



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II
PPGEM - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE FUMOS EM PROCESSOS DE
SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO COM ELETRODO REVESTIDO**

LEONARDO DOMINGOS PEREIRA

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO-2002

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE FUMOS EM PROCESSOS DE
SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO COM ELETRODO
REVESTIDO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE FUMOS EM PROCESSOS DE
SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO COM ELETRODO
REVESTIDO**

LEONARDO DOMINGOS PEREIRA

CAMPINA GRANDE – PB
2002

CGSC DIS

LEONARDO DOMINGOS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE FUMOS EM PROCESSOS DE
SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO COM ELETRODO
REVESTIDO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, CAMPUS II, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre

Orientador; Professor Dr. THEOPHILO MOURA MACIEL

CAMPINA GRANDE – PB

2002



P436a Pereira, Leonardo Domingos.
Avaliação do teor de fumos em processos de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido / Leonardo Domingos Pereira. - Campina Grande, 2002.
85 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2002.
"Orientação : Prof. Dr. Theophilo Moura Maciel".
Referências.

1. Soldagem. 2. Arco Elétrico. 3. Teor de Fumos - Soldagem. 4. Dissertação - Engenharia Mecânica. I. Maciel, Theophilo Moura. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

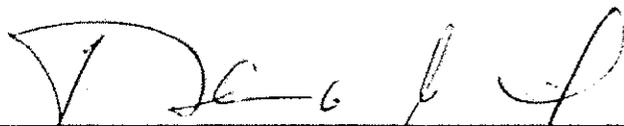
CDU 621.791(043)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Avaliação do Teor de Fumos em Processos
de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo
Revestido**

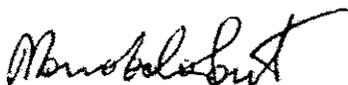
Dissertação aprovada em 15 de março de 2002.



**Prof. Dr. Theophilo Moura Maciel, Presidente
UFPB**



**Prof. Dr. Celso Luiz Pereira Rodrigues
UFPB**



**Prof. Dr. Marco Antonio dos Santos
UFPB**

Campina Grande, março de 2002.
PB - Brasil

Dedico este trabalho à minha mãe, fonte de ensinamentos e de sabedoria de vida, que permanecem indelevelmente marcadas. Dedico também à minha mulher, meus filhos, minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço no primeiro e em todos os momentos ao Criador, pelo dom da Vida, do Querer, do Poder, do Fazer.

Agradeço ao Professor Dr. THEOPHILO MOURA MACIEL, orientador desse trabalho, pela compreensão e profissionalismo.

Agradeço a participação com seus esforços, talentos, incentivos e cooperação de:

Osenir Viriândio Vieira da Silva Neto, aluno bolsista de Iniciação Científica,

Fernando Jose da Silva e Anchieta, técnicos soldadores do laboratório de Soldagem do DEM

João Baptista da Costa Agra Melo, estimado colega de trabalho e grande incentivador do presente trabalho

Manasses da Costa Agra de Melo, igualmente estimado colega de trabalho pela permanente disposição em cooperar.

Ao professor Dr. Natanael Victor de Oliveira, pelo incentivo quase quotidiano.

Aos Fabricantes dos eletrodos usados no trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE SÍMBOLOS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 Introdução	01
2 Objetivos	02
3 Fundamentação Teórica	03
3.1 - Principais Processos de Soldagem	03
3.2 - Soldagem ao Arco Submerso	05
3.3 - Soldagem TIG	07
3.4 - Soldagem MIG/MAG	08
3.5 - Soldagem Arame Tubular	10
3.6 - Soldagem ao Arco Elétrica com Eletrodo Revestido -SAER	11
3.6.1 – O Eletrodo Revestido	13
3.6.2 – Classificação dos Eletrodos	18
3.6.3 – Fontes de Potência	19
4 Segurança nos Processos de Soldagem	22
4.1 – Introdução	22
4.2 – Radiações	22
4.3 – Ruídos	22
5 Fumos e Substancias	25
5.1 Geração de Fumos	25
5.2 Composição dos Fumos	31
5.3 Efeito dos Fumos e Gases no Organismo Humano	32
5.4 Técnicas para Avaliação do Teor Fumos em Processos de Soldagem	41
5.5 Limite de Tolerância para Gases e Fumos na Soldagem	43
5.5.1 – Introdução	43
5.5.2 – Limites Críticos	45

5.5.3 – Normas Técnicas	48
6 Materiais e Métodos	50
6.1 Descrição Geral do Equipamento de Teste	52
7 Resultados e Discussões	56
8 Conclusões	72
9 Sugestões para Trabalhos Futuros	73
10 Referencias Bibliográficas	74
11 Anexos	77

