. Efeitos não auditivos manifestando-se como fadiga, crises epiléticas, aborto, etc. (MENDES, 1999).

Com a exposição prolongada a fortes ruídos perde-se a capacidade de audição, que é irreversível. Primeiro deve-se usar a proteção ativa, e se não for possível diminuir o ruído a valores aceitáveis, deve-se usar também a proteção passiva (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

O ruído provocado pelos procedimentos de soldagem em geral, juntamente com os movimentos das máquinas, podem levar à hipoacusia (surdez) neurosensorial, inicialmente para sons de alta frequência (em torno de 4000 Hz) e posteriormente, para sons de frequências vizinhas (CORDER, 2005).

Oficinas e indústrias costumam serem lugares ruidosos e utilizar abafadores de acordo com a condição do local é importante. Uma máquina de solda sozinha pode até não ser ruidosa, mas se tiver mais de uma, o nível de ruído acaba indo para limites não recomendáveis à audição (DBC, 2012).

A introdução de um sistema robotizado reduz o nível de ruído e elimina a necessidade do trabalho manual e acidentes relacionados com as operações. Este é um caso onde a tecnologia diminuiu os acidentes de trabalho, aumentando a segurança dos trabalhadores e reduzindo consideravelmente os níveis de ruídos, não apenas no posto de trabalho, mas em toda a fábrica (GOLDMAN, 2002).

### 2.5.1.2 Exposição ao Calor

Calor é considerado uma situação de desconforto em função de elevada temperatura (GOLDMAN, 2002).

A temperatura ambiental mais a temperatura do procedimento de soldagem, adicionada à temperatura dos equipamentos de proteção individual devem ser consideradas. A temperatura pode provocar problemas dermatológicos como urticária e pruridos que são favorecidos pelo suor profuso, câimbras, fadiga, desidratação (CORDER, 2005) e hipertemia ou intermação, tontura, desfalecimento, queda da pressão arterial, distúrbios psiconeuróticos (MENDES, 1999). O calor pode produzir efeitos bem mais sérios como: golpe de calor (hipertermia ou choque térmico), exaustão pelo calor, prostração térmica pelo decréscimo do teor salino, enfermidades das glândulas sudoríparas e edema pelo calor. Devemos sempre procurar que o ambiente de trabalho seja o mais agradável possível, evitando assim nos períodos quentes problemas de saúde como cansaço, cefaleia, irritabilidade, náuseas, etc. (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Além disso, o calor pode ocasionar diminuição de rendimento, erros de percepção e raciocínio, esgotamento e prostração (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

### 2.5.1.3 Exposição a Radiações

Arcos elétricos emitem tanto raios ultravioletas quanto infravermelhos (FORTES, 2005b), sendo eles invisíveis e os mais nocivos (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

Os soldadores e as pessoas próximas ao local de soldagem podem queimar os olhos e a pele após breve exposição à radiação do arco elétrico. Longas exposições podem causar queimaduras graves na pele. Os olhos podem ser gravemente queimados tanto pelos raios ultravioletas quanto pelos infravermelhos. Respingos de solda quentes podem causar queimaduras dolorosas na pele e danos permanentes aos olhos (FORTES, 2005b). Os respingos são pequenas gotas de

metal fundido que saltam, no ato da soldagem, em todas as direções. Podem estar entre 100°C e 1700°C e seu diâmetro pode chegar a 6 mm (figura 16) (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

Cuidados com o EPI são essenciais, e a utilização deles é obrigatória e não opcional (DBC, 2012).



Figura 16 - Ilustração da Radiação e Respingos.  
Fonte: DBC, 2012.

#### **2.5.1.3.1 Radiação Não Ionizante**

Radiações não ionizantes é uma forma de energia que se propaga no espaço como ondas eletromagnéticas, que não possui a energia necessária para deslocar elétrons (GOLDMAN, 2002).

As radiações não ionizantes são parte do espectro eletromagnético que não são capazes, em sua maioria, de produzir ionização em sistemas biológicos do ser humano, mas pode, em exposições de curto ou longo prazo, produzir efeitos danosos à saúde, na capacidade de enxergar, na saúde corpórea e em algumas situações, efeitos drásticos, principalmente de origem ocupacional. Nas operações de solda a arco elétrico, muito comum em processos produtivos, encontrarmos uma fonte muito forte deste tipo de radiação eletromagnética, algumas até com efeitos mutagênicos no ser humano, por exemplo, o câncer de pele, nas situações de comprimento de ondas ao redor de 190 a 300 nanômetros. É muito comum encontrarmos nas empresas o uso de protetores contra este tipo de radiação (CORDER, 2005).

As medidas de proteção devido à radiação devem ser coletivas através do afastamento da fonte ou enclausuramento da mesma com anteparos tais como biombos sólidos, cabine de solda e outros; e medidas de proteção individual com a utilização dos EPI (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

#### 2.5.1.3.1.1 Radiações Infravermelhas

Todos os corpos aquecidos emitem radiação infravermelha, que é o chamado “calor radiante”. Assim como emitem, também recebem, havendo o que se chama de troca líquida radiante. O infravermelho, sendo uma radiação eletromagnética não ionizante, não necessita de um meio físico para se propagar. O ar é praticamente transparente à radiação infravermelha. As trocas por radiação entre o trabalhador e seu entorno, quando há fontes radiantes severas, serão as preponderantes no balanço térmico e podem corresponder a 60% ou mais das trocas totais (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

A radiação é muito pouco penetrante (alguns milímetros) e sua absorção causa basicamente o aquecimento superficial (pele). Todavia, a radiação também pode causar efeitos oculares, independentemente da questão do aquecimento do corpo inteiro nos estudos de calor. As fontes infravermelhas são os corpos aquecidos e incandescentes, chamas, arcos, material em fusão. A quantidade irradiada será tão maior quanto mais alta a temperatura da fonte e sua área de emissão (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

São radiações com comprimento de onda situadas entre 700 e 1400 nm. O raio infravermelho é responsável por danos como catarata (doença dos olhos, que escurece a visão), queimaduras na retina, olhos e pele, frequente dor de cabeça, vista cansada, etc. (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010). Em casos extremos, lesão da retina (MENDES, 1999).

A exposição excessiva ao infravermelho tem sido conhecida como causadora da “catarata do calor” (CORDER, 2005). Deve-se ressaltar que esse é um efeito crônico, que pode levar muitos anos para se desenvolver. Evidentemente, toda exposição não protegida a fontes infravermelhas significativas, por tempo prolongado, poderá produzir o mesmo efeito. Normalmente essas fontes não são

muito brilhantes (parte visível) e, portanto, não produzem aversão visual por ofuscamento. Dessa forma, as pessoas se expõem inadvertidamente em muitas atividades industriais, como na regulagem de chamas, maçaricos, soldagem, lâmpadas infravermelhas (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

#### 2.5.1.3.1.2 Radiações Ultravioletas

São radiações com comprimento de onda situadas entre 400 e 1000 nm. São agentes que originam ozônio, óxidos nitrosos e fosgênio nos procedimentos de soldagem (CORDER, 2005).

A radiação ultravioleta é muito pouco penetrante; dessa forma, seus efeitos serão sempre superficiais, envolvendo a pele e os olhos. Os efeitos agudos são, em geral, retardados de seis a doze horas, e essa é uma característica típica da radiação. Não existe sensação no momento da exposição e por isso doses elevadas podem ser recebidas sem qualquer advertência sensorial (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

Os processos de solda emitem radiação ultravioleta que estão classificadas como eritemáticas (eritema e queimaduras) que são as que possuem maiores riscos potenciais. A amperagem da solda também está intimamente ligada aos níveis de radiação ultravioleta, quanto maior a amperagem maior a radiação (SESI; SENAI, 2011).

As modalidades de maior emissão ultravioleta são as protegidas com o gás argônio (MIG, TIG, MAG) (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

A luz produzida pela solda MIG/MAG, produz muito raios ultravioletas (UV), que é extremamente brilhante. Se você olhar diretamente para o arco de solda, mesmo que seja por um curto período, pode provocar queimaduras na sua córnea, que é extremamente sensível a luzes brilhantes, tal como olhar diretamente a luz do sol, neve, reflexos brilhantes, etc.. A irradiação UV, proveniente de uma soldagem utilizando gás inerte, é inúmeras vezes mais forte do que soldando com gás ativo ou mistura (DBC, 2012).

Nos olhos, produz-se uma querato-conjuntivite (inflamação fotoquímica da córnea e da conjuntiva ocular), uma queimadura decorrente de uma intensidade

muito alta da radiação do arco ou excesso de raios ultravioletas gerados pela soldagem, surge logo após a exposição gerando vermelhidão, inchaço e lacrimejamento, muito dolorosa e granulosa, este fato é conhecido pelos sintomas de areia nos olhos, ou olho de arco entre os soldadores, também conhecida pelos oftalmologistas como "Radiação do Arco" (queimadura na córnea). Esse efeito é incapacitante, cedendo em um ou dois dias e não produzindo, em regra, nenhuma sequela (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

Algumas operações industriais emitem radiação não ionizante ultravioleta que podem causar alterações na pele, queimaduras graves com destruição das células (destruindo prematuramente a pele) podendo até levar a cânceres, lesões oculares (ataque severo ao globo ocular), podendo resultar em conjuntivite catarral, úlcera da córnea, e em outros órgãos (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008; OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010; SESI; SENAI, 2011).

#### 2.5.1.3.1.3 Radiações de Luz Visível

Abarca a região do espectro eletromagnético entre 400 nm a 780 nm. A luz direta do arco de solda produz intensidade excessiva que os mecanismos de proteção automática do olho não conseguem proteger. Outro problema da luz visível associado à Higiene Ocupacional é o ofuscamento, que causa desconforto, incômodo, perda da visibilidade e diminuição do desempenho causado por uma luminância do campo visual (CORDER, 2005).

A luz como agente físico pode produzir alguns riscos tais como: perda da acuidade visual, fadiga ocular, encadeamento devido a contrastes muito grandes no campo visual ou a brilhos excessivos da fonte luminosa. O perigo de dano na retina é máximo na zona de luz azul de 425-450 nm [...] (RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES, 2012).

#### 2.5.1.4 Umidade

A umidade também provoca danos à saúde, principalmente problemas respiratórios, genito-urinários, dermatoses e reumáticos, portanto deve-se fazer um estudo adequado para redução da umidade no local de trabalho (MENDES, 1999). Outros riscos que também estão relacionados à umidade são os curtos circuitos e choque elétrico (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Ocorre nas atividades ou operações em locais alagados ou encharcados, quando os pés e as vestimentas ficam umedecidos (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

#### 2.5.2. Riscos Químicos

São riscos causados pelas substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho, na condição de matéria-prima, produto intermediário, produto final ou como material auxiliar, os quais, em função das condições de utilização, poderão entrar em contato com o corpo humano, interagindo em ação localizada, como no caso de queimadura ou irritação da pele, ou em ação generalizada, quando for levado pelos fluidos internos, chegando aos diferentes órgãos e tecidos do organismo (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

Os agentes químicos, mais por sua dimensão físico-química que por sua característica individual, são classificados em gases, vapores e aerodispersóides (estes últimos são subdivididos ainda em poeiras, fumos, névoas, neblinas, fibras); podem-se entender os agentes químicos como todas as substâncias puras, compostos ou produtos (misturas) que podem entrar em contato com o organismo por uma multiplicidade de vias, expondo o trabalhador (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

Os agentes interagem com tecidos humanos, provocando alterações na sua estrutura e que podem penetrar no organismo pelo contato com a pele, ingestão e inalação (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008). Podem provocar lesões ou perturbações funcionais e

mentais, quando absorvidos pelo organismo em valores acima dos limites de tolerância, em função da concentração e tempo de exposição (GOLDMAN, 2002).

Normalmente, produtos químicos trazem problemas à saúde e à integridade física dos trabalhadores, a menos que sejam manuseados com cuidado (GOLDMAN, 2002).

Nas operações de soldagem de metais em geral, desprendem-se gases e vapores das peças em fusão, provenientes dos consumíveis utilizados, de substâncias presentes na superfície da peça, de materiais adicionados à solda para melhorar suas propriedades e gases utilizados como protetores da área onde os metais são fundidos. Quando em contato com o oxigênio do ar, após resfriamento e condensação, oxidam-se e formam os fumos de solda, que são constituídos por partículas de 0,005 a 2 micrometros de diâmetro. As partículas de 1 a 5 micrometros são retidas nos pulmões e, na soldagem, as partículas maiores de 1 micrometro não atingem 10% do total. Esta percentagem pode aumentar com a temperatura do processo, com a umidade relativa e a velocidade de deslocamento do ar, variando também com o procedimento de soldagem empregado (CORDER, 2005).

Gases irritantes de ação sobre os pulmões apresentam baixa solubilidade na água, podendo, portanto, alcançar os alvéolos pulmonares, onde produzirão a sua ação irritante intensa. Exemplos desse grupo: gases nitrosos (principalmente NO<sub>2</sub> e sua forma dímera N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Esses gases são produzidos no arco elétrico (solda elétrica), por combustão de nitratos (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

#### 2.5.2.1 Exposição a Fumos Metálicos

Fumos são partículas sólidas produzidas por condensação ou oxidação de vapores de substâncias sólidas em condições normais, como por exemplo: fumos de soldagem, fumos presentes em fundições, processos de spray metálico a quente (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

Para Torloni e Vieira (2003), fumos são aerodispersóides gerados termicamente, constituídos por partículas sólidas formadas por condensação de vapores, geralmente após volatilização de substância sólida fundida. A geração de fumos metálicos, normalmente é acompanhada de reação de oxidação do metal de

modo que as partículas são os óxidos metálicos (SCHOLL, 2008). Em todos os processos de soldagem durante a fusão dos materiais, ocorre o desprendimento de vapores e gases provenientes. Os vapores e gases oxidam rapidamente ao entrar em contato com o oxigênio do ar, formando os fumos metálicos (SANTOS, 2010). A composição dos fumos varia de acordo com o processo de soldagem, a composição química do material base, a composição química do material de adição, a intensidade do arco elétrico, a presença de gases de proteção, a composição química do fluxo e de substâncias aplicadas na superfície a ser soldada (SESI; SENAI, 2011).

O fumo é produzido durante a soldagem e é primariamente um aerossol formado pela condensação e oxidação de metal vaporizado. Ele pode também conter outros materiais, tais como componentes de fluxo ou metais sendo soldado, os quais são originalmente parte dos componentes de consumo da soldagem ou do metal sendo soldado. Esta mistura de gases no ar e partículas pode ser um risco para saúde, dependendo da composição e concentração do fumo e a duração da exposição (CHUNG et al., 1997 apud GOLDMAN, 2002).

Em 1984, Colacioppo considerou os fumos metálicos como o maior problema para a Saúde Ocupacional, dado o número de patologias possíveis, entre elas o desenvolvimento de câncer pulmonar, juntamente com a dificuldade do estabelecimento de um limite de tolerância.

Segundo Thornton (1994) apud Goldman (2002), as partículas do fumo de soldagem são um dos maiores causadores de risco para saúde dos soldadores. Estas partículas são provenientes do arco de gás formado durante o processo de soldagem. Durante o processo, estas partículas ficam concentradas na zona respiratória do soldador, fornecendo potencial perigo para a integridade respiratória do mesmo.

Percebe-se que os fumos de soldagem podem estar em duas formas: partículas e gases. O material particulado pode causar irritação e doenças pneumoconióticas, já os gases podem causar irritação e asfixia (COLACIOPPO, 1985 apud GOLDMAN, 2002).

Gomes (1984) apud Santos (2010) lista como constituintes dos fumos metálicos os seguintes elementos: cobre, cromo, alumínio, ferro, chumbo, magnésio, manganês, níquel, cádmio, sílica e silicatos, titânio, vanádio e zinco.

Os fumos metálicos irritantes pulmonares e tóxicos sistêmicos são: cádmio, cromo, manganês, níquel e zinco, e também os pneumoconiógenos: ferro e cobre (SESI; SENAI, 2011).

Segue detalhamento de cada um:

- Cobre: irritante das vias aéreas superiores, pele e mucosas, a inalação prolongada causa perfuração do septo nasal e febre dos fumos metálicos. Pode ocorrer hemólise de hemácias, lesões hepática, pulmonar e pancreática.
- Cromo: cromo hexavalente provoca lesões na pele, úlcera e perfuração do septo nasal, enfisema pulmonar, bronquite semelhante aos efeitos causados pela exposição ao ferro (siderose). Na soldagem o risco maior é o surgimento de câncer de pulmão.
- Alumínio: tem sido relacionada com doença fibrosa do pulmão e bronquite.
- Ferro: é o principal componente dos fumos de soldagem, provoca o aparecimento de nódulos e condensações nos pulmões, enfisema pulmonar e bronquite.
- Chumbo: o uso é mais frequente na indústria eletroeletrônica, existem chapas de aço que são revestidas de chumbo. O chumbo participa de ligas com bronze e latão, após absorção fixa-se nos glóbulos vermelhos do sangue, atinge o sistema ósseo provocando alterações na formação do sangue. A absorção é maior pela via respiratória, mas também ingressa no organismo via aparelho digestivo e pele. Provoca redução na capacidade física, cansaço, alterações no sono, dores musculares e no abdômen, perda de peso, impotência e alterações ao sistema nervoso.
- Magnésio: existem relatos de que provoca transtornos gastrointestinais e febre de fumos metálicos.
- Manganês: junto com o ferro e o cobre são os componentes mais comuns dos eletrodos, causa pneumonite, bronquite crônica, e afeta o sistema nervoso central (depressão, psicoses) alterando as funções neuro-gástricas: há surgimento de vertigem, cefaleia, falta de apetite, cansaço, crises de excitabilidade, incoerência e verbosidade. A voz é monótona, lenta e irregular, a face é inexpressiva e os gestos são lentos e desordenados (alterações motoras, distúrbios da fala, deformações dos pés e mãos) surgem tremores, escrita é irregular, geralmente ilegível, o quadro é irreversível etc.

- Níquel: causa dermatite por sensibilização, câncer de pulmão e das fossas nasais, rinite, asma brônquica, conjuntivite. A ocorrência dos fumos do níquel é maior nas soldas com aço inoxidável e nas ligas contendo zinco.
- Cádmio: provoca quadros agudos e crônicos, na intoxicação aguda provoca pneumonite com grave dificuldade respiratória, cianose, edema pulmonar e morte em horas ou minutos. Na intoxicação crônica, além da pneumonite, provoca alterações graves nos rins, perda de dentes e de olfato, favorece o aparecimento de cálculos nos rins e altera o metabolismo nos ossos favorecendo o surgimento de fraturas. Causa febre dos fumos metálicos, existe suspeita de que provoca aumento na incidência de câncer no aparelho respiratório e urinário (próstata).
- Sílica: alguns eletrodos têm até 30% de sílica sob a forma de ferro-silicato. Os riscos são de silicose e doença pulmonar fibrosa irreversível.
- Titânio: está relacionado com a produção de doença fibrosa do pulmão.
- Vanádio: após curtas exposições a altas concentrações causa lacrimejamento, sensação de queimaduras nos olhos por ação nas conjuntivas oculares, rinite sero-sanguinolenta, tosse, dispneia, traqueites e bronquite. Pode ocorrer ainda seborreia e eczema. Exposições crônicas causam doença pulmonar obstrutiva crônica, com enfisema.
- Zinco: o cloreto de zinco é cáustico podendo queimar olhos e mãos, os fumos provocam febre dos fumos metálicos. Pode gerar também desarranjo intestinal sem danos permanentes sérios. Não tem efeito cumulativo.