LISTAS DE FIGURAS

Figura 3.1	Classificação dos Processos de Soldagem a Arco Elétrico	4
Figura 3.2	Representação Esquemática do Processo de Soldagem ao Arco Submerso	7
Figura 3.3	Esquema Representativo da Soldagem TIG	8
Figura 3.4	Representação Esquemática da Soldagem MIG/MAG	9
Figura 3.5	Esquema do Processo de Soldagem Eletrodo /Tubular	10
Figura 3.6	Esquema do Processo de Soldagem ao Arco com Eletrodo Revestido	12
Figura 3.7	Ponto de Operação de Soldagem entre as Curvas Características e a Tensão do Arco Elétrico	19
Figura 3.8	Regiões de Operação em Função de Curvas Características da Fonte e do Arco Elétrico de Soldagem	20
Figura 5.1	Taxas Típicas de Geração de Fumos no Processo de Eletrodo Revestido	26
Figura 5.2	Taxas de Fumos no Processo de Soldagem Arame Tubular	27
Figura 5.3	Efeito da Corrente na Geração de Fumos em Aços ao Carbono, em Processos Diferentes	28
Figura 5.4	Taxa de Geração de Fumos Para Três Eletrodos Característicos em Função do Comprimento do Arco	28
Figura 5.5	Distribuição das Partículas de Fumo de um Eletrodo AWS E 7018	29
Figura 5.6	Variação do Tamanho da Partícula do Fumo	33
Figura 5.7	Tamanho das Partículas de Fumos e Morfologia dos Fumos Considerando dois Tipos de Revestimentos	34
Figura 5.8	Contato com os Fumos Aspiração Mecânica	37
Figura 5.9	Aspiração Local	37
Figura 5.10	Sistemas de Aspiração Incorporados a Mesa	38
Figura 5.11	Variantes de Sistemas de Aspiração Local	39
Figura 5.12	Fotografia de um Pulmão Normal	40
Figura 5.13	Fotografia de um Pulmão de um Soldador	40
Figura 6.1	Representação Esquemática do Equipamento para o Experimento	52
Figura 6.2	Sistema Construído e Utilizado para a Coleta de Fumos	53
Figura 6.3	Sistema Desenvolvido para a Automatização do Processo de Soldagem	53
Figura 6.4	Sistema de Aquisição de Dados para Leituras da Corrente e da Tensão de Soldagem.	54
Figura 6.5	–Detalhe do apoio para o suporte do filtro para a coleta de fumo na cuba	54

Figura 6.6 Detalhe do Exaustor e das Aberturas que Foram Utilizadas pelo Soldador na Execução das Soldagens.	55
Figura 6.7 Detalhe Preparação do Experimento	55
Figura 7.1 Variação da Quantidade de Fumos em Função de P nos três Tipos De Eletrodos produzidos pelo fabricante A.	56
Figura 7.2 Variação da Quantidade de Fumos em função de P nos três tipos De Eletrodos Produzidos pela Fabricante B.	57
Figura 7.3 Variação da Quantidade de Fumos em Função de P nos três tipos de Eletrodos Produzidos pelo Fabricante C.	58
Figura 7.4 Variação da Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 7018 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.	60
Figura 7.5 Variação da Quantidade de Fumos em função de P para o Eletrodo AWS E 6010 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.	61
Figura 7.6 Variação da Quantidade de Fumos em função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.	62
Figura 7.7 Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzidos pelos Fabricante A.	63
Figura 7.8 Efeito da Polaridade obre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo E 7018 Produzidos pelos Fabricantes A	64
Figura 7.9 Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzidos pelo Fabricante C	65
Figura 7.10 Apresenta o Efeito da Polaridade sobre o Valor da Quantidade de Fumos para o Eletrodo AWS E 7018 Produzido pelos Fabricantes A.	66
Figura 7.11 Apresenta o Efeito da Polaridade sobre o Valor da Quantidade de Fumos para o Eletrodo AWS E 7018 Produzido pelo Fabricante B.	67
Figura 7.12 Apresenta o Efeito da Polaridade sobre o Valor da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo Fabricante C	68

LISTA DE TABELAS/QUADROS

Tabela 3.1 Caracterização das Funções (Componentes) dos Revestimentos Dos Eletrodos	14
Tabela 3.2 Descrição dos Principais Tipos de Eletrodos Revestidos	17
Tabela 4.1 Tipos de Radiações do Arco Elétrico de Soldagem	23
Tabela 5.1 Elementos Formadores de Fumos em Vários Tipos de Consumíveis	30
Tabela 5.2 –Problemas Causados no Homem pelas Diversas Concentrações de Oxigênio	44
Tabela 5.3 Valores Críticos dos Gases d seus Efeitos no Organismo Humano	46
Tabela 5.4 Padrões para Fumos de Soldagem	47
Tabela 7.1 Valores da Quantidade de Fumos para dada Tipo e Eletrodo, Produzido pelo Fabricante A e o Seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	56
Tabela 7.2 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo, Produzido pelo Fabricante B e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	58
Tabela 7.3 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo, Produzido pelo Fabricante C e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	60
Tabela 7.4 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 7018 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	61
Tabela 7.5 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 6010 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	62
Tabela 7.6 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 6013 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	63
Tabela 7.7 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 6013 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão.	64
Tabela 7.8 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 7018 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão .	64
Tabela 7.9 Valores da Quantidade de Fumos para o Eletrodo AWS E 6013 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão para o Fabricante C.	65
Tabela 7.10 Valores da Quantidade de Fumos para cada Tipo de Eletrodo AWS E 7018 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão para o Fabricante A.	66

Tabela 7.11	Valores da Quantidade de Fumos para o Eletrodo AWS E 7018 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão para o Fabricante B.	67
Tabela 7.12	Valores da Quantidade de Fumos para o Eletrodo AWS E 7018 e o seu Valor Médio com o Respectivo Desvio Padrão Para o Fabricante C.	68
Tabela 7.13	Comparação percentual entre os fabricantes e seus respectivos eletrodos, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g).	69
Tabela 7.14	Comparação percentual entre o tipo de eletrodo e seus respectivos fabricantes, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g).	69
Tabela 7.15	Comparação percentual entre o tipo de eletrodo e seus respectivos fabricantes, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g)	70
Quadro 5.1	Principais Contaminantes Gerados Pela Soldagem	35
Quadro 5.2	Concentração De Dióxido De Carbono, Nas Proximidades Da Máscara De Soldagem	36

LISTA DE SÍMBOLOS

AC	Corrente Alternada
ACGIH	ACGIH Conferencia Governamental Americana de Higiene Industrial (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)
ANSI	Instituto Americano de Padrão Nacional (American National Standards Institute)
AWS	Sociedade Americana de Soldagem
COSHH	COSHH Controle de Substancias Perigosas para a Saúde (Control of Substances Hazardous to Health)
DC	Corrente Continua
IIW	IIW Instituto Internacional de Soldagem (International Institute of Welding)
JIS	Padrão da Industria Japonesa
MAG	Soldagem Com Gás Ativo (Metal Active Gás)
MEL	Limites Máximos de Exposição
MIG	Soldagem Com Gás Inerte (Metal Inert Gás)
MPT	Medida Ponderada do Tempo
NIOSH	National Institute for occupational Safety and health
NR	Norma Regulmentadora
OES	OES Padrão de Exposição Profissional
OSHA	OSHA Segurança Profissional e Administração da Saúde (Occupational Safety and Health Administration)
PEL	Limites Permissíveis de Exposição Perm,issible Exposure Limits
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SAER	Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido
SAW	Soldagem Arco Submerso
TGF	Taxa de Geração de Fumos
TIG	Soldagem Com Proteção Gasosa e Eletrodo de Tungstênio
TLV	Threshold limits Values

RESUMO

Foi avaliada a influência das características do revestimento do eletrodo e dos parâmetros de soldagem sobre o teor de fumos no processo de soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido SAER. Para tanto, foi desenvolvido um sistema de coleta de fumos elaborado segundo Norma *Internacional* – ANSI/AWSF1.2-92. Para avaliar o efeito dos parâmetros de soldagem foram executadas soldagens com correntes variando de 85 a 145 A e tensões variando 20V a 31V, mantendo-se constante a velocidade de soldagem. Foram utilizados eletrodos do tipo Celulósico (AWS E 6010), do tipo Rutilico (AWS E 6013) e do tipo básico (AWS E 7018) obtidos de três fabricantes diferentes. Os valores apresentam diferenças significativas nas taxas de geração de fumos (quantidade) em função do tipo de revestimento, do tipo de fabricante e da polaridade utilizada.

Verificou-se que os valores relativos a quantidade de fumos variou significativamente em função da potência do arco, do tipo de revestimento, do tipo de fabricante e da polaridade utilizada no processo.

ABSTRACT

The influence of the features of the electrode covering and the parameters of welding on the amount of welding fumes in the Shielded Metal Arc Welding Process. Was evaluated. For in such a way, a system for fumes collection was elaborated in according to International Norm ANSI/AWSF1.2-92. To evaluate the effect of the parameters of welding with currents varying from a 85 to 145 A , and tension varying between 20V and 31V, had been executed, remaining constant the welding speed. Celulosic (AWS E 6010), Rutilic (AWS E 6013) and basic (AWS E 7018) Electrode type. Gotten from a three different manufacturers had been used. It was verified that the values of the welding fumes amounts varied by varying the arc power, the electrode covering, the manufacturer, and the polarity used.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem como processo de manutenção e fabricação, tem um vasto campo de aplicação nos dias atuais. São diversas as disponibilidades de processos, entretanto, a soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER), ainda é o processo mais utilizado, principalmente no Brasil, tendo em vista o seu baixo custo e versatilidade.

Com problemas naturais bastante conhecidos de segurança, como choques elétricos, radiações, queimaduras e contaminação ou envenenamento, pelos elementos constituintes dos revestimentos dos eletrodos, parece que pela não instantaneidade da sintomatologia, os trabalhadores da soldagem, e quiçá, os próprios organismos de controle não têm dado a importância devida a monitoração de tais efeitos.

Dentre os itens de segurança, aquele relacionado com o teor de fumos é de fundamental importância, tendo em vista causarem riscos respiratórios e em outras partes do organismo humano como nos rins, ossos, distúrbios neurológicos e até um envenenamento sistêmico, tudo isso como fatores de risco importantes para serem culturalmente trabalhados. (Monteiro K. P, 1992).

A importância do tema pode ser vista pôr dois aspectos: primeiro pelo não imediatismo do desconforto ocupacional, uma vez que os sintomas dos fumos raramente são sentidos no ato da execução da soldagem, criando assim a falsa cultura de que “ não faz mal ”; em segundo lugar, é importante porque monitorando as características dos fumos, será possível diminuir a quantidade de contaminantes ou poluentes ambientais, gerando informações inclusive para subsidiar as já constantes nos catálogos dos fornecedores.

A taxa de geração de fumos no processo SAER, varia em função dos parâmetros de soldagem e do tipo de revestimento. Sendo assim torna-se necessário dar a devida atenção aos controle desses parâmetros de soldagem no sentido de se evitar grandes valores da quantidade de fumos sem prejuízo de qualidade da junta soldada

2. OBJETIVOS

Avaliar a influência das características do revestimento do eletrodo, dos parâmetros de soldagem, do nível de intensidade e da polaridade da corrente elétrica sobre a quantidade de fumos gerada no processo de soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido.

Estabelecer com base nos resultados, propostas de trabalho no campo da saúde e engenharia ocupacional, notadamente pela grande variação de tipos de consumíveis e fabricantes.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. PRINCIPAIS PROCESSOS DE SOLDAGEM AO ARCO ELÉTRICO

De todos os processos de soldagem, aqueles que usam o arco elétrico como fonte de energia, são os mais usados nos diversos trabalhos tanto de fabricação quanto de manutenção. Considerando a multiplicidade de opções que o mercado atualmente oferece, inclusive pela automação e por propiciar controles para que os trabalhos de soldagem sejam realizados com segurança e qualidade. De forma geral, os processos de Soldagem ao Arco Elétrico podem ser classificados como se apresenta na Figura 3.1.

SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO	SOLDAGEM COM ELETRODO NÃO CONSUMIVEL	SOLDAGEM COM PROTEÇÃO GASOSA E ELETRODO DE TUNGSTENIO TIG/GTA	SOLDAGEM TIG/GTA
	SOLDAGEM COM ELETRODO CONSUMIVEL	SOLDAGEM SEM PROTEÇÃO EFETIVA	SOLDAGEM COM ARAME NU
		SOLDAGEM COM PROTEÇÃO GASOSA	COM GAS INERTE SOLDAGEM MIG COM GAS ATIVO SOLDAGEM MAG
		COM PROTEÇÃO POR MEIO DE FLUXO	SOLDAGEM ARCO SUBMERSO SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR NON GAS
	SOLDAGEM COM PROTEÇÃO GASOSA E FLUXO FUNDENTE	SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR E PROTEÇÃO DE CO2	

Figura 3.1 Classificação dos Processos de Soldagem a Arco Elétrico (adaptação Wainer, e Colaboradores, 1992)

O arco elétrico de soldagem, é caracterizado como uma forte descarga elétrica entre dois condutores e um gás. As temperaturas oriundas do arco elétrico, podem fundir todos os materiais convencionalmente conhecidos. Baseados nesse princípio muitos processos de soldagem foram estabelecidos. A seguir, apresentam-se os princípios de funcionamento dos mais importantes.

3.2. SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO

Soldagem a arco submerso (Submerged arc welding - SAW) une metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico (ou arcos) entre um eletrodo nu (ou vários eletrodos) e o metal de base. O arco está submerso e coberto por uma camada de material granular fusível que é conhecido por fluxo; portanto o regime de fusão é misto: por efeito joule e por arco elétrico. Dispositivos automáticos asseguram a alimentação do(s) eletrodo(s) a uma velocidade conveniente de tal forma que sua(s) extremidade(s) mergulhem constantemente no banho de fusão que se encontra sempre coberto e protegido por uma escória que é formada pelo fluxo e por impurezas.

Uma vantagem da soldagem a arco submerso é sua alta penetração. Por outro lado a alta taxa de deposição reduz a energia total de soldagem da junta. Soldas que necessitem de vários passes no processo de soldagem com eletrodo revestido podem ser depositadas num só passe pelo processo a arco submerso. (Inspecor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991).

Neste processo o soldador ou o operador de solda não necessita usar um capacete ou máscara de proteção, mas, visto que ele não pode ver através do fluxo, ele tem dificuldades de acertar a direção do arco quando se perde o curso.

Devido ao arco estar oculto da vista e requerer um sistema de locação de curso, o processo de soldagem a arco submerso tem flexibilidade limitada. Mas isto é compensado por diversas vantagens, tais como: alta qualidade da solda e boa resistência; taxa de deposição e velocidade de deslocamento extremamente alto; nenhum arco de soldagem visível, minimizando requisitos de proteção; pouca fumaça e facilmente automatizável, reduzindo a

necessidade de operadores habilidosos.

O processo de soldagem a arco submerso é aplicável a uma ampla faixa de espessuras e na maioria dos aços, ferríticos e austeníticos. Uma vantagem do processo de soldagem a arco submerso está na soldagem de chapas espessas de aços, por exemplo: vasos de pressão, tanques, tubos de diâmetros grandes e vigas. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991)

Como o arco é submerso, invisível portanto, a soldagem é normalmente executada sem fumaças, projeções e outros inconvenientes comumente verificados em outros processos de soldagem a arco elétrico. Daí, não necessitarmos de capacetes e outros dispositivos de proteção a não ser dos óculos de segurança. Eles devem ser escuros para proteção contra clarões no caso de, inadvertidamente, ocorrer a abertura de arco sem fluxo de cobertura.

A soldagem a arco submerso pode produzir fumaças e gases tóxicos. É sempre conveniente garantir por uma ventilação adequada no local de soldagem, especialmente no caso de áreas confinadas. O operador e outras pessoas relacionadas com a operação do equipamento de soldagem devem estar familiarizados com as instruções de operação do fabricante. Particular atenção deve-se dar às informações de precaução contidas no manual de operação. A Figura 3.2 ilustra o processo de soldagem com seus principais elementos. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991)

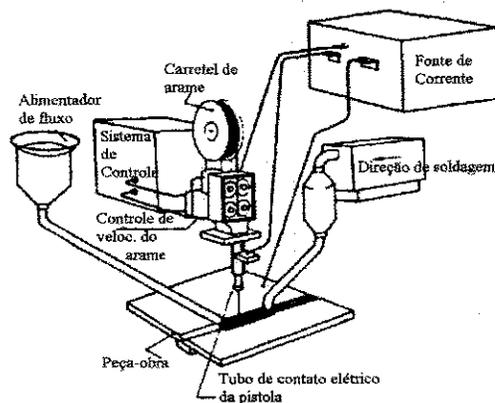


Figura 3.2 – Representação Esquemática do Processo de Soldagem Ao Arco Submerso (Marques, P. V. 1991.)