Uma doença bastante conhecida entre soldadores trata-se de uma reação do organismo diante da exposição a certos fumos metálicos, principalmente zinco, magnésio, níquel, cádmio e cobre. O quadro constitui-se de febre que começa de quatro a doze horas após a exposição e se acompanha de gosto metálico ou alterações do sabor de gostos familiares, como por exemplo, fumaça de cigarro. Após há ocorrência de secura e irritação na garganta, tosse e falta de ar, acompanhadas de fadiga e dores musculares. A temperatura pode atingir 40°C. O quadro dura algumas horas e surgiem nos trabalhadores que não tiverem contato prévio com os fumos metálicos, ou quando retornam à exposição após alguns dias de afastamento ou de férias. Esta patologia seria causada pelo contato de partículas pequenas de metais (em torno de 1,0 micrometro) com glóbulos brancos do sangue,

liberando substâncias responsáveis pela elevação da temperatura. Os quadros são geralmente confundidos com quadros gripais (CORDER, 2005).

De acordo com Turci (1994) os fumos de solda representam um sério risco à saúde dos soldadores, diversos são os prejuízos: inflamação do sistema respiratório, febre dos fumos metálicos, rinite, asma, intoxicação, gastrite, dispneia, anemia, nefrite crônica, aumento da densidade dos ossos e ligamentos, bronquite crônica, edema pulmonar, enfisema pulmonar, pneumonia, fibrose pulmonar, distúrbios no sistema nervoso central, câncer de pulmão, distúrbios no sistema reprodutivo, distúrbios visuais entre outros. O risco se agrava de acordo com o tipo de processo e de metal, ou seja, suas propriedades químicas e físicas dependem dos componentes formadores. Os fumos de soldagem afetam não só os soldadores, mas também os trabalhadores que dividem o mesmo ambiente de trabalho. Os fumos de soldagem podem causar dores de cabeça, irritação nos olhos, tonturas e estresse e deixar os trabalhadores inebriados, fatores que podem contribuir para a ocorrência de acidentes de trabalho (GOLDMAN, 2002).

Para diminuírem-se os riscos de exposição aos fumos e gases de soldagem ao mínimo possível, em primeiro lugar é necessário informar aos operários sobre os riscos associados às substâncias tóxicas emitidas durante o processo de soldagem, e a partir daí atuar no sentido de se estabelecer estratégicas eficientes para o seu controle. Para limitar a exposição do soldador aos fumos e gases têm-se três medidas: administrativas, individuais e técnicas (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Em alguns casos, somente com o emprego de uma ventilação adequada (GAREIS, 1994) pode-se garantir a segurança durante a soldagem elétrica, através de uma ventilação geral (circulação natural ou forçada) ou através de uma ventilação local que captura os fumos e gases no ponto de geração. Caso não seja possível employar ventilação geral ou exaustão local, ou caso a mesma seja insuficiente deve-se utilizar a proteção respiratória.

Fumos e gases podem prejudicar a saúde, portanto durante a atividade de solda deve-se manter a cabeça longe dos fumos, não respirar os fumos e os gases causados pelo arco elétrico e certificar de manter uma ventilação suficiente (FORTES, 2005b).

Como se pode notar, as medidas de proteção ao soldador justificam-se por si mesmas, em virtude de inúmeros agentes de risco, que ameaçam a sua saúde e a

de outros trabalhadores circunvizinhos ao seu posto de trabalho (SESI; SENAI, 2011).

De acordo com Gorban (1990) apud Goldman (2002), em processos manuais e semi-automatizados de soldagem existe a possibilidade de diminuição de contaminação da zona respiratória do soldador, a qual é uma das maiores preocupações, devido aos fumos de soldagem, com substâncias de riscos, se a intensidade de sua formação for diminuída na zona do arco de soldagem. Mas para isto, são necessários mais dados sobre a emissão e a razão de formação das substâncias mais perigosas, tais como componentes sólidos e gasosos do aerossol de soldagem, com o devido relato do regime de soldagem usado e o diâmetro do eletroduto de soldagem.

#### 2.5.2.2 Exposição dos Gases e Vapores de Solda

A presença de gases e vapores no ambiente de trabalho, proveniente de processos industriais, tem causado sérios distúrbios à saúde dos trabalhadores, quer absorvidos pela pele ou inalados (SESI; SENAI, 2011).

A pele é o maior órgão do corpo humano e representa a barreira natural à penetração de agentes químicos, biológicos e raio ultravioleta; entretanto, quando determinado agente consegue romper esta barreira, poderá atingir a corrente sanguínea através dos vasos, na camada mais interna (derme) causando sérios problemas. O trato respiratório representa a principal via de penetração dos agentes químicos no organismo. O sistema respiratório consegue absorver e eliminar grande parte das substâncias tóxicas, quando estas estão em quantidades suportáveis, dentro da capacidade de absorção; quando, porém, as referidas substâncias ultrapassam certas dosagens, essas passam a ser depositadas em determinados órgãos causando patologias diversas (SESI; SENAI, 2011).

Burgess (1997) apud Scholl (2008) enfatiza que, durante as atividades de solda, além dos populares fumos metálicos, também podem estar sendo gerados como poluentes ambientais, uma variedade de gases e vapores, sendo os mais relevantes para a toxicologia ocupacional, o monóxido de carbono, o ozônio e o dióxido de nitrogênio. Alguns fatores determinantes da formação do tipo e

concentração destes poluentes são o tamanho da onda, a intensidade da radiação eletromagnética, o processo de soldagem e, obviamente, a composição dos gases inertes, varetas e metal-base utilizados na solda.

#### **2.5.2.2.1 Monóxido de Carbono**

O monóxido de carbono pode estar presente nos ambientes ocupacionais provenientes de diversas formas, sendo as principais oriundas de processos de combustão e processos como soldas (SESI; SENAI, 2011).

O monóxido de carbono é gerado nas atividades de solda por decomposição do CO<sub>2</sub>, quando este gás é utilizado como proteção para a solda e também pela queima de revestimento dos eletrodos que podem conter carbonatos em sua composição. Concentrações elevadas de dióxido de carbono no gás de solda conduzem a igual proporção na formação de monóxido de carbono no ambiente de trabalho (SCHOLL, 2008).

Apesar de sua elevada toxicidade o monóxido de carbono é inodoro, incolor e insípido, então o trabalhador pode não perceber sua presença e ao penetrar nas vias respiratórias combina com a hemoglobina formando a carboxihemoglobina podendo causar intoxicações crônicas e agudas, sendo os sintomas das crônicas: dores de cabeça, náuseas, vômitos e cansaços que são erroneamente atribuídos à ingestão de alimentos e outras causas, sendo que as intoxicações agudas provocam: vertigens, fraqueza muscular, distúrbios visuais, taquicardia, perturbações de comportamento, e até mesmo em casos extremos o coma e a morte (SESI; SENAI, 2011).

A afinidade do monóxido de carbono pela hemoglobina (pigmento vermelho do sangue que carrega o oxigênio) é cerca de 200-250 vezes maior que a do oxigênio, o que implica a rápida absorção do mesmo pelos pulmões. A inalação de grandes quantidades de monóxido de carbono produz a morte por síncope respiratória ou circulatória. A absorção deste gás e os sintomas resultantes dependerão da concentração do mesmo no ar inalado, do tempo de exposição no ambiente contaminado e da atividade do indivíduo exposto, ou melhor, do ritmo respiratório. A intoxicação crônica, no sentido de acúmulo de monóxido de carbono

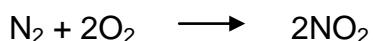
no organismo, não existe. A exposição constante ao monóxido de carbono não resulta em maior susceptibilidade do indivíduo a este gás, a não ser em casos de lesões cerebrais (SCHOLL, 2008).

#### **2.5.2.2.2 Ozônio**

É produzido pela radiação ultravioleta que reage com oxigênio do ar. Quanto ao processo de soldagem, quanto maior a intensidade de corrente maior a concentração de ozônio produzido. O odor de ozônio é doce e irritante para os olhos e membranas mucosas, quadro que provoca falta de ar, dor torácica, dor de cabeça, tosse com expectoração sanguinolenta e febre. Causa edema agudo de pulmão e pode ser fatal, quando ocorre exposição a altas concentrações ambientais (CORDER, 2005).

#### **2.5.2.2.3 Dióxido de Nitrogênio**

A formação deste gás no ambiente de trabalho se dá pelo aquecimento do nitrogênio atmosférico, normalmente em temperaturas acima de 600°C, de acordo com a reação:



Conforme Larini (1987) apud Scholl (2008), o gás é um irritante pulmonar e devido à sua baixa solubilidade é pouco absorvido nas porções superiores da via respiratória. Provoca lesões nas áreas periféricas do pulmão e se a exposição for a concentrações elevadas à morte pode ocorrer por edema pulmonar. É também uma substância metemoglobinizante, ou seja, transforma a hemoglobina em metemoglobina, incapaz de transportar oxigênio aos tecidos o que pode resultar na morte por asfixia.

As principais manifestações nas intoxicações agudas pelo dióxido de nitrogênio são: dispneia, semelhante a uma crise de asma, acessos de tosse, com expectoração espumosa, rosada ou amarelo rosada, que revela a existência de edema pulmonar. Com o decorrer do tempo aparecem outros sintomas, principalmente cardiovasculares: pulso irregular e rápido, alterações na coagulação sanguínea, etc. Ocorre a asfixia com cianose, suores frios, sede intensa, coma e morte por colapso cardíaco, em geral cerca de vinte e quatro horas após o envenenamento. Os enfermos que resistem à crise do edema sobrevivem habitualmente, porém, com complicações pulmonares como bronquite e broncopneumonia (SCHOLL, 2008).

#### **2.5.2.2.4 Dióxido de Carbono**

É formado pela decomposição do revestimento ou da alma dos eletrodos. Trata-se de um asfixiante simples, ou seja: quando aumenta a sua concentração no ambiente, cai a concentração do oxigênio, causando asfixia (dependendo da concentração) (CORDER, 2005). Sendo este gás inerte ele pode ocupar o lugar do oxigênio diminuindo também a taxa deste elemento essencial a vida humana. A concentração elevada de dióxido de carbono cria dificuldade em respirar (SESI; SENAI, 2011). Uma concentração de dióxido de carbono no ambiente superior a 3% causa dispneias (falta de ar) e uma concentração de 10% pode causar a morte (CORDER, 2005).

#### **2.5.2.2.5 Óxidos de Nitrogênio**

A alta temperatura existente no procedimento de soldagem provoca combinação de oxigênio e nitrogênio, formando os óxidos de nitrosos. São irritantes para as mucosas e podem provocar a morte por edema pulmonar ou por brônquio-alveolite obliterante. A reação pode surgir até trinta horas após o início da exposição.

O grande perigo destes gases consiste em que sua presença passa inadvertida até que surja a intoxicação (CORDER, 2005).

#### 2.5.2.3 Exposição a Poeiras e Partículas

As poeiras são formadas quando um material sólido é quebrado, moído ou triturado. Quanto menor a partícula, mais tempo ela ficará suspensa no ar, sendo maior a chance de ser inalada ("CARTILHA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA" DA EMPRESA 3M).

A ação direta da poeira gerada em determinados processos se traduz em fenômenos irritativos da pele, membranas e mucosas junto com manifestações alérgicas no sistema respiratório que poderão afetar principalmente os trabalhadores mais susceptíveis e agravar outras doenças do trato respiratório, àqueles já predispostos (SESI; SENAI. 2011).

Na execução dos trabalhos de soldagem, o trabalhador sempre está exposto a poeiras e partículas, devendo-se sempre manter o ambiente limpo de maneira a propiciar a menor emissão de poeiras possíveis. É fundamental a proteção ativa eliminando ou reduzindo a emissão dessas partículas no próprio equipamento e através de um encausuramento dos mesmos ou de uma boa ventilação, bem como uma proteção individual, não somente do soldador, mas de todas as pessoas que circulam próximo da área de serviço (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

#### 2.5.3 Riscos Ergonômicos

São os fatores que podem afetar a integridade física ou mental do trabalhador, proporcionando-lhe desconforto ou doença. São considerados riscos ergonômicos: esforços físicos, levantamento de pesos, posturas inadequadas, controle rígido de produtividade, situações de estresse, trabalhos em período noturno, jornadas de trabalho prolongadas, monotonia, trabalho repetitivo e imposição de rotina intensa (SOARES; CASANOVA; NACKE, 2005).

Referem-se à adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas e se relacionam à organização do trabalho, ao ambiente laboral e ao trabalhador (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Ministério da Saúde do Brasil (2001) [...] descreve que os fatores de adoecimento relacionados à organização do trabalho, em geral considerados nos riscos ergonômicos, podem ser identificados em diversas atividades.

Os fatores organizacionais são os relacionados ao ritmo de produção, ao processo de trabalho, às pausas e revezamentos, à distribuição de tarefas, à duração excessiva da jornada diária de trabalho e às instruções operacionais. Os fatores ambientais envolvem características espaciais e dinâmicas da tarefa e também as condições dos pisos, vias de circulação, iluminação, temperatura, ruído e poeiras, entre outras. Os fatores relacionados ao trabalhador envolvem três dimensões: pessoais, psicossociais e biomecânicos (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Os riscos ergonômicos decorrem do momento em que o ambiente de trabalho, não está adequado ao ser humano. A melhoria das condições de trabalho deve levar em consideração o bem estar físico e psicológico, estando ligados a fatores externos (ambiente) e internos (plano emocional). Em síntese, quando há disfunção entre o posto de trabalho e o indivíduo (GOLDMAN, 2002).

Os procedimentos mais usuais são a orientação ao trabalhador sobre práticas corretas do trabalho; lay-out melhorando as condições ambientais quanto a ruído, temperatura e iluminação; projetos de melhoria ergonômica; organização do trabalho com procedimentos que evitem o esforço desnecessário; revezamentos para não sobrecarregar um grupamento muscular; e pausas quando não possível adotar o revezamento (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

#### 2.5.3.1 Exigência de Postura Inadequada

Outro problema relativo à função do soldador evidenciado nas observações de campo é o estresse postural. Um soldador tem basicamente umas seis posições diferentes de trabalho, basicamente estáticas, com movimentos curtos, onde ele

pode passar de meia hora em uma determinada posição até o dia inteiro (TORNER et al., 1991 apud GOLDMAN, 2002)

Soldar é uma ocupação extenuante requerendo trabalho em posturas desajeitadas e manuseio de equipamentos pesados, geralmente com alto grau de tensão estática predominantemente sobre o músculo dos braços e ombros, essas tarefas altamente estáticas que os soldadores realizam podem influenciar na aparição de sintomas (GOLDMAN, 2002).

Os serviços de soldagem impõem condições e posturas críticas de trabalho, havendo a necessidade de se prevenir problemas como as fadigas, lombalgias, tenossinovites, tendinites, e outros (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Kadefors et al., (1976) apud Goldman (2002) relataram que a fadiga de músculo do supraspinatus é comum em trabalho prolongado de solda entre soldadores experientes. Estas atividades podem contribuir para o surgimento de lesões músculoesqueletais.

#### 2.5.3.2 Monotonia

É a reação do organismo a um ambiente uniforme, pobre em estímulos ou com pouca variação das excitações. Os sintomas mais indicativos da monotonia são uma sensação de fadiga, sonolência, aumento do tempo de reação, morosidade e uma diminuição da atenção. As operações repetitivas na indústria são condições propícias à monotonia (IIDA, 1990).

As experiências demonstram que as causas de monotonia são as atividades prolongadas e repetitivas de pouca dificuldade. Tem-se demonstrado nas observações realizadas na indústria que condições como: curta duração do ciclo de trabalho, períodos curtos de aprendizagem, atividades com baixa frequência de excitação e de grande exigência de atenção continuada e restrição dos movimentos corporais, locais mal iluminados, muito quentes, ruidoso e com isolamento social são condições agravantes da monotonia (IIDA, 1990).

Reforçando essas descrições anteriores, Leplat e Cuny (1977) afirmam que os fatores da monotonia provocam uma automatização dos comportamentos, com graves inconvenientes quando o trabalho se apresenta de forma rotineira e

repetitiva. A monotonia faz com que a informação não seja registrada no campo de trabalho, senão em determinados momentos privilegiados do ciclo. A repetição provoca aborrecimento, insatisfação e desânimo nos trabalhadores e caracteriza-se por nítida desafeição relativamente a estes postos, assim como por um elevado absenteísmo e turnover (rotatividade de pessoas).

Os órgãos dos sentidos são os mais sensíveis às mudanças nas excitações permanentes de nível constante. As variações de excitação estimulam as estruturas de ativação do cérebro, e excitações constantes não transmitem sinais aos órgãos que provocam ativação. Assim, dentro do sistema sensorial, as excitações constantes e regulares podem se comportar como se não houvesse novas excitações, porque o organismo se adapta ao nível das excitações constantes e só seria ativado novamente com a mudança de nível dessa excitação. É importante destacar que as tarefas repetitivas tendem a diminuir o nível de excitação do cérebro, refletindo-se numa diminuição geral das reações do organismo (IIDA, 1993).

#### 2.5.3.3 Controle Rígido de Produtividade

O entendimento das relações entre as características das tarefas e os tempos exigidos para o cumprimento das mesmas permite compreender a gênese de tensões e de desgaste mental. Mas as tensões variarão também conforme outros aspectos organizacionais. Por exemplo, quanto mais rígido o controle para que os modos e tempos prescritos pela direção sejam cumpridos, maior será a ansiedade gerada. A ansiedade será ainda maior, à medida que as tarefas envolvam necessidade de estar atento a riscos de acidentes. A ansiedade resultante deste conjunto de aspectos poderá ser agravada ainda por outros elementos ambientais (ruído, por exemplo) ou organizacionais (política de pessoal da empresa em que sejam estabelecidas sanções a quem não dá produção exigida). Quanto maior a duração da jornada, evidentemente maior a tensão associada ao cansaço e ao simultâneo temor de não conseguir atender às exigências de produção (RIBEIRO; FONSECA, 2006).

#### 2.5.3.4 Outras Situações Causadoras de Estresse Físico e/ou Psíquico

De acordo com a obra *O paciente [...] (2012)*, estresse é a soma das reações biológicas a qualquer estímulo adverso, seja físico, mental ou emocional, externo ou interno, que tende a perturbar a homeostasia do organismo, podendo a levar a manifestação de doenças; reações do organismo diante de situações agudas de ameaça ou de agressão, envolvendo os sistemas: neuroendócrino, cardiovascular, musculatura estriada, aparelho digestivo, entre outros. Sua noção está associada a uma linha importante de estudos epidemiológicos e multidisciplinares que fundamentam a associação entre situações de trabalho penosas, desgastantes, ameaçadoras, e o desenvolvimento de queixas e alterações psicopatológicas, caracterizando síndromes ansiosas, depressivas e psicossomáticas.