3.3. SOLDAGEM TIG

Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) é a união de metais pelo aquecimento deste com um arco entre um eletrodo de tungstênio não consumível e a peça. A proteção durante a soldagem é conseguida com um gás inerte ou mistura de gases inertes, que também tem a função de transmitir a corrente elétrica quando ionizados durante o processo. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição. Quando é feita com metal de adição, ele não é transferido através do arco, mas é fundido pelo arco. O eletrodo que conduz a corrente é um arame de tungstênio puro ou liga deste metal. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991)

A área do arco é protegida da contaminação atmosférica pelo gás protetor que flui do bico da pistola. O gás remove o ar, eliminando o nitrogênio, oxigênio e o hidrogênio do contato com o metal fundido e com o eletrodo de tungstênio aquecido. Há pouco ou nenhum salpico e fumaça. A camada da solda é uniforme e suave, requerendo pouco ou nenhum acabamento posterior

A soldagem TIG pode ser usada para executar soldas de alta qualidade na maioria dos metais e ligas. Não há nenhuma escória e o processo pode ser usado em todas as posições. Este é o mais lento dos processos manuais.

Na soldagem TIG a quantidade de radiação ultravioleta liberada é bastante grande. Partes da pele diretamente expostas a tais radiações queimam-se rapidamente, o que exige precauções; a proteção da vista é fundamental. Outro aspecto dessas radiações é sua capacidade de decompor solventes, com a liberação de gases bastante tóxicos. Daí que, em ambientes confinados, devemos cuidar para que não haja solventes nas imediações. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991). A Figura 3.3 apresenta um esquema representativo do processo.

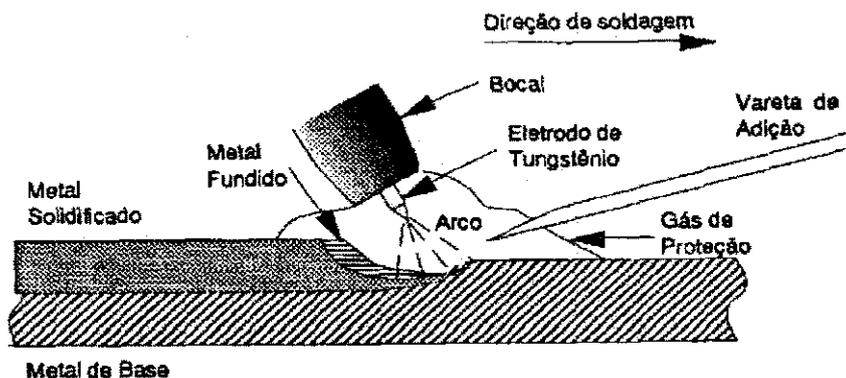


Figura 3.3 – Esquema Representativo da Soldagem TIG. (Marques, P. V. 1991.)

3.4. SOLDAGEM MIG/MAG

A soldagem MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) usa o calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu alimentado de maneira contínua e o metal de base. O calor funde o final do eletrodo e a superfície do metal de base para formar a solda. A proteção do arco e da poça de solda fundida vem inteiramente de um gás alimentado externamente, o qual pode ser inerte, ativo ou uma mistura destes. Portanto, dependendo do gás, poderemos ter os seguintes processos:

Processo MIG (Metal Inert Gas): injeção de gás inerte. O gás pode ser: argônio; hélio/argônio + 1% de O_2 argônio + 3% de O_2 . Processo MAG (Metal Active Gas): injeção de gás ativo ou mistura de gases que perdem a característica de inertes, quando parte do metal de base é oxidado. Os gases utilizados são: - CO_2 , CO_2 + 5 a 10% de O_2 , argônio + 15 a 30% de CO_2 , argônio + 5 a 15% de O_2 argônio + 25 a 30% de N_2 .

As escórias formadas nos processos de soldagem com eletrodo revestido e soldagem a arco submerso não se formam no processo de soldagem MIG/MAG, porque, nesse processo, não se usa fluxo. Entretanto, um filme vítreo (que tem o aspecto de vidro) de sílica se forma com eletrodos de alto silício, o qual deve ser tratado como escória. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991)

A soldagem MIG/MAG é um processo bastante versátil. As maiores vantagens são:

- taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido
- menos gás e fumaça na soldagem
- alta versatilidade
- larga capacidade de aplicação
- solda uma faixa ampla de espessura e materiais

A soldagem MIG/MAG pode ser semi-automática ou automática: No processo semi-automático, o eletrodo é alimentado automaticamente através de uma pistola; o soldador controla a inclinação e a distância da pistola da peça, bem como a velocidade de deslocamento e a manipulação do arco. A soldagem MIG/MAG pode também ser usada para aplicações de revestimento superficial. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991). A Figura 3.4, representa esquematicamente a soldagem MIG/MAG

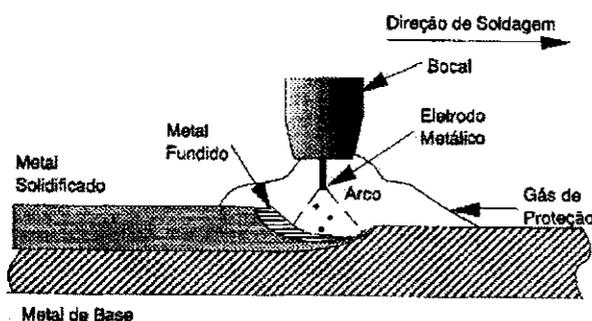


Figura 3.4 – Representação Esquemática da Soldagem MIG/MAG (Marques, P. V. 1991.)

3.5. SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR

A soldagem por arco elétrico com arame tubular (SAT) é um processo de soldagem em que o arco elétrico é estabelecido entre um eletrodo metálico tubular, que é contínuo, e a peça que se pretende soldar. A proteção tanto da solda quanto do arco elétrico de soldagem, é feita por um fluxo contido dentro do eletrodo podendo ser suplementada por um fluxo de gás proveniente de uma fonte externa. Os fluxos protetores podem ter funções semelhantes aquelas promovidas pelos revestimentos dos eletrodos.