A exigência de maior produtividade, associada à redução contínua do contingente de trabalhadores, à pressão do tempo e ao aumento da complexidade das tarefas, além de expectativas irrealizáveis e as relações de trabalho tensas e precárias, constituem fatores psicossociais responsáveis por situações de estresse relacionado ao trabalho [...] (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2001).

O estresse como um desequilíbrio entre as demandas do trabalho e a capacidade de resposta dos trabalhadores. Obviamente, a maioria desses fatores está relacionada com o modo como se organiza a produção e de como as relações sociais, no interior do mundo do trabalho, se orientam para a participação ou exclusão dos trabalhadores nos processos de tomada de decisão (FERNANDES et al., 2006).

Condições de fadiga física patológica, trabalho muito pesado, trabalho em turnos, situações de conflito e de estresse, exigências de produtividade, controle excessivo e relações de trabalho despóticas podem desencadear quadros de dor epigástrica, regurgitação e aerofagia, diarreia e, mesmo, úlcera péptica. Fatores de risco de natureza ocupacional conhecido estresse psíquico; a invariabilidade da tarefa: monotonia fisiológica e/ou psicológica; as exigências cognitivas: causando um aumento de tensão muscular ou uma reação mais generalizada de estresse; a carga estática presente quando um membro é mantido numa posição que vai contra a gravidade: nesses casos, a atividade muscular não pode se reverter à zero (esforço estático). Três aspectos servem para caracterizar a presença de posturas

estáticas: a fixação postural observada, as tensões ligadas ao trabalho, sua organização e conteúdo. Em indivíduos estressados e tensos, a atividade muscular normal de repouso é mais elevada do que a média. Como consequência, a pressão entre os discos que separam as vértebras lombares seria também maior e, mais tarde, provavelmente, resultaria em patologias específicas da coluna [...] (O PACIENTE..., 2012).

Frente a situações ou circunstâncias mais estressantes ou de demanda mais elevada, os indivíduos, descompensam e têm dificuldade de manter as atividades da vida diária, o exercício de funções sociais e a capacidade de completar ou levar a cabo tarefas, além de ainda desencadear distúrbios da libido e do humor. Aqui, situações de estresse, comuns em ambientes de trabalho, podem incluir às condições de trabalho estressogênicas, como demandas e ritmos de trabalho excessivos; exposição ao ruído, entre outras produtoras de hipertensão arterial; as exigências cognitivas: causando um aumento de tensão muscular ou uma reação mais generalizada de estresse; como exemplos de fatores psicossociais podem ser citados: considerações relativas à carga, ao ritmo de trabalho e ao ambiente social e técnico do trabalho [...] (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2001).

Deve-se buscar a modificação dos fatores de organização do trabalho que contribuem para o aparecimento do estresse, como as pressões e demandas por maior produtividade, intensificação do trabalho e competitividade exacerbada na empresa [...] (O PACIENTE..., 2012).

#### 2.5.3.5 Iluminação

Iluminação forma de energia que pode ser natural (sol) ou artificial (outras fontes que geram luz) (GOLDMAN, 2002).

Embora as normas do Ministério do Trabalho não considerem como insalubridade a falta ou deficiência de iluminamento e sim como condição ergonômica, deve-se ter atenção especial neste item, mesmo porque desenvolver trabalhos em locais com baixo índice de iluminamento torna-se uma atividade insegura reduzindo a confiabilidade do serviço e a produtividade podendo inclusive criar riscos operacionais (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

A iluminação, ou seja, a luz visível, não é, a exemplo de outros parâmetros levantados em higiene ocupacional, propriamente um “agente agressivo” do ponto de vista de desencadeamento certo de doenças ocupacionais. Quando a iluminância está inadequada, e, na maioria das vezes, a inadequação se refere à deficiência da iluminação, poderemos perceber algumas consequências, tais como: maior fadiga visual e geral; maior risco de acidentes; menor produtividade/qualidade; ambiente psicologicamente negativo (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007).

#### **2.5.4 Riscos de Acidentes**

Nesta categoria, são classificados os agentes decorrentes das situações adversas nos ambientes e nos processos de trabalho que envolve arranjo físico, uso de máquinas, equipamentos e ferramentas, condições das vias de circulação, organização e asseio dos ambientes, métodos e práticas de trabalho, entre outros (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Com base na literatura revisada, os acidentes de trabalho podem ser provocados por quedas de peças, fagulhas, contato com peças aquecidas, contato com eletricidade. Um dos principais riscos é o do equipamento de soldagem, devido a choque elétrico. Relativamente altas voltagens são necessárias para o processo de soldagem e o soldador pode ter contato direto com 80 V AC rms, (113 V pico). Estas voltagens são excessivas e podem afetar a integridade física do soldador (GOLDMAN, 2002). Pode-se citar ainda o risco de morte proveniente a queda do soldador em rolos superiores que será detalhado logo mais.

As grandes exposições de fumos metálicos na área podem aumentar o risco de acidente durante a execução das atividades.

Eble (1995) apud Goldman (2002) constatou que com a utilização de um sistema de soldagem robotizado, diminui as potências de exposição ocupacional do soldador. O sistema pode ser utilizado em diversos processos de soldagem diminuindo desperdício, tempo de realização da soldagem. Um típico exemplo onde à automação diminui os riscos de acidente, pois diminui a exposição do soldador aos riscos do processo de soldagem.

#### 2.5.4.1 Riscos de Choque Elétrico

Os acidentes com choque elétrico é o risco mais imediato e sério a que o soldador está exposto e o uso dos EPI como botinas e luvas de proteção são indispensáveis. O choque pode ocorrer com a tensão secundária ou de entrada (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Choque elétrico pode ser fatal e deve ser evitado; instalações elétricas defeituosas, aterramento ineficiente assim como operação ou manutenção incorretas de um equipamento elétrico são fontes comuns de choque elétrico (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

A gravidade do choque elétrico depende do tipo de corrente envolvida (a corrente alternada é mais perigosa que a corrente contínua), do valor da tensão elétrica (quanto mais alta a tensão, maior o perigo) e das partes do corpo afetadas. A tensão em vazio das fontes de energia usada em soldagem pode provocar choque elétrico grave. Quando vários soldadores trabalham com arcos elétricos de diversas polaridades ou quando se usam várias máquinas de corrente alternada, as tensões em vazio das várias fontes de energia podem se somar; o valor resultante aumenta o risco de choque elétrico (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

#### 2.5.4.2 Outras Situações de Risco que Poderão Contribuir para Ocorrência de Acidentes - Risco de Morte devido a Queda

Uma das principais causas de morte de trabalhadores se deve a acidentes envolvendo quedas de pessoas. Os riscos de queda existem em vários ramos de atividades e em diversos tipos de tarefas. Faz-se necessário, portanto, uma intervenção nestas atuações de grave e eminente risco, regularizando o processo, de forma a tornar estes trabalhos seguros (LIMA, 2012).

Área onde existem inúmeros perigos físicos aos trabalhadores, as grandes moendas que extraem o caldo da cana, um dos perigos que pode causar riscos graves vem da realização de tarefas que não contam no procedimento, como a

manutenção com o equipamento funcionando (SIQUEIRA NETO; PASQUALETTO, 2006). Como exemplo tem-se a solda de chapisco, com risco de queda.

## 2.6 REGRAS DE SEGURANÇA RELATIVAS AO PESSOAL

### 2.6.1 Proteção Pessoal

Quando não existem tecnologias de proteção coletiva que controle a ação do agente agressivo, são utilizados equipamentos de proteção individual (DOMINGUITE FILHO et al., 2008).

O soldador é um profissional que utiliza uma vestimenta, que basicamente é a mesma para todos os soldadores, um conjunto de equipamento de proteção individual composto por luvas, botas, protetores auriculares, proteção para o tronco e elmo para a face (GOLDMAN, 2002).

Devido o soldador estar sujeito a itens agressivos como radiações ultravioletas e infravermelhas, queimaduras da pele provocada por arco elétrico ou por peças quentes, chamas, queimadura nos olhos provocada por radiação não ionizante, intoxicação provocada por fumos metálicos e choque elétrico, para sua proteção é indispensável à utilização de EPI completo indicado para o processo (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

A empresa deve fornecer aos trabalhadores, gratuitamente, os equipamentos de proteção individual com Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo órgão competente em Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego, conforme a Norma Regulamentadora NR-6 Equipamento de Proteção Individual - EPI.

Os EPI básicos, que protege o soldador e seu ajudante dos perigos específicos à operação de soldagem, compõem-se de: touca de solda, óculos de proteção contra impactos (lentes transparentes) sob a máscara de solda, lentes escuras filtrantes de tonalidade adequada, máscaras visor duplo para soldador com lente apropriada (em função da amperagem utilizada), abafador de ruído, proteção

respiratória contra fumos metálicos, avental em raspa de couro ou blusão em raspa de couro, mangotes em raspa de couro (quando necessário), luvas em raspa de couro punho longo, perneiras em raspa de couro e calçado de segurança com solado isolante, conforme o tipo de soldagem a ser feita (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA - ITSEMAP DO BRASIL, 2012). Abaixo ilustração (figura 17) do soldador com alguns EPI.



Figura 17 - EPI Recomendados para Soldadores.  
Fonte: DBC, 2012.

#### 2.6.1.1 Proteção da Cabeça

A touca é usada para proteger a cabeça de fagulhas ou de respingos (figura 18) (FORTES, 2005b).

Para proteção da cabeça usa-se capacete (figura 18), cuja finalidade é proteger, principalmente, nos casos de queda de objetos de lugares elevados (SINTRICOM, 2009). Quando fora do local da atividade de chapisco, mas dentro do perímetro industrial é necessário.



Figura 18 – Proteção para Cabeça: Touca de Segurança de Brim para Soldador e Capacete de Segurança.

Fonte: [www.facioliepi.com.br](http://www.facioliepi.com.br) e [www.lojanopcao.com.br](http://www.lojanopcao.com.br), 2012.

#### 2.6.1.2 Proteção dos Olhos e Face

Segundo Marine (1994) apud Goldman (2002) a proteção dos trabalhadores no ambiente de trabalho pode ser obtida pela utilização de proteção adequada dos olhos dos soldadores pôr óculos com filtros e elmo (proteção facial).

Os arcos elétricos de soldagem emitem raios ultravioletas e infravermelhos, exposições de longa duração podem provocar queimaduras graves e dolorosas da pele e danos permanentes na vista (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

A proteção para os olhos é um dos pontos mais importantes da prevenção de acidentes; eles devem ser protegidos contra impactos de estilhaço, fagulhas, respingos do metal fundente e as fagulhas próprias da solda (SINTRICOM, 2009).

Os problemas com visão podem causar tontura e dor de cabeça, além de diminuir a capacidade de realização de tarefas pelo soldador, pela sua menor acuidade visual e consequente redução da atenção. Estes fatores podem contribuir para a incidência de acidentes com os soldadores, principalmente quando estes estão fora de seus postos de trabalho (GOLDMAN, 2002).

### **2.6.1.2.1 Uso dos Óculos de Segurança**

Para se ter certeza de uma completa proteção para os olhos contra a radiação, fagulhas e os respingos sob ângulos quaisquer de incidência deve ser seguidas as precauções: cubra toda a pele e use óculos de segurança (FORTES, 2005b).

Qualquer pessoa dentro de uma área de soldagem, ou num raio de 25 m, deve estar adequadamente protegida, a irradiação de um arco elétrico tem grande alcance e partículas metálicas e respingos podem voar sobre distâncias relativamente grandes. Se o local não puder ser protegido, devem usar proteção para os olhos (figura 19) (FORTES, 2005b).

A utilização de óculos com nível de sombra compatível com a amperagem utilizada é recomendável, bem como o uso de vestimentas que recobre toda a pele evitando assim a absorção pela pele da radiação (SESI; SENAI, 2011).

Usar os óculos de segurança inclusive por baixo da máscara de soldar ou de qualquer protetor facial. Processos MIG, MAG requerem forte intensidade e produzem radiação de luz que são mais intensas do que os outros processos (GOLDMAN, 2002).



Figura 19 - Óculos de Segurança ton 5 e Incolor.  
Fonte: [www.artiseg.com.br](http://www.artiseg.com.br), 2012.

### **2.6.1.2.2 Uso da Máscara**

Máscaras e escudos manuais para solda são dispositivos protetores projetados para prover proteção aos olhos de um usuário, a face, orelhas e frente do pescoço contra radiação óptica e contra impactos (respingos de solda). São

protetores secundários e somente devem ser utilizados juntamente com óculos de proteção de segurança (figura 20). Máscaras de solda devem ser construídas com materiais resistentes a temperatura (CORDER, 2005).

É de uso específico em serviços de solda elétrica, contra radiação calórica e luminosa do arco voltaico produzido pela soldagem. As tonalidades de lentes filtrantes variam de acordo com a amperagem utilizada por ocasião da operação de solda (SINTRICOM, 2009).

Existem vários modelos de máscaras e a escolha deve ser feita de acordo com o tipo de trabalho a ser executado (figura 21). A utilização de uma "máscara de solda" é obrigatória e não opcional. Ela não serve somente para proteger o soldador de respingos inerentes à soldagem, mas sim e principalmente, da radiação do Arco/UV (DBC, 2012).



Figura 20 - Conjunto de Máscara de Solda, Óculos e Touca.  
Fonte: DBC, 2012.

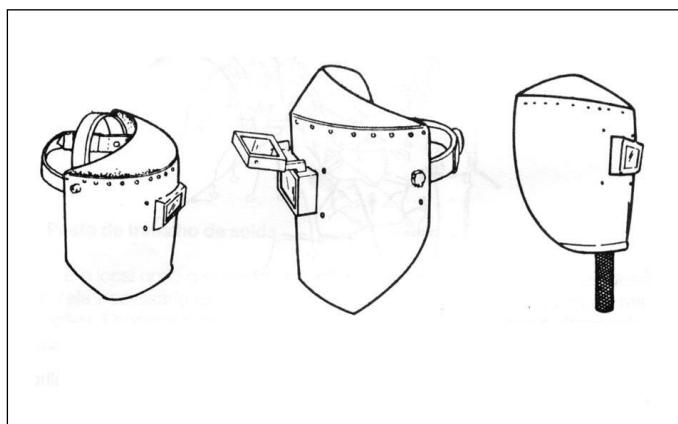


Figura 21 – Máscara com Visor Fixo, com Visor Basculante e Escudo Manual.  
Fonte: OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.

As máscaras possuem filtros de luz (vidros protetores), que devem absorver no mínimo 99,5% da radiação emitida nas soldagens (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

A tonalidade desses filtros que devem ser protegidos em ambos os lados por um vidro comum incolor deve ser selecionada de acordo com a intensidade da corrente, para que haja absorção dos raios emitidos (infravermelhos e ultravioletas). Intensidade da corrente filtro a ser utilizado: Até 200 àmpères Nº 10; Entre 200 e 400 àmperes Nº 12; Acima de 400 àmperes Nº 14. Se essa classificação for obedecida, a absorção dos raios infravermelhos e ultravioletas será de, no mínimo, 99,5% (OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010).

Para soldar, usar máscara com vidro ou dispositivo de opacidade adequado ao processo e à aplicação prevista, como regra geral, iniciar com uma opacidade alta demais para que se veja a zona do arco; reduzir então a opacidade que se tenha uma visão adequada da área de soldagem, sem problema para os olhos. Nunca abra o arco na presença de pessoas desprovidas de proteção. A exposição dos olhos à luminosidade do arco provoca sérios danos (CASTOLIN EUTECTIC, 2009).

A montagem dos vidros nas máscaras deve ser feita conforme mostra a figura 22.

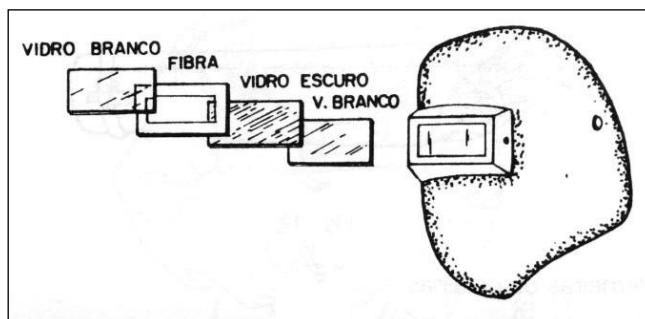


Figura 22 - Montagem de Vidros na Máscara de Solda.  
Fonte: OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.

#### 2.6.1.3 Proteção Auditiva

Serve para proteger o canal auditivo ao executar serviços com máquinas ou equipamentos que emitem som alto e prejudicial à saúde. É muito importante, pois além de funcionar como prevenção, também proporciona bem estar ao funcionário, evitando irritabilidade ou dores de cabeça (SINTRICOM, 2009).

Considerando-se as características e a tecnologia presentes no processo produtivo, o uso do protetor auditivo constitui uma medida de controle importante na prevenção das perdas auditivas induzidas pelo ruído, junto com outras ações que devem ser implementadas para o controle da exposição (MARMORARIAS: MANUAL DE REFERÊNCIA, 2008).

Cabe à empresa fornecer protetor auditivo a todos os trabalhadores expostos ao ruído; com opções de escolha de diferentes tipos que contemplem os aspectos de conforto e eficiência de atenuação, de maneira a proporcionar o compromisso de uso contínuo ao longo da jornada diária; fornecer locais adequados para guarda e higienização, isentos de poeira ou outros contaminantes; orientar os trabalhadores sobre a colocação de forma correta do protetor no ouvido, especialmente para o tipo de inserção e os cuidados sobre sua manipulação e higienização; orientar os trabalhadores sobre a importância do uso contínuo do protetor ao longo da jornada, ou seja, sempre que o trabalhador estiver exposto ao ruído; manter um controle médico efetivo sobre as perdas auditivas dos trabalhadores e sua evolução, por meio de Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional que prevê a realização de audiometrias periódicas; orientar os trabalhadores sobre os procedimentos e demais aspectos relacionados ao controle da exposição ao ruído. Cabe aos trabalhadores seguir as orientações e procedimentos fornecidos pela empresa e utilizar de forma correta o protetor auditivo de modo contínuo ao longo da jornada de trabalho (MARMORARIAS: MANUAL DE REFERÊNCIA, 2008).

Certas operações de soldagem produzem ruídos de intensidade elevada e, eventualmente, longa duração. Deve-se usar proteção para os ouvidos, não só onde houver ruído, mas também onde existir uma chance de que respingos ou fagulhas penetrem neles (FORTES, 2005b). O EPI mais indicado para utilização nas atividades de solda é o protetor auricular tipo plug (figura 23) tendo alguns cuidados específicos como: a higiene deve ser rigorosamente observada, não é indicado para pessoas com infecções no ouvido, necessita de cuidados na sua colocação ou retirada do ouvido para se evitarem irritações, tem a vantagem de ser menos incômodo quando usado com máscara, capacete, óculos e vestimentas protetoras, é mais tolerável em ambientes quentes (BIANCHI CONSULTORIA E TREINAMENTO, 2011).



Figura 23 - Protetor Auricular Tipo Plug Silicone.  
Fonte: [www.prismacomercial.com.br](http://www.prismacomercial.com.br), 2012.

#### 2.6.1.4 Proteção Respiratória

Impede que as vias respiratórias sejam veículos de gases ou outras substâncias nocivas ao organismo (SINTRICOM, 2009).

Como forma de proteção às partículas metálicas, os soldadores têm a disposição no mercado de respiradores do tipo peça facial filtrante (PFF), respiradores de solda com sistema de insuflação de ar e exaustores. Eficácia comprometida pelo tamanho e pela colocação, custo elevado e utilização limitada a postos de trabalho fixos (SANTOS, 2010).

Torloni (2002) apud Santos (2010) define para contaminantes aerossóis termicamente gerados (categoria a qual se enquadra os fumos metálicos), a utilização de filtro classe P2 (figura 24).

No que tange a proteção respiratória, esta deve ser a última solução, uma vez que o soldador já carrega pesado EPI na sua rotina diária, tais como protetor facial, luvas de raspa, aventais, perneiras, mangotes e botinas com biqueira de aço. O respirador contra gases e fumos, somente deve ser usado na impossibilidade de implantação do controle na fonte, neste caso elege-se o EPI. O EPI não deve simplesmente ser entregue para o trabalhador sem antes um trabalho de conscientização, onde o indivíduo deve ser informado de que deve ser ele o principal interessado na preservação da sua integridade física e mental. Para completa vedação contra os agentes, o trabalhador que utilizará o referido EPI, não deve apresentar barba a fazer ou deformações na face (BIANCHI CONSULTORIA E TREINAMENTO, 2011).



Figura 24 - Respirador PFF2 com Válvula Clique.  
Fonte: [www.magnuscomercial.com.br](http://www.magnuscomercial.com.br), 2012.

#### 2.6.1.5 Proteção do Tronco, Pele, Braços e Pernas

Proteger tronco, mãos, braços, pernas e pés também é essencial. Como durante a soldagem costuma "respingar" pequenos pedaços de metal incandescente, proteções tipo "raspa" são as mais indicadas. A radiação do arco elétrico e os respingos podem queimar a pele (FORTES, 2005b).

Devido à emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, arcos elétricos queimam a pele da mesma maneira que o sol, porém muito mais rapidamente e com maior intensidade (SENAC, 2009), devido a isso é necessário o uso do creme protetor contra radiações (figura 25). Os operadores, e em particular aqueles sensíveis à exposição ao sol podem sofrer queimaduras na pele após breve exposição a um arco elétrico (SINTRICOM, 2009). As luvas, avental, mangotess e perneiras são feitas de raspas de couro, todos esses equipamentos de proteção destinam-se a proteger o soldador contra: calor, respingos, radiação emitida pelo arco.



Figura 25 - Creme Protetor da Pele Contra Radiações UVA e UVB e de Arcos Elétricos de Solda, com Fator de Proteção Solar Nível 30.  
Fonte: [www.disomet.com.br](http://www.disomet.com.br), 2012.

#### **2.6.1.5.1 Uso de Vestimentas de Proteção**

São roupas de proteção como jaquetas, aventais (figuras 26 e 27) e perneiras resistentes ao calor. A exposição prolongada à intensa radiação do arco pode causar danos. Roupa de algodão ou similares constitui uma proteção inadequada, pois além de ser inflamável, ela pode se deteriorar em função da exposição às radiações dos arcos elétricos. É necessário usar roupas limpas, sem manchas de óleo, de graxa ou sujeira em excesso, pois podem inflamar-se devido ao calor do arco (FORTES, 2005b).

Não deixar nenhuma área de pele descoberta, não arregaçar as mangas da camisa ou do avental, usar calças sem bainha, manter os bolsos, mangas e colarinhos abotoados: fagulhas e respingos podem penetrar por tais aberturas e queimar pelos e/ou pele. Os bolsos não devem conter objetos ou produtos combustíveis tais como fósforos ou isqueiros (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

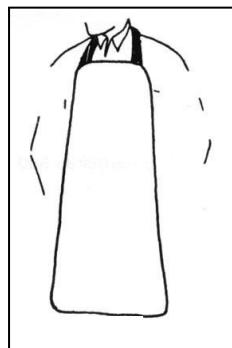


Figura 26 - Avental de Raspa de Couro Protege a Frente do Corpo.  
Fonte: OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.



Figura 27 - Avental em Raspa Simples, em Raspa Tipo Barbeiro e Casaco de Raspa Tipo Soldador.  
Fonte: [www.solostocks.com.br](http://www.solostocks.com.br); [www.peterepis.com.br](http://www.peterepis.com.br), 2012.

### **2.6.1.5.2 Proteção dos Membros Superiores**

Nos membros superiores situam-se as partes do corpo onde com maior frequência ocorrem lesões: nas mãos, braços e antebraços grande parte dessas lesões são preveníveis (SINTRICOM, 2009).

#### **2.6.1.5.2.1 Uso do Mangote**

Proteção dos braços e antebraços contra riscos de origem radiante da solda, mecânica, projeção de partículas incandescentes e superfícies aquecidas, para uso em soldagens e processos similares. Mangote de segurança é confeccionado em raspa, tiras e fivelas metálicas para ajustes ou velcro (figura 28) (SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2012).

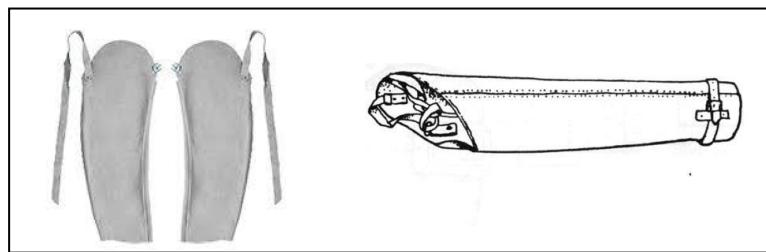


Figura 28 - Mangas ou Mangotes de Raspa de Couro Protegem os Braços.  
Fonte: [www.protesil.com.br](http://www.protesil.com.br), 2012. OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.

#### **2.6.1.5.2.2 Uso das Luvas**

As luvas evitam um contato direto com materiais cortantes, abrasivos, quentes ou corrosivos. São usadas geralmente luvas de raspa de couro (figura 29), para proteger dos respingos incandescentes, radiação do arco e da agressividade do calor (SINTRICOM, 2009; FORTES, 2005b).



Figura 29 - Luva de Raspa para Soldador Punho 20 cm.  
Fonte: [www.emporiadasferramentas.com.br](http://www.emporiadasferramentas.com.br), 2012.

#### **2.6.1.5.3 Proteção dos Membros Inferiores**

Devemos proteger os pés e pernas usando botinas de segurança e perneiras, quando o trabalho assim o exigir (SINTRICOM, 2009).

##### **2.6.1.5.3.1 Uso das Perneiras**

As perneiras (figura 30) são usadas para proteção das pernas, em serviços com soldagem para evitar respingos e fagulhas de solda (SINTRICOM, 2009).

De acordo com o risco, as perneiras cobrem só a perna ou podem chegar até a coxa (SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2012).



Figura 30 – Perneiras de Raspa de Couro Protegem as Pernas e os Pés do Soldador.  
Fonte: [www.solostocks.com.br](http://www.solostocks.com.br), 2012. OLIVEIRA; MENDONÇA, 2010.

#### 2.6.1.5.3.2 Uso de Calçados de Segurança

Botina de segurança (figura 31) protege o pé contra impacto, principalmente contra queda de objetos. Indicado para trabalhos em que é necessário ter firmeza ao pisar (SINTRICOM, 2009).

Para atividade de solda usar calçado de segurança cano longo e estreito, evitar sapatos baixos e folgados nos quais respingos e fagulhas quentes podem penetrar (FORTES, 2005b).

Bota de borracha em PVC (figura 31) para trabalhos em locais úmidos (SINTRICOM, 2009). Quando o trabalho é executado nos rolos de entrada, existe certa umidade, devido à grande quantidade de caldo, por isso é necessário o uso da bota de PVC.



Figura 31 – Proteção para os Pés: Botina de Segurança em Couro com Biqueira de Aço e Bota de PVC Forrada Branca Cano Longo.

Fonte: [www.bracolonline.com.br](http://www.bracolonline.com.br), 2012.

### 2.7 REGRAS DE SEGURANÇA RELATIVAS AO LOCAL DE TRABALHO

#### 2.7.1 Ventilação

A ventilação industrial evita a dispersão das substâncias tóxicas e inflamáveis e/ou promove a sua diluição, como também mantém e proporciona conforto térmico para os trabalhadores (SCHOLL, 2008).

O local de trabalho deve possuir ventilação adequada de forma a eliminar os gases, vapores e fumos usados e gerados pelos processos de soldagem e que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Em muitos casos, a ventilação natural é suficiente, mas certas aplicações podem requerer uma ventilação forçada, cabines com coifas de exaustão, filtros de respiração ou máscaras com suprimento individual de ar. O tipo e a importância da ventilação dependem de cada aplicação específica, do tamanho do local de trabalho, do número de trabalhadores presentes e da natureza dos materiais trabalhados e de adição (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA - ITSEMAP DO BRASIL, 2012).

Há a geração de uma série de riscos para a respiração do soldador exposto, tais como: gases nitrosos, poeiras em suspensão, fumos metálicos, etc., por esse motivo deve existir uma boa ventilação e exaustão. As operações de soldagem devem ser executadas em locais arejados e preferencialmente com ventilação local exaustora (figura 32) aspirando os fumos no seu ponto de formação e lançando-os fora do ambiente, ou ventilação geral diluidora insuflando ar fresco no sentido de afastar da zona respiratória do soldador os gases e fumos indesejáveis (CASTOLIN EUTECTIC, 2009).



Figura 32 - Exaustor Axial E50M4 Marca Ventisilva 110/220V.  
Fonte: [www.ventisilva.com.br](http://www.ventisilva.com.br), 2012.

## 2.7.2 Choque Elétrico

Para evitar choque elétrico acidental é necessário instalar o equipamento de acordo com as instruções do manual específico fornecido, aterrar todos os

equipamentos elétricos e seus acessórios (peça de trabalho) a um ponto seguro (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Os equipamentos devem estar em perfeitas condições de uso e serem de boa qualidade; as instalações, rede elétrica e o sistema de aterramento da máquina de solda inclusive de sua carenagem devem atender ao estabelecido nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA - ITSEMAP DO BRASIL, 2012).

Os cabos de entrada e soldagem e as conexões devem ser mantidos em boas condições, conexões elétricas inadequadas ou desgastadas, cabos desgastados, danificados ou desencapados podem causar curtos-circuitos e pode aumentar a probabilidade de choque elétrico (FORTES, 2005b). Assegurar-se de que todas as conexões elétricas estão bem apertadas, limpas e secas, conexões elétricas defeituosas podem aquecer e, eventualmente, derreter. Elas podem ainda ser a causa de más soldas e provocar arcos ou faíscas perigosas (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA - ITSEMAP DO BRASIL, 2012).

Ao manipular qualquer equipamento elétrico deve-se tomar um cuidado especial para não tocar em partes "vivas", isto é, que estão sob tensão. Verifique se a tocha está completamente isolada e se os cabos de solda estão em perfeitas condições, sem partes gasta, queimadas ou desfiadas (CASTOLIN EUTECTIC, 2009).

Quando utilizados devem ter tamanho e seção adequados a corrente e ao ciclo de trabalho e ser frequentemente inspecionados para que sejam detectados desgastes e possíveis danos e devem ser substituídos sempre que for necessário (GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA EM SOLDA - ITSEMAP DO BRASIL, 2012).

Para garantir bons contatos elétricos na peça soldada e nos terminais de saída da máquina, os terminais de saída, em particular aquele ao qual a peça soldada estiver ligada, devem ser mantidos em bom estado, sem partes quebradas ou isolação trincada. Certificar de que tudo se encontra isolado. Não deixar que mangueiras encostem em peças metálicas (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Na solda de campo, além das precauções normais, o soldador precisa estar atento aos danos provocados pela ação da corrente elétrica, evitando trabalhar em locais úmidos, ou usando calçados em más condições. Para evitar o choque, é aconselhável manter sempre secas e limpas as áreas de trabalho, os equipamentos

e as roupas, usar equipamentos de proteção individual (luvas, sapatos com sola de borracha) adequados e em bom estado. O soldador deve trabalhar em cima de um estrado ou plataforma isolante. Ao soldar, não usar quaisquer adornos, acessórios ou objetos corporais metálicos, contatos acidentais de tais objetos com algum circuito elétrico podem aquecê-los, derretê-los e provocar choque elétrico (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

### **2.7.3 Cuidados com a Solda Elétrica**

Sempre instalar e operar uma máquina de soldar de acordo com as orientações contidas no manual de instruções. Operar os equipamentos estritamente dentro das características anunciadas pelo fabricante, nunca sobrecarregá-los (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Alguns cuidados durante a operação de solda: os cabos deverão estar livres de rachaduras e áreas desgastadas; não deverá haver emendas dentro de 3 metros do cabo do eletrodo; as conexões dos cabos deverão ser resistentes do ponto de vista mecânico e não poderão estar danificadas, deverão ser feitas com conectores aprovados; o cabo do eletrodo não deverá ter rachaduras, deterioração nem queimaduras extensas; os isolamentos deverão estar em boas condições; os transformadores e retificadores deverão ser limpos regularmente, conforme orientação do fabricante; todos os dispositivos de aterramento deverão ser fortes do ponto de vista mecânico e resistente do ponto de vista elétrico; o cabo de aterramento deverá estar conectado o mais perto possível do eletrodo da soldagem; os interruptores de energia e o controle deverão funcionar bem e deverão estar devidamente isolados ou protegidos de alguma outra maneira; os cabos de conexão de corrente das unidades portáteis deverão estar devidamente conectados, as isolações e os pinos guia livres de danos mecânicos; as conexões elétricas fixas aos soldadores deverão estar devidamente seguras e aterradas; deverá ser verificado se a corrente de carga não aumentou mais que a capacidade da unidade ou cabos de eletrodos (uma pessoa qualificada deverá fazer esta verificação com amperímetro, pelo menos uma vez ao ano); os biombos, proteções, telas e outros dispositivos de isolamento devem ser de dimensões suficientes e estarem em boas condições para

proteger os demais equipamentos, durante os serviços; deverá ter um sistema de ventilação adequada para os serviços a serem realizados (FORTES, 2005b).

Nunca operar equipamentos defeituosos, conservá-los em perfeito estado de funcionamento, procedendo à manutenção preventiva periódica recomendada pelo fabricante e à manutenção corretiva sempre que necessário. Em particular, todos os dispositivos de segurança incorporados a um equipamento devem ser mantidos em boas condições de trabalho. Nunca usar uma máquina de soldar com parte do seu gabinete removida ou mesmo aberta, além de tal situação ser potencialmente perigosa para o soldador, à falta de refrigeração pode resultar danos a componentes internos. Sempre manter um equipamento de soldar afastado de fontes externas de calor (fornos, por exemplo) (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Máquinas de soldar não devem ser utilizadas em locais alagados ou poças de água: salvo quando projetados especialmente ou adequadamente protegidos (a critério do fabricante), máquinas de soldar não devem ser operadas em ambientes corrosivos ou que tenham matérias oleosas em suspensão, ou nas intempéries (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Se for necessário fazer manutenção da máquina no local de trabalho, colocar uma etiqueta de aviso na chave geral para evitar que ela venha a ser usada (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Depois de usar um equipamento de soldar, sempre desligá-lo e isolá-lo da sua linha de alimentação (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

#### 2.7.3.1 Campos Elétricos Magnéticos

As correntes elétricas utilizadas em soldagem criam tais campos em torno dos cabos de solda e dos equipamentos. Ademais certas máquinas de soldar geram e usam, para abrir o arco ou durante toda a operação de soldagem, um faiscamento do tipo "ruído branco" conhecido como "alta frequência" (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

Para minimizar os efeitos dos campos gerados pelas correntes elétricas de soldagem, manter os cabos de soldagem e de alimentação do equipamento tão

longe quanto possível do corpo, nunca se deve enrolar cabos de soldagem em torno do corpo (REGRAS PARA SEGURANÇA ESAB, 2004).

## 2.8 PREVENÇÃO DE RISCOS NA SOLDAGEM - TREINAMENTO

A soldagem deve ser executada por soldadores qualificados, treinados, e comprometidos com a boa técnica de segurança e higiene, fundamental para a preservação da saúde e da vida dos profissionais envolvidos. A maioria dos acidentes na soldagem decorre do desconhecimento (das regras de segurança, da eletricidade e dos perigos existentes, do processo de produção, dos materiais e equipamentos) e pela falta de utilização dos equipamentos de proteção coletiva e individual. É preciso conscientizar e orientar os trabalhadores para os trabalhos de soldagem quanto aos riscos que os mesmos poderão estar expostos (GOMES; RUPPENTHAL, 2002).

Alguns cuidados no início dos trabalhos conforme Nonnenmacher (2000) apud Gomes; Ruppenthal (2002) antes de começar qualquer operação de soldagem, deve-se fazer uma inspeção completa no local e nos equipamentos de soldagem, máquina de solda, conexões, cabos, eletrodos, outros. Observar todas as regras de segurança e operações.

Em todas as tarefas os cuidados com a limpeza e organização da área de trabalho são essenciais ainda mais quando se trata da atividade de solda, onde pode gerar riscos para as outras pessoas envolvidas ou que circulam na área de trabalho. Todos os equipamentos, ferramentas, materiais e utensílios devem estar sempre limpos, em perfeitas condições de uso e dispostos de forma organizada, conforme regras e procedimentos de segurança adotados, tais como: capacitação dos soldadores com cursos e treinamentos; sinalização do local; local adequado para materiais, equipamentos e rejeitos; revisão e manutenção dos equipamentos e instalações; organização de emergência, como primeiros socorros e proteção contra incêndios; proteção coletiva através de ventilação geral; proteção individual com a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI); melhorar o acesso a informação sobre higiene e segurança no trabalho.

## 2.9 PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS (PPRA)

### 2.9.1 Objetivo Geral do Programa

O PPRA tem como objetivos preservar a saúde e a integridade física dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação, o controle e monitoração dos agentes ambientais físicos, químicos e biológicos, nos ambientes de trabalho, considerando também a proteção do meio ambiente de trabalho e dos recursos naturais. É aplicado em todas as empresas com trabalhadores contratados pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), independente do tipo de atividade, risco ou número de trabalhadores, sendo seu cumprimento de responsabilidade do empregador (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008). São considerados riscos ambientais aqueles oriundos do processo produtivo, os agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho que em função da natureza, concentração e tempo de exposição são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Os riscos mecânicos e ergonômicos geralmente não fazem parte desse estudo, mas neste trabalho foi identificado. Aspectos ergonômicos foram avaliados pela percepção dos trabalhadores e observação dos profissionais quanto às condições gerais do ambiente: ritmo de trabalho, monotonia, posturas adotadas durante a tarefa e fadiga.

Ressaltando que o PPRA, descrito na NR-9, estabelece a avaliação dos riscos ambientais nos locais de trabalho, implantação de ações para a melhoria das situações encontradas. O PPRA subsidia o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Antecipar é trabalhar, com equipes de projeto, modificações ou ampliações, visando à detecção precoce de fatores de risco ligados a agentes ambientais e adotando opções de projeto que favoreçam sua eliminação ou controle. E controlar é adotar medidas de engenharia sobre as fontes e trajetória do agente, atuando sobre os equipamentos e realizando ações específicas de controle, intervir sobre operações, reorientando-as para procedimentos que possam eliminar ou reduzir a

exposição (FANTAZZINI; OSHIRO, 2007). Essa foi à proposta adotada, para eliminar/reduzir os riscos existentes na operação de chapisco, utilizando a robótica.