O processo arame tubular, apresenta geralmente duas versões ou seja o processo do arame auto protegido e aquele onde há necessidade de complemento de proteção, o que normalmente é feita por CO_2

O processo SAT é normalmente semi-automático e em termos de equipamentos, guarda muita semelhança ao processo MIG/MAG bem como alto fator de trabalho do soldador, taxa de deposição, rendimento e produtividade além da qualidade da solda ser muito boa. Também é semelhante ao processo SAER, pela versatilidade, ajustes de composição química e indicações de aplicação para qualquer tipo de aço. A tecnologia de fabricação de arames é bem desenvolvida, estando no mercado arames com diâmetros em torno de 0,8 milímetros. A Figura 3.5 mostra o esquema do processo com eletrodo tubular.

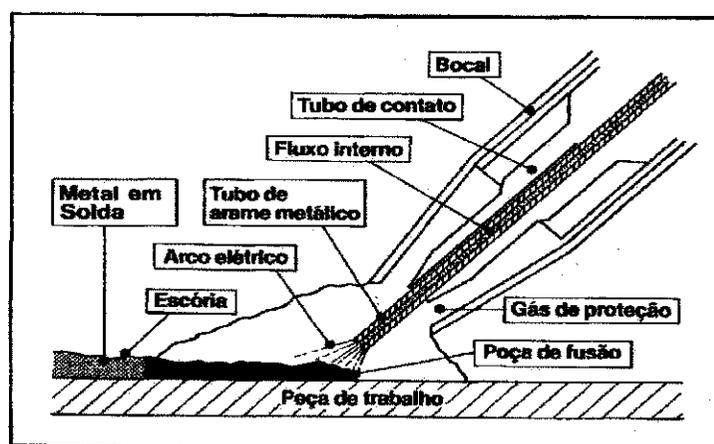


Figura 3.5 – Esquema do Processo de Soldagem Eletrodo /Tubular (Marques, P. V. 1991.)

3.6. SOLDAGEM AO ARCO ELETRICO COM ELETRODO REVESTIDO

No processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER), um arame coberto com revestimento é fundido sobre a peça de trabalho pelo calor de um arco elétrico que é estabelecido entre o eletrodo e a peça. A corrente elétrica que sustenta o arco pode ser alternada ou contínua. No caso de corrente contínua, o polo negativo, pelo qual os elétrons entram no arco é chamado "cátodo" e o pólo positivo é conhecido como "ânodo". Nos processos em que se utiliza eletrodos consumíveis, a polaridade reversa (ânodo positivo) é usada para a maioria das aplicações. (Inspetor de soldagem. FBTS 1983; Marques, P. V. 1991)

As fontes de potência para soldagem, dependendo de sua construção, possibilitam a soldagem com corrente contínua, com corrente alternada ou com ambos os tipos. A escolha de um ou outro tipo de corrente, pode estar ligado à própria característica da fonte, dos materiais a serem trabalhados ou do tipo de soldagem a ser executada. Fatores operacionais, metalúrgicos também estão associados ao tipo de fonte/corrente que é utilizada no processo. No caso da corrente alternada algumas vantagens ou recomendações do seu uso podem ser listadas, tais como: não é sensível ao sopro magnético; consegue-se maiores velocidades de soldagens; as fontes são mais leves e mais compactas e a relação de consumo de energia é menor devido ao seu rendimento. (Wainer, E; Brandi, S. D; Mello, F. D. H, 1992: Gareis, B. 1994)

Em se tratando da Corrente Contínua, algumas vantagens do seu uso podem ser listadas tais como: permitir o uso de eletrodos com menos elementos ionizáveis, e é indicado para trabalhos em chapas finas ou soldagens fora de posição, devido a boa estabilidade de transferência do metal de adição, opcional para execução de soldas exclusivamente profundas ou soldas exclusivamente rasas, e pode ser conseguida independentemente de circuitos elétricos e assim trabalhar em lugares onde não exista eletricidade.

A soldagem com Eletrodo Revestido é realizada manualmente, mas equipamentos semi automatizados estão também disponíveis A fonte de soldagem é comumente de

"corrente constante" para prevenir mudanças da tensão durante a soldagem manual. Na operação manual, o soldador toca a ponta do eletrodo no metal de base para iniciar o arco.

Este procedimento aquece a face descoberta do arame do núcleo do eletrodo e queima o revestimento, induzindo a ionização de alguns elementos, que estabilizam o arco. Estabilizado o arco elétrico, o soldador deve ser capaz de iniciar um movimento sincronizado de mergulho na direção da poça e de avanço na direção da soldagem. (Machado , I .G 1996)

Durante a soldagem, a corrente elétrica passa do porta eletrodo para o eletrodo e através deste para a coluna do arco, entrando na poça de fusão e no metal de base. O calor gerado pelo arco funde tanto o metal de base quanto o eletrodo e causa a transferência do metal líquido, na forma de gotas da ponta do eletrodo para a poça de fusão. Entre 60 e 90 segundos, tempo em que um eletrodo é consumido, fenômenos físico-químicos, metalúrgicos e elétricos ocorrem na zona do arco, os quais são decisivos na morfologia, nas propriedades mecânicas e na microestrutura da solda. Interações metal/escória na poça da solda e aquecimento do eletrodo devido ao efeito joule, e também devido ao calor conduzido do arco, são alguns destes fenômenos. A Figura 3.5 representa o princípio de funcionamento do processo. (Marques, P. V. 1991.)