O objetivo principal do PPRA é eliminar ou minimizar a níveis compatíveis os riscos ambientais, com limites de tolerância da NR-15 da Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho ou com a da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), com intuito de atuar na qualidade de vida laboral, preservando a saúde do trabalhador. E é com esse mesmo objetivo que este estudo se concretiza. A avaliação dos riscos da atividade de solda chapisco manual em rolos de moenda da empresa estudada pode ser visualizado no Anexo A.

## 2.10 LAUDO TÉCNICO DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE TRABALHO (LTCAT)

O LTCAT é um laudo, elaborado com o intuito de se documentar os agentes nocivos existentes no ambiente de trabalho e concluir se estes podem gerar insalubridade para os trabalhadores eventualmente expostos. Somente é renovado caso sejam introduzidas modificações no ambiente de trabalho (BIANCHI CONSULTORIA E TREINAMENTO, 2011).

O LTCAT da empresa estudada pode ser ilustrado no Anexo B.

## 2.11 PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO E SAÚDE OCUPACIONAL (PCMSO)

O PCMSO, descrito na NR-7 tem por objetivo a promoção e preservação da saúde dos trabalhadores. É planejado e implantado com base nos riscos identificados nas avaliações previstas pelas normas regulamentadoras. Considera as questões incidentes sobre o indivíduo e a coletividade de trabalhadores, possuindo caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce de agravantes à saúde relacionada ao trabalho, além da constatação de casos de doenças

profissionais ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008).

Para o desenvolvimento do PCMSO é necessária à realização de exames médicos antes, durante e após o trabalhador iniciar suas atividades, a fim de detectar qualquer sinal ou sintoma precoce de uma ação dos agentes de riscos ocupacionais sobre o organismo, esses exames são: admissional, antes que o trabalhador inicie suas atividades; periódico, com finalidade de detectar preventivamente estados patogênicos que poderiam conduzir às enfermidades profissionais; de retorno ao trabalho; de mudança de função e demissional, sem ônus ao empregado. A cada exame médico realizado, o médico emiti o Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), em duas vias, uma entregue ao trabalhador e outra arquivada no prontuário do mesmo (MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: INDÚSTRIA DE CERÂMICA, 2009).

Para que um soldador trabalhe na aplicação de solda em moenda, obrigatoriamente o mesmo realiza uma bateria de exames que o tornam apto a exercer este tipo de atividade (DOMINGUITE FILHO et al., 2008). É importante salientar que a periodicidade dos exames depende das avaliações ambientais constantes no PPRA e da definição do coordenador do programa, que é o médico do trabalho. É recomendado programar exames audiométricos para o trabalhador exposto aos níveis superiores a 85 dB(A), neste sentido o soldador de chapisco se inclui na programação (conforme Anexo C).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi dividido em: explanação breve sobre processamento de uma usina de açúcar e etanol e seu primeiro estágio - moagem da cana, processo de soldagem chapisco, solda manual, automatizada, riscos associados ao trabalhador, equipamentos de proteção individual e demais regras de segurança, PPRA, LTCAT e PCMSO da empresa estudada.

As pesquisas quanto aos meios bibliográficos referem-se às buscas de informações em livros, artigos, teses, publicações, manuais e catálogos pertinentes aos temas de moagem de cana-de-açúcar, solda, solda de chapisco de rolos de moenda de cana-de-açúcar e eliminação de exposição a riscos ocupacionais. Basicamente foi realizada com base em sítios da internet e biblioteca da Universidade de São Paulo, entre os principais estão <http://www.scielo.br/>, a biblioteca da faculdade de minas da USP, portal de periódicos Capes, Anais de Encontro e Simpósio de Engenharia, SENAI, SESI, SENAC, ESAB entre outros.

As pesquisas investigativas foram realizadas em usinas de açúcar, etanol e energia do Estado de São Paulo, para se efetuar coleta de dados pertinentes a solda realizada manualmente e robotizada, buscando minimizar e eliminar a exposição de soldadores aos diversos riscos ocupacionais.

O estudo de campo realizado envolveu o levantamento de informações das atividades de solda; identificação dos riscos ambientais; avaliação das condições de trabalho; tipo de exposição, riscos na atividade, descrição e quantificação das medidas de controle existentes. Os estudos foram realizados visando obter subsídios para apresentar sugestões voltadas à redução/eliminação dos fatores de riscos e promoção da saúde dos trabalhadores.

Primeiramente, foi analisada a atividade de soldadores que realizam o chapisco, um tipo de solda especial em rolos de moendas, que esmagam a cana-de-açúcar, para consequente extração do caldo de cana. Esse chapisco é feito pensando no melhor aproveitamento de moagem, ou seja, maior extração de caldo por tonelada de cana passada nos ternos. Sua função é evitar que os rolos fiquem lisos, quanto mais rugosos, maior a extração. Logo depois, o levantamento dos riscos na atividade de solda de chapisco a que o trabalhador estava exposto,

ressaltando o risco de morte por esmagamento devido à queda entre os terno de moenda. Entre outras situações verificadas no posto de trabalho, pode-se ressaltar o calor, radiações e fumos e para tornar a tarefa menos crítica, uma sugestão é a automatização, onde não será necessária a exposição efetiva do trabalhador a tais riscos ocupacionais, minimizando seus efeitos. Juntamente com a avaliação na área, foi observado o PPRA da empresa estudada na função de soldador chapisco e seus níveis de exposição, o LTCAT e PCMSO com os respectivos exames e periodicidades, buscando constatar os riscos previstos e relacionados com seus limites de tolerância, com isso, reduzir e até eliminar tal situação.

Realizaram-se testes aprofundados comparando a aplicação de solda chapisco efetuada manualmente e aplicado por robôs em duas usinas de porte semelhantes durante a produção em safra, verificando eficiência, custos, rendimentos e principalmente a redução dos riscos para os soldadores dessa atividade.

Além de realizada uma simples avaliação dos agentes ambientais gerados nessa atividade, buscou demonstrar alternativa para substituição através da robotização eliminando os riscos graves e eminentes de morte e redução da geração desses agentes para garantia da saúde dos trabalhadores.

Neste contexto buscou-se alinhar custo/benefício à empresa e principalmente melhor qualidade de vida laboral aos trabalhadores, sendo que, esses trabalhadores poderão ser realocados ou capacitados para outras atividades de acordo com o perfil individual (cargos de liderança, operação de processo, funções administrativas, aprender a operar o robô e outras).

É dentro deste cenário, que este trabalho estende conhecimentos e melhorias nos ambientes das atividades e tarefas realizadas. Sendo os resultados detalhados a seguir.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RISCOS IDENTIFICADOS x AUTOMATIZAÇÃO

Como todos os rolos devem possuir certa rugosidade, para um aumento de eficiência do processo, cada dia é maior a imposição para concluir a pulverização dos rolos com o máximo de perfeição e em menor intervalo de tempo (controle rígido de produtividade), inclusive em épocas de chuva que a cana vem mais suja, o chapisco da moenda se desgasta rapidamente aumentando a necessidade de realização desse trabalho.

Neste contexto a atividade de solda de chapisco manual em rolos de moenda apresenta inúmeros riscos ocupacionais de grande relevância tais como: ruído, calor, exposição a fumos metálicos, gases e vapores, exigência de postura inadequada por longos períodos, monotonia gerando estresse físico e psicológico e, principalmente podendo gerar o risco de morte devido à queda do trabalhador, conforme citado no item 2.5 Riscos Ocupacionais para o Soldador na Atividade de Solda.

A solda de chapisco em rolos de moenda, quando realizada manualmente, necessita-se de diversas modificações na estrutura física do local de trabalho, visto que atualmente é executada com operador sentado em estrutura inadequada (nos rolos superiores, utiliza-se tábua), podendo esta vir a romper durante a atividade, ocasionando à queda do trabalhador sob os rolos devido a este fator ou a algum mal estar, sonolência, desequilíbrio ao posicionar-se para realização do trabalho, pois não existem dispositivos de proteção contra queda (cinto de segurança) e o guarda corpo apresenta espaçamento dos vãos, superior ao requisito legal, sendo o risco mais agravante até o momento - morte por queda em rolos de esmagamento de cana em processo operante (figura 33). Já nos rolos inferiores deve-se substituir a cadeira utilizada, pois não possui regulagem de altura ocasionando risco ergonômico devido ao fator homem em relação ao mobiliário (cadeira) utilizado, ou seja, esta deveria adaptar-se ao biótipo físico de cada indivíduo (figura 34), além disso, o fato de permanecer em posição estática torna a atividade monótona e repetitiva, levando

os trabalhadores a reclamarem do sono e dores lombares durante a execução do trabalho (figura 35).



Figura 33 - Estrutura Inadequada Demonstrativo do Risco de Queda e Morte durante a Operação.

Fonte: OLIVEIRA, 2010.



Figura 34 - Demonstrativo da Operação de Solda em Rolos Inferiores Utilizando Cadeira Inadequada.

Fonte: OLIVEIRA, 2010.

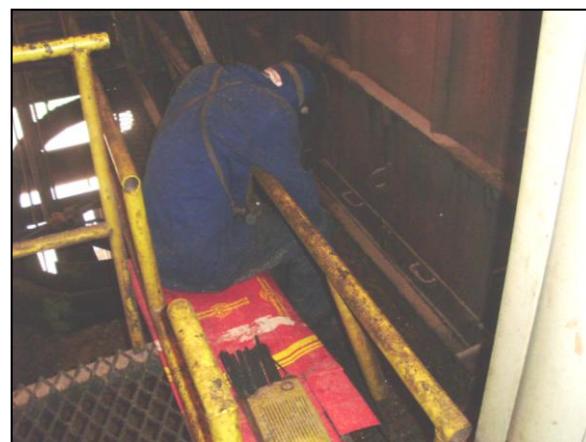


Figura 35 - Demonstrativo da Operação de Solda com Exigência de Postura Inadequada.

Fonte: OLIVEIRA, 2010.

Há uma tendência de atuação preventiva com ênfase nos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), que são essenciais como complementos de outras medidas organizacionais, de engenharia e de proteção coletiva, e não uma alternativa para substituir estas medidas. O ideal é antes de tudo atuar propriamente com medidas de engenharia, buscando reduzir os riscos na fonte geradora, e somente adotando o uso dos EPI quando todas as demais medidas estiverem esgotadas.

Antes de ingressar em uma discussão mais aprofundada dos resultados encontrados durante a avaliação quantitativa e qualitativa do PPRA (anexo A), é válido ressaltar que estes valores foram comparados com padrões ou limites de tolerância adequados. Os limites de tolerância são as concentrações de substâncias presentes nos ambientes de trabalho, sob os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta, dia após dia, durante toda a sua vida laborativa, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde e podem variar de uma empresa para outra considerando o mesmo tamanho de moenda.

Verificando dados registrados no PPRA a respeito ao ruído, valor medido na audiodosimetria 88,7 dB (A), visto que o limite de tolerância estabelecido pela NR 15 é de 85 dB (A), como o nível de decibéis ultrapassou o limite de tolerância, considerando uma situação inaceitável e seria registrada no documento, deve-se adotar uma medida de controle de ruído e exames audiométricos periódicos, definiu-se o uso de proteção auricular (EPI) e constante monitoramento da área e dos trabalhadores. Salientando que a adoção do EPI não significa eliminação do risco, pois mesmo estes sendo fornecidos de acordo com a especificação do fabricante e seu uso constantemente cobrado, podem ocorrer dos trabalhadores não utilizar corretamente ou deixar de utilizar em alguns momentos.

Quanto à avaliação da exposição aos aerodispersóides foi verificada uma concentração de 1,225 mg/m<sup>3</sup> de poeira total sob um limite de tolerância estabelecido pela ACGIH convertida para a jornada de trabalho brasileira de 8,8 mg/m<sup>3</sup> ficando a concentração de poeiras respirável e total abaixo do TWA da ACGIH. Já de poeira respirável nada foi encontrado. Em relação à avaliação de gases e vapores com o agente químico monóxido de carbono sendo a média aritmética das amostragens da concentração de 17,8 ppm, o agente químico apresentou concentração abaixo do limite de tolerância que é de 25 ppm o TWA da ACGIH, no período avaliado.

Avaliação de metais apresentou concentração abaixo do limite de tolerância estabelecido pela ACGIH e NR 15, portanto abaixo dos parâmetros legais. Alumínio: 0,0165 mg/m<sup>3</sup> sob limite de tolerância de 0,88; Cálcio: 0,0461 sob 4,4; Chumbo: 0,0008 sob 0,1; Cobre: 0,0009 sob 0,17; Cromo: 0,0440 sob 0,44; Ferro: 0,4059 limite 4,4; Manganês: 0,0321 limite 5; Níquel: 0,0020 limite 1,32; Titânio: 0,0012 limite 8,8.

Radiação ultravioleta não ultrapassou o TLV da ACGIH sendo de 022 µW/cm<sup>2</sup>.

Analizando as avaliações realizadas no PPRA observam-se diversos riscos relacionados à atividade de solda com eletrodo, sendo que a proposta apresentada neste trabalho reduz a exposição dos trabalhadores aos riscos identificados, portanto, com a automatização à exposição aos agentes vistos até o momento será inferior ou até mesmo nula em relação ao que ocorre na atividade manual de solda de chapisco.

Embora as literaturas pesquisadas citadas neste projeto apresentem os agentes de riscos (calor, umidade, alguns gases e vapores, alguns metais e radiações) na operação de solda, devido a grande variedade de materiais de aplicação utilizados, durante o período das avaliações para a elaboração do PPRA, estes itens elencados não foram contemplados, não sabendo ressaltar o real motivo.

Pensando nestes riscos e futuros problemas com indenizações, a avaliação se faz para a substituição do trabalho exercido manualmente com eletrodo, pela realizada através da solda elétrica MIG com arame tubular 2,8 mm executada por um robô programável.

Para que haja a substituição da atividade manual sem gerar problemas ao processo é necessária a instalação de dois robôs completos de duas tochas cada um, projetados para soldagem automatizada de chapisco, utilizando arames tubulares, nos rolos superiores de moendas em revezamento aos inferiores (necessário espaço para locomoção do robô). Os robôs são constituídos de dois conjuntos de longarina e carro inferior, uma máquina MIG, três Sugar Torsh (tochas, sendo uma de reserva), dois estabilizadores de corrente. Cada qual com suas especificações detalhadas: duas longarinas com 2600 mm para movimentação em moendas de até 84 polegadas; uma unidade de processamento que aciona e comanda os motores dos eixos X-Y com movimentos precisos e respostas rápidas através de sensores distribuídos pelo equipamento; um controle remoto Interface

Homem x Máquina (IHM) que constitui o módulo de programação do robô; uma micropistola com comprimentos de 200, 400 ou 500 mm; um conjunto de cabos de interligação com 25 metros de comprimento; um conjunto de ferramentas para troca rápida de bicos e lança; uma cruzeta suporte para os arames tubulares de 2,4 e 2,8mm; um conjunto de sobressalentes bicos e bocais. Os robôs são fornecidos pela empresa contratada em consignação para período de experiência e adaptação, porém a empresa contratante se compromete no consumo permanente, durante duas safras (aproximadamente 14 meses), do material de aplicação (arame tubular no diâmetro ( $\emptyset$ ) 2,8mm), além de ficar responsável pelo valor calculado no contrato de mão de obra terceirizada qualificada e treinada para operação, sendo esta mão de obra provida de três operadores de máquina (do qual um é o folguista) e um supervisor com visitas feitas quinzenalmente. Ambos inspecionam e supervisionam a operação/programação, paradas do processo e o bom funcionamento dos equipamentos de chapisco, exceto o supervisor, os demais atuam no período das 07h00-16h00 de segunda a sábado, observando 1h00 para almoço (estes trabalhadores são funcionários da empresa contratada). Esta implantação substitui o trabalho, nesta operação, de seis soldadores de chapisco que trabalham de segunda a sábado das 06h20 às 15h00, sendo esses transferidos para outras atividades e setores da empresa. É importante salientar que em caso de paradas dos equipamentos por quebra ou falta de operador a prestadora se obriga a repor dentro de um período de até vinte e quatro horas.

Após instalação dos robôs, realiza o posicionamento das tochas antes do início da operação, elementos responsáveis pela condução da corrente elétrica, do arame consumível e do gás de proteção. É muito importante, que o comprimento da tocha seja proporcional ao tamanho do robô utilizado, pois um comprimento demasiadamente grande pode oferecer riscos de se prender em dispositivos e impede a passagem do arame com maior facilidade pelo conduíte, já um comprimento demasiadamente pequeno impede que o robô execute movimentos, limitando a sua movimentação, logo após, estes são programados pelos operadores, com auxílio da interface homem máquina (IHM) utilizando informações do dia a dia da indústria, como a tonelagem de cana moída, o índice de terra, condição dos rolos e através da central de processamento do robô, o sistema calcula automaticamente o tempo de aplicação, intervalo e demais parâmetros, tais como: distância entre os passos, número de passos, distância de segurança, ligando e desligando, de acordo

com o horário pré-estabelecido na execução do chapisco. O robô possui ainda sensores que permitem a compensação correta da qualidade de chapisco em cada rolo, o que aumenta a vida útil e também a economia do arame.

O treinamento para garantir melhor desempenho é fornecido pela empresa prestadora de serviços por seis horas/mês consolidado no contrato.

A seguir a composição do robô para chapisco (figura 36).

Legenda:

- 1) Estrutura
- 2) Carro de deslocamento.
- 3) Alimentador de arame do robô
- 4) Tocha robô
- 5) Unidade de processamento
- 6) Controle remoto IHM
- 7) Alimentador de arame Arcweld 400 P
- 8) Cabo de interligação
- 9) Fonte Pulsarc 6000

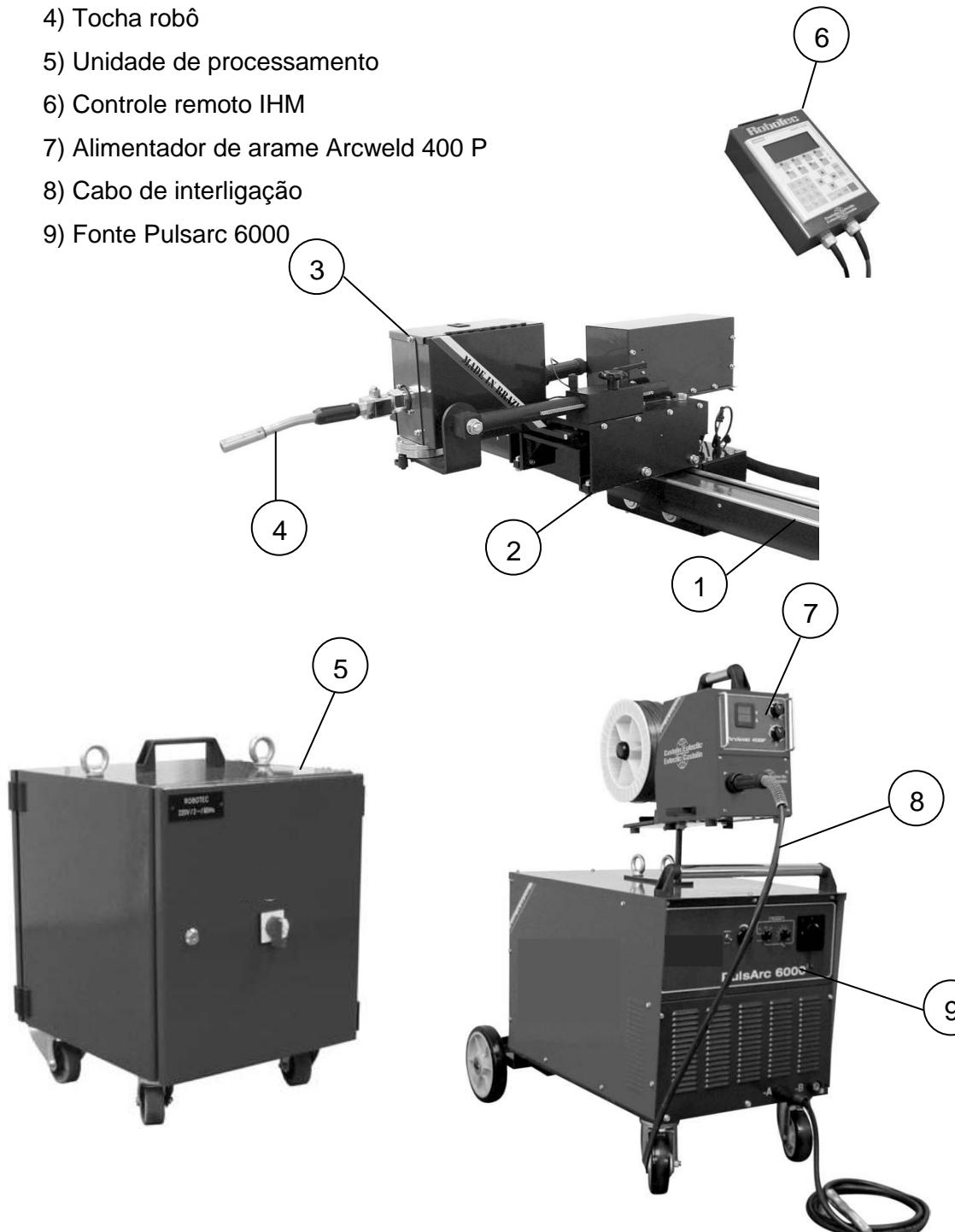


Figura 36 - Partes do Robô.  
Fonte: CASTOLIN EUTECTIC, 2009.

## 4.2 CUSTOS ENVOLVENDO A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA x OPERAÇÃO MANUAL

Neste trabalho foi feito um comparativo de custos referente ao ano de 2011 em duas empresas, uma consumindo eletrodo revestido na solda manual e a outra arame tubular com robô, contabilizando a quantidade consumida, valor por quilo de material consumido, custos com mão de obra e operacionais. Estes valores foram coletados no período de abril a outubro (sete meses de safra).

Na descrição de custos não foram contemplados os gastos com possíveis ações trabalhistas e/ou indenizações relacionados à exposição aos riscos da solda de chapisco.

Quando mencionado os valores, na aplicação manual, consideraram-se também gastos referentes mão de obra mais encargos, EPI utilizados durante o período de trabalho, na média de consumo para seis soldadores no período estipulado com respectivos valores de cada item (tabela 1), exaustores no local, devido à presença de fumos, e treinamentos para capacitação, já na operação robotizada, os operadores dos robôs são terceirizados e estes encargos cabem à empresa contratada, ficando a contratante somente com custo global da prestação de serviços, (valor referente a mão de obra) conforme contrato firmado entre as partes, salientando que os gastos com mão de obra dos seis soldadores ainda prevalecem, pois permanecem na empresa realizando outros tipos de tarefas, vide tabela 2 - Comparativo Processo Manual x Automático - Período Abril-Outubro.

No decorrer dos resultados, é possível compreender melhor os dados de rendimento, consumo e melhor custo-benefício na tabela 3.

Tabela 1 - Dados Referente ao Consumo x Custo de EPI e EPC para Soldador de Chapisco

EPI Usados - Soldador Chapisco	Quantidade (7 meses)	Valor Unitário (\$) 2011	Valor Total (\$) 2011
Capacete de Segurança ***	1	43,35	43,35
Touca para Soldador	2	6,13	12,26
Creme Protetor para Soldador	3	19,88	59,64
Óculos de Segurança Incolor	2	11,52	23,04
Óculos de Segurança Tonalidade 5	2	8,99	17,98
Máscara para Solda Polipropileno	1	11,79	11,79
Vidro Escuro para Máscara de Solda nº 12	6	0,74	4,44
Vidro Transparente para Máscara de Solda	21	0,27	5,67
Protetor Auditivo Tipo Plug	7	0,72	5,04
Respirador Tipo Concha Descartável P2	30	5,84	175,20
Luvas de Raspa Especial para Soldador 20 cm	9	15,33	137,97
Avental de Raspa Simples	3	13,74	41,22
Avental de Raspa Tipo Barbeiro para Soldador *	3	35,95	107,85
Mangote de Raspa em Tiras	1	14,80	14,80
Camisa de Brim Manga Longa	4	24,20	96,80
Calça de Brim Azul Royal	4	24,20	96,80
Perneira para Soldador	1	17,97	17,97
Calçado de Segurança Preto com Bico de Ferro	2	42,29	84,58
Luva de PVC Forrada 36 cm ****	7	6,87	48,09
Suspensão para Capacete *****	1	21,15	21,15
Carneira para Máscara de Solda *****	1	4,23	4,23
Calça em KP BA 400 - PVC Amarela **	1	22,20	22,20
Blusão em KP 400 - PVC **	1	29,60	29,60
Bota Branca PVC **	1	29,60	29,60
Exaustor Axial E50M4 Marca Ventisilva 110/220V	6	618,00	3708,00
<b>Total 1 (para 6 soldadores) usando avental raspa simples + mangote</b>			9728,52
<b>Total 2 (para 6 soldadores) usando avental barbeiro</b>			10039,50

Estes dados são referente a média de consumo e valores já dimensionados para cada soldador neste período.

\* Opcional na troca pelo avental de raspa simples com uso de mangote

\*\* Utilizado quando chapisco os rolos de entrada (maior umidade - caldo de cana)

\*\*\* Utilizado nas atividades sem solda

\*\*\*\* Utilizado para evitar choques de corrente elétrica

\*\*\*\*\* Para substituição

Tabela 2 - Comparativo Processo Manual x Automático Período Abril-Outubro

Eletrodo (Manual)	Arame Tubular 2,8 mm (Automático)
Valor Unitário Médio (R\$/kg)	15,64
Quantidade Consumida (kg)	8.935
Valor Total Consumido	139.743,40
Quantidade	6 soldadores
Custo Mão de Obra + Encargos	salário + 38% = 2125,20
Total Gasto com Salário Mensal	12.751,20
Total Gasto com Salário (7 meses)	89.258,40
Treinamento	6600,00
<b>Total + Total EPI (2)</b>	<b>245.641,30</b>
	<b>Total</b>
	<b>292.508,05</b>

Esses valores foram baseados na quantidade gasta no período de abril à outubro (período médio de moagem de cana-de-açúcar). Este comparativo contempla duas unidades em 2011 (com a utilização de eletrodo revestido e a outra uso de arame tubular).

Consignado\* a empresa fornecedora do material de aplicação (arame) cede dois robôs mais treinamento de como operar o equipamento, no valor de material aplicado e mão-de-obra conforme contrato (2 safras).

Treinamento de aperfeiçoamento - Soldagem de Processos Eletrodo/SMAW, MIG-MAG/ GMAW e TIG/GTAW 40 horas R\$ 1100,00 por pessoa.

Conforme tabela 2, os valores definidos como unitário médio foram coletados do custo médio pago em quilos de material em cada empresa. A quantidade consumida foi definida com base nos históricos anteriores de cada empresa, considerando a mesma moagem, o mesmo tempo de safra e fatores climáticos e consequentemente o valor total consumido é o produto do valor unitário com a quantidade consumida respectivamente de cada material.

Como já informado anteriormente no comparativo de aplicação do eletrodo, foi calculado o custo de mão de obra atual médio com encargos assumindo um total de seis soldadores na operação, durante os sete meses de safra. Incluindo ainda nesse cálculo os gastos com treinamentos, EPI e EPC utilizados durante o mesmo período.

No comparativo de aplicação de arame tubular o valor com a equipe terceirizada é referente ao contrato firmado. Sendo o robô e treinamento em consignação na forma de compensação da compra de material de aplicação e valor de mão de obra. Neste contexto pode-se verificar que o uso do arame tubular é superior ao do eletrodo, mas ao calcular o rendimento e a % de redução de custos entre o eletrodo e o arame na tabela 3 pode-se notar que mesmo assim, ainda é mais significativo o uso de solda chapisco robotizada.

Tabela 3 - Aplicação de Chapiscos - Comparativo entre Eletrodos x Arames

Metal Base: Ferro fundido cinzento		Fórmula C=B(A/R+M/V.F)	
<b>Aplicação Eletrodo Revestido</b>			
Material Aplicado	Eletrodo revestido	Tempo de Execução/horas	7:00h
Quantidade de Rolo	1	Consumo Aproximado-Peça	21 peças
Quantidade Material Aplicado (mensal)	70,92 kg	Rendimento Material Aplicado %	30%
Preço por quilo/R\$	15,64	Velocidade de Deposição	1,95 kg/h
Fator de Marcha	40%	Custo/R\$/hora - M0	R\$ 7,00
<b>Custo da Aplicação</b>	4333,76	A	
<b>Aplicação Arame</b>			
Material Aplicado	Arame tubular 2,8mm	Tempo de Execução/horas	1:30h
Quantidade de Rolo	1	Consumo Aproximado-Peça	35 peças
Quantidade Material Aplicado (mensal)	70,92 kg	Rendimento Material Aplicado %	50%
Preço por quilo/R\$	19,39	Velocidade de Deposição	15,00 kg/h
Fator de Marcha	60%	Custo/R\$/hora - M0	R\$ 7,00
<b>Custo da Aplicação</b>	2805,44	B	
<b>Nota - Custo Comparativo - A - Com Eletrodos Revestidos B - Com Arames</b>			
Donde tem-se, redução de custos, em torno de ....		<b>35,27%</b>	
C = Custo	Eletrodo	Arame	
B = Quantidade Necessária do Produto	70,92	70,92	
A = Preço por quilo	R\$ 15,64	R\$ 19,39	
R = Rendimento	30%	50%	
M0 = Mão-de-obra	R\$ 7,00	R\$ 7,00	
V = Velocidade de Deposição	1,95	15	
F = Fator de Marcha	40%	60%	

Explicando melhor os dados da tabela 3, a redução de custos é de 35,27% sendo que o cálculo já é previamente definido e nota-se que a quantidade aplicada é referente a um rolo, sendo a velocidade de deposição e o consumo do arame maior que do eletrodo. É importante destacar o tempo de execução em horas do serviço do arame é bem inferior comparado ao eletrodo.

Conforme demonstrados nos números acima, ressalta-se que o chapisco de moenda realizado manualmente possui um desempenho menor quando comparado com o chapisco automatizado (ver figura 37), cuja energia é muito mais elevada,

arco e contato maior, proporcionando uma pulverização mais eficiente, garantindo um rendimento maior e uma aplicação mais efetiva no dia a dia da operação. Outros pontos relevantes em relação à substituição pelo robô é a aplicação efetiva durante todo o período programado, enquanto na atividade executada pelo soldador, este por sua vez, realiza pausas durante a jornada de trabalho para alimentação, necessidades fisiológicas e descanso, pois a atividade é demasiadamente monótona. Quantificando esses valores pode-se destacar que o rendimento de aplicação para manual é de aproximadamente 40% e automática 60%, conforme estabelecido na tabela 3.



Figura 37 - Comparativo de Chapisco Aplicado com Eletrodo e com Arame Tubular.  
Fonte: DOMINGUITE FILHO et al., 2008.

Na prática o arame tem um maior consumo para preenchimento da camisa do rolo, entretanto, ainda se torna mais econômico pelo seu rendimento global de aplicação, fundi mais e amperagem da máquina é maior. É importante destacar que o consumo da aplicação da pulverização granulada varia com as condições da matéria-prima, da moagem, do rolo, por exemplo: serviço realizado no rolo superior, no qual apresenta maior desgaste em relação aos demais, tem duração de dois dias, sendo, rolo de entrada mais de uma semana, o de saída de três a quatro dias e rolo de pressão (pré-rolo) não se faz chapisco.

Sabe-se que a matemática é exata, porém, no dia a dia do trabalho não é bem assim, pois, existem imensos fatores fora do controle e conhecimento os quais podem afetar o comportamento e rendimento das aplicações. A utilização de produtos e processos da mais alta qualidade tem sua eficiência maximizada se utilizada com os melhores procedimentos e, referindo especialmente hoje aos processos MIG/MAG, com treinamentos, orientações e apoio nos periféricos e

componentes dos equipamentos, visando destacar a necessidade da boa aplicação de chapiscos em rolos de moenda.

A utilização do robô para aplicação de chapisco barateiam os custos e, diminui consideravelmente o tempo de revestimentos dos rolos mantendo a qualidade das aplicações, garantindo uma melhora sensível na extração do caldo devido o trabalho no tracionamento da cana inteira ou picada. Como o robô trabalha com arame tubular o processo se torna rápido, preciso e econômico (menor consumo de material por tonelada de cana), protege o perfil do friso, evitando perda precoce, mantendo boa extração do primeiro até o último dia da safra devido à velocidade de aplicação do arame com a solda MIG e redução/eliminação de riscos ocupacionais tais como: morte, radiações, monotonia, calor, estresses e posturas inadequadas por longos períodos. Além das vantagens já citadas, no processo arame tubular automático, pode-se ainda destacar a redução dos custos de mão de obra, ausência de gases nocivos, alto rendimento de deposição, a velocidade de deposição é superior comparado ao eletrodo manual, o mesmo equipamento pode soldar vários metais, bastando utilizar os parâmetros específicos para cada metal e menor custo final. Os controles do dispositivo são todos automáticos e faz a mudança automática de friso cada vez que a solda é completada, tornando assim o trabalho mais produtivo e com redução considerável de tempo. Outra vantagem é o uso de duas tochas simultâneas (passos simultaneamente de cada lado), o que faz com que o tempo de chapisco total seja 50% menor que o dos outros sistemas e a granulação superior aos métodos convencionais, ou seja, exemplificando um rolo de camisa de moenda sendo soldado por um soldador manualmente gastaria vinte e uma horas, enquanto, utilizando um robô com duas tochas esse tempo cairia para uma hora e meia apenas. Ele também evita a exposição do operador a riscos ao virar a tocha toda vez que se termina o último friso do rolo. Com a utilização de um dispositivo executor de chapisco na moenda, o trabalho se torna simples e seguro, não havendo perda de tempo em reposicionamento de equipamentos e nem riscos inerentes a estes procedimentos.

Este processo automatizado hoje está sendo utilizado por várias empresas do setor sucroalcooleiro e tem apresentado excelentes resultados em comparação ao eletrodo revestido, além da garantia de uma boa aplicação, tem-se a vantagem de utilizar menos mão de obra nessa operação, e com isto diminuir o número de expostos a riscos ocupacionais e futuras indenizações.

As figuras 38 e 39 mostram a aplicação de chapisco em rolos de moenda durante operação.



Figura 38 - Robô em Operação Durante a Safra, Aplicação Automatizada de Chapisco.  
Fonte: CASTOLIN EUTECTIC, 2009.



Figura 39 - Aplicação de Chapisco em Rolo de Moenda em Operação Posição de Saída.  
Fonte: OLIVEIRA, 2011.

A figura abaixo mostra a comparação de metade de um rolo de moenda desgastada e a outra metade com aplicação feita utilizando o processo automatizado.



Figura 40 – Comparação de Parte do Rolo de Moenda Desgastado e Chapiscado Automaticamente.  
Fonte: OLIVEIRA, 2011.

## 5 CONCLUSÕES

Este presente trabalho atendeu aos objetivos definidos, fornecendo subsídios para a prevenção de riscos profissionais e apresentando sugestões para serem utilizadas em outras empresas e atividades, com alterações no processo produtivo de forma a eliminar ou reduzir exposição a níveis aceitáveis, visando à melhoria do ambiente ocupacional, o que é plenamente alcançado quando o trabalhador se beneficia, dando ênfase na correção do controle no ambiente ao invés de proteger somente e incessantemente o trabalhador.

Para o trabalhador, uma das vantagens do emprego dos robôs é o fato de ele ser afastado do ambiente de soldagem de chapisco, ou seja, afastado da exposição a fumos e demais partículas, bem como dos gases e radiação emitidos, além do calor e ruído gerado por alguns equipamentos e processos, o que faz com que ele seja liberado do uso de alguns equipamentos de proteção individual considerado desconfortável, e melhor ainda garantir sua integridade física e psíquica para que possa exercer outras atividades.

A automatização do processo passou a ser de grande utilidade para as usinas, que precisavam retirar seus funcionários de uma situação inadequada de trabalho e com grande risco de acidentes. Usando tecnologia, o chapisco fica melhor, dá mais aderência na moenda, além da economia de tempo, material e mão de obra.

Ao ser criado e mantido ambientes favoráveis à saúde e ao bem-estar dos trabalhadores cumpre-se a obrigação inerente à Responsabilidade Social e, ao mesmo tempo, contribuí muito para que as empresas melhorem, ampliem sua produtividade e conquistem resultados cada vez mais expressivos.

A empresa decide as condições de trabalho e, por consequência, os riscos a que o trabalhador ficará exposto, dessa maneira é responsável pela prevenção e deve dispor de recursos para tal, estabelecer responsabilidades e realizar ações de gestão de riscos e integração da prevenção a todos os níveis.

Adotar medidas de prevenção de acidentes e agravos à saúde é evitar sofrimento, perdas financeiras, de produtividade e da imagem empresarial.

É importante salientar que a proposta neste trabalho foi de reduzir/eliminar os riscos, buscando o controle através de medidas de engenharia - tecnologia avançada ao invés de implantar o controle individual, podendo gerar além de exposição aos riscos, doenças ocupacionais com o uso inadequado/indevido de EPI e também a grande exposição a riscos ergonômicos (postura inadequada) e de acidentes (queda e morte). Observando todos os riscos envolvidos na operação, podemos dizer que o chapisco automatizado através do robô é uma grande opção na qual garante os objetivos de reduzir a ponto de eliminar os riscos oriundos da exposição, acidentes, doenças e até mesmo a morte.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), os objetivos da Saúde no Trabalho incluem: prolongamento da expectativa de vida e minimização da incidência de incapacidade, doença, dor e desconforto; preservação das capacidades e dos mecanismos de adaptação, para melhoria das habilidades conforme o sexo e a idade; realização pessoal e desenvolvimento da criatividade: melhoria das capacidades mental e física, adaptabilidade às novas situações e a mudanças na vida pessoal e profissional.