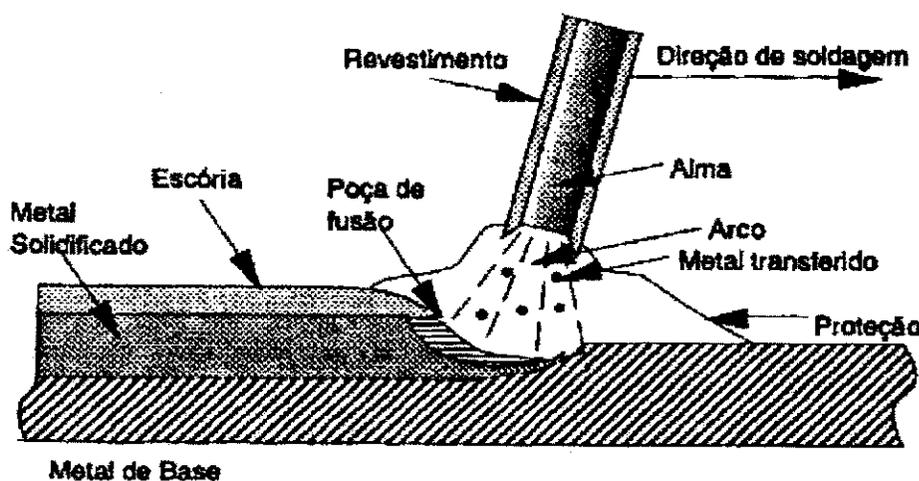


Figura 3.6 : Esquema do Processo de Soldagem ao Arco com Eletrodo Revestido (Marques, P. V. 1991.)

3.6.1. O ELETRODO REVESTIDO

A fabricação de eletrodos revestidos para o processo SAER se torna cada vez mais complicada à medida que a faixa de aplicações se amplia pois, cada aplicação requer uma consideração especial.

O revestimento do eletrodo é geralmente compactado em torno de um arame por meio de prensas extrusoras com grande capacidade de pressão. O material do arame do núcleo do eletrodo para eletrodos de aço doce ou de baixa liga é, na maioria dos casos, o aço de baixo carbono. Para aços de alta liga, um arame com composição química similar à do metal de base é mais usado

O revestimento exerce várias funções entre as quais destacam-se:

1. Geração de atmosfera de proteção para o arco e a poça de solda fundida;
2. Fornecimento em quantidade suficiente, de elementos desoxidantes ao metal de solda para refinar a microestrutura;
3. Fornecimento de elementos de liga ao metal de solda;
4. Formação de uma escória para proteger o metal de solda durante a solidificação e o resfriamento;
5. Promove a estabilidade do arco, (Machado, I. G., 1996; Quite, A. M. Dutra, J. C., 1979).

Aos principais elementos, que constituem a mistura dos revestimentos, são associadas funções principais e funções secundárias, que podem ser resumidas segundo a Tabela 3.1, (Quites, A. M. Dutra, J. C., 1979; Okumura, T. Célio T, 1982., Wainer, E. Brandi, S. Duarte; Mello, F. D. H. de, 1992, Marques, P. V. 1991).

Tabela 3.1 – Caracterização das funções dos componentes dos revestimentos dos eletrodos
(Wainer, E. Brandi, S. Duarte; Mello, F. D. H. de 1992).

CONSTITUINTES/COMPOSIÇÃO	FUNÇÃO MAIS IMPORTANTE	FUNÇÃO SECUNDÁRIA
Celulose	Formador de fumaça de proteção	É desoxidante e reforça o revestimento
Argamassa de Porcelana	Formador de Escoria	Estabilizador do Arco Elétrico
Talco	Formador de Escoria	Estabilizador do Arco Elétrico
Óxido de Titânio	Formador de Escoria Estabilizador do Arco Elétrico	
Ilmenita	Formador de Escoria Estabilizador do Arco Elétrico	
Óxido de Ferro	Formador de Escoria Oxidação	Estabilizador do Arco Elétrico
Carbonato de Cálcio	Formador de Escoria Geração de Gás	Estabilizador do Arco Elétrico Oxidação
Ferro manganês	Formador de Escoria Desoxidante	Adição de Elementos de Liga
Dióxido de Manganês	Formador de Escoria	Oxidação Adição de Elementos de Liga Reforça o revestimento
Sílica	Formador de Escoria Aglomeração	Oxidação Adição de Elementos de Liga
Silicatos de Potássio	Estabilizador do Arco Elétrico Formador de Escoria Fixador do Fluxo	
Silicatos de Sódio	Formador de Escoria	Estabilizador do Arco Elétrico

Quando os revestimentos dos eletrodos são fabricados para serem usados em corrente alternada (AC), o arco se extingue cada vez que a corrente passa pelo zero e é restabelecido cada vez que a corrente inverte a sua direção. Para uma boa estabilidade do arco, é necessário que tenha um gás no fluxo do arco, que permaneça ionizado a cada inversão da corrente. Este gás, tornará possível a re-ignição do arco. Os gases que rapidamente ionizam são facilmente encontrados em compostos, incluindo aqueles como o Potássio. É a inclusão destes compostos no revestimento que torna possível a operação em (AC). (Marques, P. V., 1991.)