O conhecimento dos benefícios provenientes da atuação em Saúde e Segurança do Trabalho (SST) leva a ações e controles que visam promover condições de trabalho seguro, dar instruções sobre métodos de trabalho, disponibilizar esquema de proteção para os riscos específicos, estabelecer participação dos trabalhadores. Investir na saúde e segurança das pessoas é lucro e não prejuízo, para tanto investir em estudos e tecnologias torna essencial para manter as empresas competitivas no mercado.

## REFERÊNCIAS

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Tradução por: ABHO - Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. 2009.

ANDRADE, S. A. C.; CASTRO, S. B. Engenharia e tecnologia açucareira. Departamento de Engenharia Química CTG – UFPE. 2006, Pernambuco. *Anais...*

ARAUJO, D. C. D. **A influência da tecnologia sobre os acidentes de trabalho.** 1989. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1989.

AVENTAL EM RASPA SIMPLES, AVENTAL EM RASPA TIPO BARBEIRO. Disponível em:<[www.solostocks.com.br](http://www.solostocks.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

BIANCHI CONSULTORIA E TREINAMENTO, 2011. PPRA da Empresa Estudada.

BOTINA DE SEGURANÇA EM COURO COM BIQUEIRA DE AÇO, BOTA DE PVC FORRADA BRANCA CANO LONGO. Disponível em:<[www.bracolonline.com.br](http://www.bracolonline.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

BRITO FILHO, D. **Toxicologia humana e geral.** 2<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro/ São Paulo: Atheneu, 1988. 678p.

BURGESS, W. A. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais.** 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Ergo, 1997. 558p.

CAPACETE DE SEGURANÇA. Disponível em:<[www.lojanopcao.com.br](http://www.lojanopcao.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

CARTILHA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA DA EMPRESA 3M. Disponível em: <[http://segurancanotrabalho.vilabol.uol.com.br/prot\\_resp.html](http://segurancanotrabalho.vilabol.uol.com.br/prot_resp.html)>. Acesso em: 19 fev. 2012.

CASACO DE RASPA TIPO SOLDADOR. Disponível em:<[www.petterepis.com.br](http://www.petterepis.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

CASTOLIN EUTECTIC EUTECTIC CASTOLIN. **ROBOTEC**: Soldagem automatizada de moendas em usinas de açúcar & etanol. São Paulo, 2009. Manual do usuário/Lista de partes e peças.

CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO – CDT/UnB Campus UnB. 2006. Disponível em:< <http://www.sbrt.ibict.br> >. Acesso em: 09 nov. 2011.

CHUNG, K. Y. K.; AITKENT, R. J.; BRADLEY, D. R. **Development and Testing of a new sampler for welding fume**. Annals of Occupational Hygiene v. 41 n 3 jun. 1997. p 355 – 372.

COLACIOPPO, S. **Avaliação da exposição profissional a fumos metálicos em operações de solda**. 1984. 98 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

COLACIOPPO, S. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. n. 49 - v. 13 - Janeiro, Fevereiro, Março, 1985 p 50- 77.

CONDE, R. H. **Recubrimientos resistentes al desgaste**. Boletín Técnico Conarco, n.85, p.2-20, dec. 1986.

Copersucar. Disponível em:  
<[http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana\\_acucar.asp](http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana_acucar.asp)>. Acesso em: 18 out. 2006.

CORADI, F. E. **Instalação de sistema de exaustão nas máquinas de solda plasma**. 2010. 73p. Monografia - Programa de Educação Continuada em Engenharia Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010.

CORDER, J. A. **Sugestão de requisitos para avaliações de equipamentos de proteção ao soldador em operações de soldagem**. 2005. 76p. Monografia - Programa de Educação Continuada em Engenharia na área de concentração Higiene Ocupacional, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005.

CREME PROTETOR DA PELE CONTRA RADIAÇÕES UVA E UVB E DE ARCOS ELÉTRICOS DE SOLDA, COM FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR NÍVEL 30. Disponível em:<[www.disomet.com.br](http://www.disomet.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

DBC EDUCACIONAL. **Segurança X Soldagem MIG/MAG.** Disponível em:<[http://www.oxigenio.com/guia-do-processo-de-soldagem-mig-mag-ou-gmaw/soldagem\\_x\\_seguranca\\_mig.htm](http://www.oxigenio.com/guia-do-processo-de-soldagem-mig-mag-ou-gmaw/soldagem_x_seguranca_mig.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2012.

DOMINGUITE FILHO, H. G. et al. **Aplicação de solda para revestimento em camisas de moenda.** 2008. 84 p. Dissertação (Pós graduação): Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manutenção, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC MINAS), Poços de Caldas, 2008.

EBLE, R. G. Jr.; STRINGER, Josep B. **ALARA benefits of an MPC robotic welding system.** High Level Radioactive Waste Management - Proceedings of the Annual International Conference 1995. ASCE, New York, NY, USA. p 634 – 636.

EXAUSTOR AXIAL E50M4 MARCA VENTISILVA 110/220V. Disponível em:<[www.ventisilva.com.br](http://www.ventisilva.com.br)>. Acesso em: 24 fev. 2012

FANTAZZINI, M. L.; OSHIRO, M. C. S. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais:** manual SESI. Brasília: SESI/DN, 2007. 294 p.: il.; 26 cm.

FERNANDES, J. D. et al. **Saúde Mental e Trabalho:** Significados e limites de modelos teóricos. Rev. Latino-Am. Enfermagem vol.14 n.5 Ribeirão Preto Sept./Oct. 2006.

FORTES, C. ESAB. **Arames tubulares OK.** 2004.

\_\_\_\_\_. ESAB. **Eletrodos revestidos OK.** 2005.

\_\_\_\_\_. ESAB . **Soldagem MIG/MAG.** 2005b.

GAREIS, B. A **Soldagem simples como ela é.** Recife: SACTES, 1994.

GOLDMAN, C. F. **Análise de acidentes de trabalho ocorridos na atividade da indústria metalúrgica e metal-mecânica no estado do rio grande do sul em 1996 e 1997 breve interligação sobre o trabalho do soldador.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GOMES, J. R. **Saúde do trabalhador em operações de soldagem.** 1984. 139 p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

GOMES, A. A.; RUPPENTHAL, J. E. **Aspectos de higiene e segurança na soldagem com eletrodos revestidos em microempresas do tipo serralheria.** In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002.

GORBAN, L. N. **Hygienic assessment of new welding processes and materials.** Gigiena Truda i Professional'nye Zabolevaniya n. 11 1990 p 50- 54.

GROFF, A. M.; MEZAROBA, S.; MENEGUETTI, C.C. **Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema.** IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. (Graduação em Engenharia de Produção Agroindustrial) – Departamento de Engenharia de Produção, FECILCAM, Campo Mourão, 2010.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA SOLDA – ITSEMAP DO BRASIL Serviços Tecnológicos Mapfre nº 7, Acesso em 2012.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar.** 2009. 149 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção.** São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1990.

\_\_\_\_\_. **Ergonomia projeto e produção.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1993. 465p.

KADEFORS, R.; PETERSÉN, I.; HERBERTS, P. **Muscular reaction to welding work: an electromyographic investigation,** Ergonomic, 1976. 19, 5, 543- 558.

LARINI, L. **Toxicologia.** 1ª edição. São Paulo: Manole, 1987. 315p.

LEPLAT, J.; CUNY, X. **Introdução a psicologia do trabalho.** Trad. de Helena Domingos Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1977.

LIMA, A. C.; FERRARESI, V. A.. **Desgaste em equipamentos de processamento da cana-de-açúcar em destilaria de etanol.** In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 16º POSMEC., 2006 Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Mecânica.

LIMA, A. C., e FERRARESI, V. A. **Análise da resistência ao desgaste de revestimento duro utilizado aplicado por soldagem em facas picadoras de cana-de-açúcar.** Soldagem & Inspeção, v. 15, nº 2, São Paulo, 2010.

LUVA DE RASPA PARA SOLDADOR PUNHO 20 CM. Disponível em:<[www.emporiotasferramentas.com.br](http://www.emporiotasferramentas.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

MANGAS OU MANGOTES DE RASPA DE COURO PROTEGEM OS BRAÇOS. Disponível em:<[www.protesil.com.br](http://www.protesil.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: Indústria de Cerâmica Estrutural e Revestimento / Gerência de Segurança e Saúde no Trabalho. – São Paulo: Sesi, 2009. 236 p.: il. color. ; 28 cm. – (Coleção Manuais).

MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: Indústria da Construção Civil – Edificações. São Paulo: Sesi, 2008. 212 p.: il. color. ; 28 cm. – (Manuais, 7).

MANUAL DE TÉCNICAS DE TRABALHO EM ALTURAS - Prevenção de Quedas SINDUSCON-CE Consultoria Técnica: Dorelland Ponte Lima. Disponível em:<[http://www.prt7.mpt.gov.br/publicacoes/cartilhas/manual\\_trabalho\\_em\\_alturas.pdf](http://www.prt7.mpt.gov.br/publicacoes/cartilhas/manual_trabalho_em_alturas.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2012.

MARINE, F. **Visual function of the welder a permanent preoccupation.** Welding in the world, Le Soudage Dans Le Monde v. 33 n. 2 1994. p 87- 90.

MARMORARIAS: manual de referência: recomendações de segurança e saúde no trabalho / Alcinéa Meigikos dos Anjos Santos... [et al.]. – São Paulo: FUNDACENTRO, 2008. 40 p.: il.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A.; TASSO, L. C. **Tecnologia do açúcar:** produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001.169p.

MENDES, T. **Medicina do Trabalho Doenças Profissionais.** Sarvier S/A Editora de Livros Médicos, São Paulo, 1999.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil. Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde / Ministério da Saúde do Brasil, Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil; organizado por Elizabeth Costa Dias; colaboradores Idelberto

MUNIZ ALMEIDA et al. – Brasília: Ministério da Saúde do Brasil, 2001. 580 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos; n.114) Editora MS.

MINISTÉRIO DO TRABALHO, Portaria Mtb 3.214 de 8 de junho de 1978 – Norma Regulamentadora nº 7, Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Disponível em:<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr\\_07.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO, Portaria Mtb 3.214 de 8 de junho de 1978 – Norma Regulamentadora nº 15, Informativo sobre Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho, Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes, Rio de Janeiro – RJ, 1995.

NONNENMACHER, H. **Prevenção de riscos em máquinas, equipamentos e instalações**. Santa Maria: UFSM, 2000.

ÓCULOS DE SEGURANÇA TON 5. Disponível em:<[www.artiseg.com.br](http://www.artiseg.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

OLIVEIRA, P. C.; MENDONÇA, G. B. Solda Elétrica Centro de Formação Profissional “Jose Ignacio Peixoto” - SENAI. 75p. 2010.

O PACIENTE PODE APRESENTAR SINAIS. Disponível em:<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas\\_relacionadas\\_trabalho2.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_relacionadas_trabalho2.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2012.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo: STAB, 1989.

PERNEIRAS OU POLAINAS DE RASPA DE COURO PROTEGEM AS PERNAS E OS PÉS DO SOLDADOR. Disponível em:<[www.solostocks.com.br](http://www.solostocks.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

POLIDORO, A.; SERRA, A. **Qual o melhor chapisco: granulometria grossa ou fina?**. Böhler Welding Group. Janeiro de 2011. Edição 11. Ano II. Disponível em:<[http://www.bohlersoldabrasil.com.br/janeiro\\_2011/maio2.html](http://www.bohlersoldabrasil.com.br/janeiro_2011/maio2.html)>. Acesso em: 19 fev. 2012.

LAUDO TÉCNICO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE TRABALHO. Disponível em:  
<[www.ppra.ind.br/lcat.html](http://www.ppra.ind.br/lcat.html)>. Acesso em: 19 fev. 2012.

PRISCO, M. "Revestimentos Protetores contra Desgaste". Soldagem de Manutenção. ABS. ABRAMAN. p. 231-284. 1993.  
Disponível em:  
<[http://www.bohlersoldabrasil.com.br/janeiro\\_2011/superiorlayout.jpg](http://www.bohlersoldabrasil.com.br/janeiro_2011/superiorlayout.jpg)>. Acesso em: 06 ago. 2011.

PROTECTOR AURICULAR TIPO PLUG SILICONE. Disponível  
em:<[www.prismacomercial.com.br](http://www.prismacomercial.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES. Disponível em:  
<[http://www.prof2000.pt/users/eta/rad\\_n\\_ion.htm](http://www.prof2000.pt/users/eta/rad_n_ion.htm)>. Acesso em: 08 fev. 2012.

REGRAS PARA SEGURANÇA: em soldagem, goivagem e corte ao arco elétrico.  
ESAB: 2004. Rev.0.

RESPIRADOR PFF2 COM VÁLVULA CLIQUE. Disponível  
em:<[www.magnuscomercial.com.br](http://www.magnuscomercial.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

RIBEIRO, C. A. F.; BLUMER, S. A. G.; HORII, J. **Tecnologia do Açúcar** 1ª Parte. Fundamentos de Tecnologia Sucroalcooleira Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Piracicaba, 1999.70 p.

RIBEIRO, N. C.; FONSECA, R. A. P.; **A segurança comportamental na construção civil salvador**. 2206. Monografia - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Escola Politécnica Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006.

ROBINSON, P.; MACDONELL, M. Priorites for mixtures health effects research. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, V.18, p. 201-213, 2004.

ROBÔ DE CHAPISCO WORKSTATION, A NOVIDADE DA LOGTRONIC. Disponível em: <[http://www.jornalparana.com.br/materia/ver\\_edicao.php?id=1524&tipo=85](http://www.jornalparana.com.br/materia/ver_edicao.php?id=1524&tipo=85)>. Acesso em: 13 fev. 2012.

SANTOS, A. S. **Revestimentos automatizados em camisas de moenda**. UTP. 2009.

SANTOS, A. S. et al. **Soldagem na indústria sucroalcooleira.** Revista da Soldagem. Ano I, n. 7, 2005. p. 20-26.

SANTOS, G. A. G. **Máscara de solda com sistema de exaustão adaptado: avaliação por amostragem de fumos metálicos.** 2010. 67p. Monografia - Programa de Educação Continuada em Engenharia Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), 2010.

SCHOLL, C. A. **Avaliação e controle da exposição a gases e fumos metálicos gerados em trabalhos de solda no interior de equipamentos.** 2008. 45p. Monografia - Programa de Educação Continuada em Engenharia na área de concentração Higiene Ocupacional, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008.

SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em:<<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/construcao%20civil/Seguranca%20na%20Construcao%20Civil.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

SENAC. **Inspeções Técnica.** 2009.

SESI/SENAI - MG. **Manual de Higiene Ocupacional.** 2011.

SEVERO, M. F. et al. **Arames tubulares em usinas de cana de açúcar.** Disponível em: <[www.infosolda.com.br/nucleo/downloads/rp.pdf](http://www.infosolda.com.br/nucleo/downloads/rp.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2011.

SILVA, D. P. **Estudo econômico do período de duração da safra de cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol para usinas de médio porte da região centro-sul do Brasil.** 2007. 97p. Monografia (Especialização) - Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2007.

SINTRICOM - Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção do Mobiliário e Manutenção Industrial de São Jose dos Campos e Litoral Norte. Segurança no Trabalho. 2009. Disponível em: <<http://www.sintricom.com.br/cartilhasegurasintricom.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2012.

SIQUEIRA NETO, N.; PASQUALETTO, A.; **Modelo para fase de planejamento de um sistema integrado de gestão em usinas de cana-de-açúcar.** 2006. Disponível em:<<http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/7074/material/MODELO%20PARA%20FASE%20DE%20PLANEJAMENTO%20DE%20UM%20SISTEMA>>.

[%20INTEGRADO%20DE%20GEST%C3%83O%20EM%20USINAS%20DE%20CAN  
A-DE-A%C3%87UCAR.pdf](#). Acesso em: 13 fev. 2012.

STARLING, C. M. D.; MODENSI, P. J.; BORBA, T. M. D. **Comparação do desempenho operacional e das características do cordão na soldagem com diferentes arames tubulares.** Soldagem & Inspeção, v. 14, p. 10-25, 2009.

SOARES, I. A.; CASANOVA, J.; NACKE, P. R.; **Estudo e análise estatística elaborada com trabalhadores que atuam com solda na região oeste de santa catarina.** 2005. 61 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/54137174/monografia-solda>>. Acesso em: 10 fev. 2012.

SOLDA MIG – RESPOSTA TÉCNICA Rede de Tecnologia da Bahia RETEC/BA, 2006. Disponível em:< <http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 09 nov.2011.

THORNTON, M.; STARES, I. **Analysis of particulate fume generation rates from gas metal arc welding.** Welding Rewiew International v. 13 n. 4 nov 1994. p 363 - 365

TIBURI, F. **Dossiê Técnico Soldagem Robotizada** - SENAI-RS. Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI. 2006. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

TORLONI, M. (coord.). **Programa de proteção respiratória, recomendações, seleção e uso de respiradores.** São Paulo: FUNDACENTRO, 2002. 127 p.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de Proteção Respiratória.** São Paulo: 2003. 520 p.

TORNER, M.; ZETTERBERG, C. **Workload and musculoskeletal problems: a comparison between welders and office clerks (with reference also to fisherman).** Ergonomics. 1991. v. 34 n. 9. 1179- 1196.

TOUCA DE SEGURANÇA DE BRIM PARA SOLDADOR. Disponível em:<[www.facioliepi.com.br](http://www.facioliepi.com.br)>. Acesso em: 06 fev. 2012.

TREINAMENTO INDUSTRIAL, ATUALIZAÇÃO TÉCNICA. Curso Básico Industrial – Moenda. 2008.

TURCI, S. R. B. **Avaliação toxicológica, clínica, laboratorial e citogenética de soldadores da indústria naval.** 1994. 125 p. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1994.

## ANEXO A - Avaliação dos Riscos da Empresa Alfa

Quadro de Posto de Trabalho/Funções/ Atividades

Posto de Trabalho	Funções	Atividades
Moenda - Chapisco	Soldador de Chapisco	<p>Realizar solda do chapisco nos rolos da moenda sendo os superiores, entrada e saída, ficam sentados fazendo aplicação da solda trocando os frizos.</p> <p>Realizar solda elétrica com eletrodo para chapisco .</p>

O exposto de maior risco (EMR) neste grupo homogêneo de exposição (GHE) foi utilizada a função de soldador de chapisco.

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

Dosimetria de Ruído

Setor: Moenda - Chapisco	Posto de Trabalho: Moenda
Nome do Funcionário: Beta	Função: Soldador de Chapisco

Medição nº	Calibração		Horário de Medição				Min	Leitura % Dose	Dose (%) horas	Projetada 08	LAVG	Data da Medição				
			1º Período		2º Período											
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final										
1	94	94	08:21	-	-	14:57	396	137,78	167	88,7	15/09/2011					

Posto de Trabalho Atividade: Realizar o comando do rolo de soldagem no setor da moenda.

<input checked="" type="checkbox"/>	Utiliza Protetor	Não Utiliza Protetor	Uso Desnecessário
Protetor Utilizado:			

Tipo de Protetor Utilizado: Protetor auricular CA: 10370, 8092 e 820.

Observação/ Conclusão:

O LAVG apresentado encontra-se acima do limite de tolerância estabelecido pela NR-15, recomendando o uso de proteção auricular e constante monitoramento da área.

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

Atenuação de EPI - Legislação Previdenciária

Nome da Empresa: Alfa			Ramo de Atividade: Fabricação de Açúcar em Bruto								
			Ruído Contínuo ou Intermittente								
Posto de Trabalho/Equipamento	Ruído dB(A)	Marca	EPI utilizado no setor			Ruído Atenuado	LT atingido?		NA atingido?		
			Modelo	CA	NRRsf		Sim	Não	Sim	Não	
Audiodosimetria realizada no soldador de chapisco	88,7	Balaska	Plug	8092	16	72,7	-	X	-	X	
		3M	Plug	10370	16	72,7	-	X	-	X	
		MSA	Concha	820	17	71,7	-	X	-	X	

O método de atenuação acima segundo a Legislação Previdenciária consiste em se determinar o nível de ruído e posteriormente subtrair o NRRsf para se determinar a atenuação em dB (A), evidenciando a eficácia do EPI no ambiente onde o mesmo é utilizado, conforme fórmula abaixo:

Ruído Atenuado = dB (A) - NRRsf

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

## Avaliação da Exposição aos Aerodispersóides

Nome da Empresa: Alfa

## Função: Soldador de Chapisco

Nome do Funcionário: Beta

## Posto de Trabalho: Itinerante

Setor: Moenda

Instrumento Utilizado: Amostrador Gravimétrico Casella Apex

## Amostrador Gravimétrico Casella Tuff

Item	Data da Medição	Vazão		Método R/T	Filtro Nº
		Início	Fim		
1	14/09/2011	1,7	1,7	R	O-045
1	14/09/2011	1,7	1,7	T	O-017

## Horário de Medicão

Horário de Medição				Quartzo %	Concentração mg/m <sup>3</sup>	LT NR 15 mg/m <sup>3</sup>
1º Período		2º Período				
Início	Final	Início	Final			
-	-	14:10	15:10	-	ND	2,64
-	-	14:10	15:10	-	1.225 mg/m <sup>3</sup>	8,8

Laboratório  
Bianchi  
Bianchi

Método Análise  
NHO 03  
NHO 03

**Tipo de Filtro**  
PVC de 5 gm pré pesado  
PVC de 5 qm pré pesado

Nº Certificado  
012/11  
012/11

Data da Análise  
26/09/2011  
26/09/2011

Tipo de Aerodispersóides  
Poeira Respirável  
Poeira Total

## Observações:

1. O limite de tolerância é estabelecido pela ACGIH e foi convertido para a jornada de trabalho brasileira conforme tabela Brief e Scala;
  2. Base do TLV: Pulmões

## Conclusões:

A concentração das poeiras respirável e total ficou abaixo do TWA da ACGIH, conforme anotação acima e Certificado de Análise do Laboratório, e evidenciando que a concentração no período avaliado encontra-se abaixo dos parâmetros legais.

---

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

## Avaliação de Gases e Vapores

Nome da Empresa: Alfa	Ramo de Atividade: Fabricação de Açúcar em Bruto
Setor: Moenda	Posto de Trabalho: Moenda
Nome do Funcionário: Beta	Função: Soldador de Chapisco
Instrumento Utilizado:	Data: 19/09/2011
Medidor de Gases ICEL Mod. DG5080	
Método: Medição Instantânea	Pressão (mmHg) -
	Umidade Relativa (%) -
	Velocidade do Ar (m/s) -
Descrição da Atividade e Condições do Posto de Trabalho: Realizar soldagem de chapisco nos rolos da moenda.	

Item	Agente Químico	Horário de Medição Inicial	Horário de Medição Final	Vazão L/min	Volume Amost Lts.	Fator Corr	Conc. ppm Med	Conc. ppm Corg	LT - NR 15	VM
1	Monóxido de Carbono	14:50	14:52	-	-	1	11	11	39	58,5
2	Monóxido de Carbono	15:12	15:14	-	-	1	12	12	39	58,5
3	Monóxido de Carbono	15:34	15:36	-	-	1	13	13	39	58,5
4	Monóxido de Carbono	15:56	15:58	-	-	1	18	18	39	58,5
5	Monóxido de Carbono	16:18	16:20	-	-	1	17	17	39	58,5
6	Monóxido de Carbono	16:40	16:42	-	-	1	21	21	39	58,5
7	Monóxido de Carbono	17:02	17:04	-	-	1	24	24	39	58,5
8	Monóxido de Carbono	17:24	17:26	-	-	1	22	22	39	58,5
9	Monóxido de Carbono	17:46	17:48	-	-	1	21	21	39	58,5
10	Monóxido de Carbono	18:06	18:08	-	-	1	19	19	39	58,5

## Observações:

1. O limite de tolerância do agente químico avaliado é estabelecido pelo anexo nº 11 da NR-15.
2. A média aritmética da concentração foi de 17,8 ppm.
3. Base do TLV: COHb-emia

## Conclusões:

O agente químico apresentou concentração abaixo do limite de tolerância, no período avaliado.

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

### Avaliação de Metais

Nome da Empresa: Alfa Setor: Moenda Nome do Funcionário: Beta		Ramo de Atividade: Fabricação de Açúcar em Bruto Posto de Trabalho: Moenda Função: Soldador de Chapisco Data: 19/09/2011							
<u>Descrição da Atividade e Condições do Posto de Trabalho:</u> Realizar soldagem de chapisco nos rolos da moenda.									
Bomba Gravimétrica	Marca SKC Vazão	Modelo PCX R4	Filtro						
Início: 2,8	Final: 2,8	Média: 2,8	Marca MCE 225-5 Peso						
Amostragem									
Hora Início 12:50	Hora Término 14:50	Hora Início -	Hora Término -						
			Tempo Coleta (min) 120						
			Volume (litros) 336						
			Filtro Nº 06911/AS						
Tipo de Eletrodo		Processo de Solda	Velocidade do Ar						
-		-	-						
Análise Química									
Laboratório Analytical Solutions	Método NIOSH 7303	Nº Certificado 03528HO	Data 27/10/2011						
Resultados									
Agentes Químicos	Al	Ca	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Ti
LT Corrigido * (mg/m³)	0,88	4,4	0,1*	0,17	0,44	4,4	5*	1,32	8,8
Massa (mg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentração (mg/m³)	0,0165	0,0461	0,0008	0,0009	0,044	0,4059	0,0321	0,002	0,0012
Método ACGIH	Efeitos Combinados: 0,24								

Observações: \* Para o Chumbo e o Manganês foi utilizado o limite de tolerância estabelecido pelo anexo nº 11 e 12 da NR-15 respectivamente;

1. O limite de tolerância é estabelecido pela ACGIH e foi convertido para a jornada de trabalho brasileira conforme tabela Brief e Scala;
2. Base do TLV: Alumínio: Irritação trato respiratório inferior; Bário: Irritação de olhos, pele e gastrointestinal, estimula músculos; Cálcio: Irritação dos olhos, pele e trato respiratório superior; Chumbo: Comprometimento sistema nervoso central, sistema nervoso periférico, efeitos hematológico; Cobre: Irritação gastrointestinal, febre dos furos metálicos; Cromo: Irritação da pele e trato respiratório superior; Ferro: pneumoconiose; Manganês: comprometimento sistema nervoso central; Níquel: Dermatite e pneumoconiose; Titânio: Irritação de trato respiratório inferior.

Conclusões: Os agentes químicos avaliados apresentaram concentração abaixo do limite de tolerância estabelecido pela ACGIH e NR 15, conforme anotação acima Relatório de Ensaio Analítico, portanto encontram-se abaixo dos parâmetros legais.

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

### Avaliação de Radiação Ultravioleta

Local/ Atividade	Irradiância Efetiva ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
Solda de Chapisco	022

Observação: O valor não ultrapassou o TLV da ACGIH.

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

**Demonstração da Exposição a Riscos Ambientais**  
**Reconhecimento de Riscos**

Nome da Empresa: Alfa

Setor: Moenda

Descrição do Local: Toda a área fabril, pois o funcionário é itinerante.

Função: Soldador de Chapisco

Resumo das Descrições de Atividades: Realizar solda de chapisco nos rolos da moenda sendo os superiores, entrada e saída, ficam sentados fazendo aplicação da solda trocando os frizos e realizar solda elétrica com eletrodo para chapisco.

Risco Ambiental	Causa/ Fonte/Trajetória	Efeitos	Cat Risco	APR - HO			
				Medidas de Controle EPC/EPI	CA	E/F	Int./Conc.
Ruído	Chapisco	PAIRO	III	Protetor auricular	10370 8092 820	E	88,70 dB(A)
Poeira Respirável Poeira Total	Moenda Moenda	Pulmões Pulmões	I I	- - Proteção respiratória para monóxido de carbono	- -	- -	ND 1,225 mg/m³
Monóxido de Carbono	Chapisco	CoHb-emia	II	Máscara semifacial P2	-	F	17,8 ppm
Alumínio	Chapisco	Irritação TRI	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0165 mg/m³
Cálcio	Chapisco	Irritação dos olhos, pele e TRS	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0461 mg/m³
Chumbo	Chapisco	Compr SNC, SNP, efe hematológico	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0008 mg/m³
Cobre	Chapisco	Irritação GI, febre de fumos metálicos	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0009 mg/m³
Cromo	Chapisco	Irritação da pele e TRS	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0440 mg/m³
Ferro	Chapisco	Pneumoconiose	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,4059 mg/m³
Manganês	Chapisco	Comprometimento SNC	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0321 mg/m³
Níquel	Chapisco	Dermatite e pneumoconiose	I	Máscara semifacial P2	-	F	0,0020 mg/m³
Titânio	Chapisco	Irritação de TRI	I	Máscara semifacial P2  Óculos de segurança incolor	14992	F	0,0012 mg/m³
				Óculos de segurança tonalidade 5,0	14290		
				Capacete de segurança	20325		
Radiação ultravioleta	Solda de Chapisco	Câncer de pele	III	Máscara de solda Luva de raspa especial para soldador	5965	E	022µW/cm²
				Avental de raspa tipo barbeiro para soldador	27062		
				Perneira de raspa	9609		
					9585		

Observação: E= Medida de Controle Existente

F= Medida de Controle Futura

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

## ANEXO B - LTCAT Empresa Alfa

O LTCAT é descrito a seguir:

Nome da Empresa: Alfa

Posto de Trabalho: Moagem Chapisco

Função: Soldador

Nº Trabalhadores Expostos: 6

**Descrição do Local de Trabalho:** Prédio construído em estrutura metálica, cobertura de telhas de alumínio, ventilação natural, iluminação natural complementada por artificial, piso de concreto, água encanada e tratada e rede de esgoto, constituindo de equipamentos de Preparo e Moagem de cana, Hilo, Mesas, Esteiras, Desfibrador, Picador, entre outros.

**Descrição das Atividades:** Executa trabalhos de solda nos rolos da moenda durante a moagem (eletrodo de chapisco).

**Fontes Geradoras de Risco Ambiental:** máquinas, equipamentos e fusão de metais.

**Equipamento de Proteção Individual (EPI):** protetor auricular, máscara semifacial P2, máscara de solda, capacete de segurança, luva de raspa especial para soldador, avental de raspa tipo barbeiro para soldador, perneira de raspa, óculos de segurança incolor e óculos de segurança com tonalidade 5,0.

**Equipamento de Proteção Coletiva (EPC):** ventilação natural, isolamento em tubulações, exaustor na área de solda.

**Proteção Existente:** Programa de Conservação Auditiva, manutenção preventiva e corretiva, treinamento periódico e exames médicos periódicos, admissionais e demissionais. Avaliação e Controle Médico: o setor de Medicina do Trabalho procede ao acompanhamento médico dos trabalhadores, através do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional objetivando avaliar o grau de exposição e recomendar ou executar medidas de controle da saúde destes trabalhadores. Treinamento: o setor de segurança do trabalho treina os colaboradores sobre os riscos e medidas de controle dos agentes ambientais existentes nas áreas.

Conclusão LTCAT NR-15, NR-16 e PPP (Legislação Previdenciária)								
Período	Tipo	Fator de Risco	Int/Conc	Técnica Utilizada	EPC Eficaz	EPI Eficaz	CA	GFIP
	Físico	Ruído	88,70 dB (A)	Audiodosimetria	NA	Sim	10370 8092 820	00
	Químico	Monóxido de Carbono	17,8 ppm	Medição instantânea	NA	NA	NA	00
Set/10 a Out/11							14992 14290 20325	
	Físico	Radiação Ultravioleta	022µW/cm <sup>2</sup>	Medição instantânea	NA	Sim	5965 27062 18435 9609	00
Insalubridade NR-15 Inexistente devido à correta utilização de EPI eficaz				Periculosidade NR-16 Inexistente				

Fonte: PPRA da Empresa Estudada, 2011

**Conclusão:** Os agentes ambientais especificados como nocivos na avaliação do risco, que estão presentes no local de trabalho, podem ser prejudicial à saúde, porém são neutralizados por EPI.

## ANEXO C - PCMSO Empresa Alfa

### Periodicidade dos Exames Realizados pelo Soldador

Período		Tipos de Exames
01	Admissional	Exame clínico, Teste de visão, Audiometria, RX tórax, Espirometria, Hemograma, Glicemia, TGO e TGP.
02	Com 06 meses	Audiometria.
03	Anualmente	Exame clínico, Teste de visão, Audiometria, Espirometria, Hemograma, Glicemia, TGO e TGP.
04	Trianual	RX tórax
05	Demissional	Audiometria.

Fonte: PCMSO da Empresa Estudada, 2011

## ANEXO D - Ficha Técnica Eletrodo Especial

**Desenvolvimento especial eletrodo à base de carbonetos de cromo; especial para a pulverização de cilindros de moendas de cana-de-açúcar.**

### Campo de Aplicação

Eletrodo para revestimentos duros de alto teor de carbonetos de cromo, desenvolvido para resistir à extrema abrasão e corrosão provocadas pela moagem de cana-de-açúcar, lavada ou não, dispensando o “Chevron” e aumentando a produtividade e a vida útil dos cilindros de moenda. A pulverização deixa áspera a superfície do friso da moenda de forma a melhorar a “pega”, o que representa um aumento considerável na tonelagem de cana moída pela diminuição do deslizamento da cana a índices mínimos, proporcionando o máximo aproveitamento do bagaço.

### Características de Soldagem

O revestimento especial deste eletrodo produz um arco agressivo tipo “Spray” de alta penetração, podendo ser aplicado com os equipamentos em moagem.

### Análise Química do Metal Depositado (em %)

C	Si	Mn	Cr
3.0	1.8	0.3	29.0

**Dureza :** ~60 RC (sobre aço carbono)

**Tipo de Corrente :** CC (+) ou CA

### Regulagem da Máquina

Eletrodo mm	Ø 3,25 x 350	4,0 x 450	5,0 x 450
Corrente A	100 – 140	140 – 170	170 – 200

### Instruções para Soldagem

Para a pulverização aplicar com o cilindro girando. A distância do arco deve ser estável e o suficiente para mantê-lo aberto.

## ANEXO E - Ficha Técnica Eletrodo Básico

**Eletrodo básico para revestimentos duros contra abrasão, compressão, atrito a frio, a quente e impacto elevado.**

### Campo de Aplicação

Eletrodo de alto rendimento, destinado a revestimentos duros em peças de aço laminado ou fundido e de aço manganês endurecido, simultaneamente solicitados por alto impacto, compressão, atrito e abrasão. Devido à característica de alto rendimento, este eletrodo é particularmente apropriado para revestimentos econômicos. Como aplicações mais usuais indicamos: rolos, superfícies deslizantes, esteiras de tratores, coroas, rotores, moinhos cônicos, esteiras transportadoras, bate-estacas, moinhos de martelos, componentes de draga, polias em geral, chapas de desgaste, eixos entalhados, facas e matrizes etc.

### Características de Soldagem

A soldagem pode ser realizada nas posições plana, horizontal e vertical ascendente. Fácil remoção da escória e cordões com bom acabamento. Apesar de sua alta dureza o material depositado não apresenta riscos de trincas, mesmo aplicado em vários passes superpostos.

### Análise Química do Metal Depositado (em %)

C	Si	Mn	Cr
0.4	1.0	1.0	9.5

Dureza : ~58 HRC

Tipo de Corrente : CC (+) ou CA

### Regulagem da Máquina

Eletrodo Ø mm	2,5 x 300	3,25 x 350	4,0 x 450	5,0 x 450	6,0 x 450
Corrente A	50 – 70	90 – 120	130 – 160	170 – 210	210 – 250

### Instruções para Soldagem

Usar unicamente eletrodos secos. Se necessário, proceder a uma ressecagem de uma a três horas, a ~300 °C. Limpar a área de soldagem. Se o material de base for sensível a trincas recomendamos um preaquecimento de 250 a 300 °C. Esfriar lentamente após a soldagem. Tratando-se de aços manganês duros, deve ser dada toda atenção para se evitar o superaquecimento do material de base no decurso da soldagem. Este eletrodo deve ser utilizado particularmente quando se pretende realizar um enchimento em vários passes.

## ANEXO F - Ficha Técnica Arame Especial

**Desenvolvimento especial arame tubular para aplicação de chapisco em camisas de moenda na indústria sucroalcooleira.**

### Campo de Aplicação

O arame tubular, com alto teor de cromo, foi desenvolvido especialmente para aplicações de chapisco (pulverização) nas camisas de moenda da indústria sucroalcooleira. Sua aplicação através de processo semi-automático ou automatizado é bastante versátil, o que permite ser aplicado tanto fora da moenda como também durante a moagem, pois possui um arco elétrico agressivo tipo spray garantindo uma excelente pulverização nos frisos da moenda.

Devido à alta energia utilizada para a aplicação, as gotículas de solda se fundem no friso em uma área maior que normalmente ocorre com o eletrodo revestido, garantindo assim maior durabilidade do chapisco e mantendo a camisa sempre em boas condições para receber a próxima aplicação, proporcionando o máximo aproveitamento do bagaço.

### Análise Química do Metal Depositado (em %)

C	Cr	Si	B
4.5	25.0	1.8	+

**Dureza do Metal Depositado :** 58 HRC

**Tipo de Corrente:** CC polaridade inversa (+)

**Rendimento:** 10 – 12 kg/hora

**Gás de proteção :** Não é necessário.

### Regulagem da Máquina

Arame Tubular Ø (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)	Stick-out (mm)	Velocidade da Camisa (RPM)
2,8	350 – 600	30 – 45	50 – 80	4 – 6

### Instruções de Soldagem

Limpar bem a área a ser pulverizada.

## ANEXO G - Demonstrativo Técnico Arame

### Arame Tubular para aplicação de “chapisco” em camisas de moendas em Usinas de Açúcar e Etanol.

Fácil Aplicação, Alto Rendimento.

Arame Tubular auto protegido especialmente projetado para aplicação de “chapiscos” em camisas de moenda. Liga exclusiva de fácil ligação com o ferro fundido depositando gotas grandes de alta resistência ao desgaste. Processo contínuo, alta taxa de deposição, alta velocidade de aplicação, ótima ligação em ferro fundido nodular ou cinzento, e em camisas revestidas, gotas com elevada dureza, 55 – 60 hrc com alta resistência ao desgaste.

Projetado para ser usado com uma tocha especial, alimentador e uma fonte retificadora.