A ação de proteção do arco é basicamente a mesma para todos os eletrodos, mas o método e o volume de escória produzido variam de um tipo para outro. Alguns materiais de revestimento têm os seus volumes convertidos em gás, gerando uma escória muito fina. Esse tipo de eletrodo depende de uma proteção gasosa para prevenir contaminações do ar atmosférico. (Machado, I. G., 1996)

Por outro lado, existem eletrodos cujo volume de revestimento é transformado em escória pelo calor do arco e em um volume pequeno de gás de proteção. Pequenos glóbulos de metal transferido são inteiramente protegidos por uma pequena camada fina de escória fundida. Esta escória flutua na superfície da poça de fusão pois é mais leve, e solidifica depois do metal de solda. A soldagem feita com este tipo de eletrodo é caracterizada por grandes deposições de escória, cobrindo completamente a camada de solda. Entre estes dois extremos, existe uma variedade de eletrodos, cada um com uma combinação diferente de gás e escoria de proteção (Machado, I. G., 1996; Marques, P. V., 1991)

Ingredientes como CaF_2 , por causa da volatilização do flúor, podem gerar um arco frio e diminuir a taxa de fusão. A taxa de fusão parece estar associada com a forma do revestimento na ponta do eletrodo durante a soldagem. Em termos gerais, os eletrodos revestidos pertencem a três categorias diversas que caracterizam inclusive o mecanismo geral de proteção da poça de fusão. Nesse sentido existem eletrodos orgânicos ou celulósicos, eletrodos metálicos ou minerais e os eletrodos à base de carbonato de cálcio. (Quites, A. M. Dutra, J. C., 1979)

As características dos principais elementos são: Celulose - geração de gás de proteção, os gases provem de materiais orgânicos. Rutilio - estabilizador e escorificante, com grande

quantidade de óxido de titânio e Carbonato de Cálcio - escorificante e gerador de gás de proteção, além da cal, possui a fluorita, é higroscópico e elimina não metálicos como os sulfetos e os fosfetos. Como os elementos possuem características comuns e específicas. A Tabela 3.2, mostra as principais funções dos principais elementos do revestimento dos eletrodos. (Machado, I. G, 1996)

Tabela 3.2 – Descrição dos principais tipos de eletrodos revestidos (Okumura, T, Célio T, 1982, Wainer, E. Brandi, S. D; Mello, F. D. H. 1992)

TIPO DE REVESTIMENTO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Ácido	Esse tipo de eletrodo, pela sua alma efervescente, e baixa propriedade mecânica , apesar de produzir cordões de bom aspecto , está em desuso. Em sua composição, estão presente teores significativos de óxido de ferro e manganês, além de silicatos de alumínio e ferro manganês. A escória, naturalmente ácida, é abundante e porosa, porem facilmente destacável. Não há restrição de tipo de corrente. Como foi dito acima metalurgicamente, a solda pode sofrer trincas na solidificação, exatamente pela presença dos elementos carbono e mais significativamente fósforo e enxofre.
Básico	Esse tipo de eletrodo, contrariamente ao anterior, é o que possui a melhor relação propriedades mecânicas e condições metalúrgicas, portanto para soldagens de responsabilidade. O metal depositado é bem purificado e desoxidado. Em sua composição estão presentes, principalmente, carbonatos de cálcio e fluorita, o tipo de escória é fluida, devido a fluorita, soltando com facilidade. Devido ao processo de fabricação, o eletrodo básico tem muita facilidade de absorver a umidade ambiental, merecendo trato especial com relação a esse aspecto (higroscopia)
Celulósico	Esse tipo de eletrodo, pelo alto teor de celulose, protege a solda através dos gases e fumaça por ele produzido. A penetração é boa, entretanto o aspecto do cordão não é bom, sendo indicado para soldas de responsabilidade, entretanto, sem apresentação.
Rutílico	Esse tipo de revestimento é indicado para uso geral, entretanto para revestimento tem muita aceitação, devido a penetração ser de média para baixa. Sua composição é basicamente Rutílio e a escória solidifica-se rapidamente, entretanto é de fácil retirada.
Básicos/Rutílico	Combinando características dos revestimentos básicos e Rutílico.
Ilmenítico	Esse tipo de eletrodo produz um arco relativamente potente, sendo indicado para soldas de alta penetração. Está situado entre os eletrodos do tipo ácido com alto teor de ferro e o Rutílio. O nome ilmenita, deriva-se desse elemento, um aglomerado de óxido de titânio, ferro e manganês.
Adições de Pó de Ferro	Artificio metalúrgico, inerente a alguns revestimentos, com finalidade básica de aumentar o rendimento de deposição (peso do depósito é maior do que o peso da alma fundida). É um eletrodo de arraste normalmente espesso não apresentando qualquer tipo de dificuldade na soldagem, alem de realizar um ótimo cordão.

3.6.2. CLASSIFICAÇÃO DOS ELETRODOS NO PROCESSO SAER

Os eletrodos utilizados no processo SAER são classificados segundo normas tanto nacionais quanto internacionais. Eletrodos de aço carbono, ligas de aço de baixo carbono e aços inoxidáveis são também classificados em função do tipo de corrente, e às vezes da posição de soldagem. Para aço carbono, a classificação segundo (AWS A5.1) é : E XXXXX, onde E designa o eletrodo, os dois ou três primeiros dígitos indicam a tensão em ksi, o terceiro dígito representa a posição de soldagem (1 representa todas as posições), o último se refere ao tipo de revestimento e tipo de corrente a ser usada. Por exemplo E 7018, é um eletrodo com 70ksi de limite de ruptura, solda em qualquer posição (1) , tanto em corrente alternada quanto corrente contínua com polaridade positiva.

A base do revestimento é Calcário, Rutílio, na forma de óxido de titânio, silicatos, pós de ferro (8) . Diversos catalogos de fabricantes complementam a indicação do eletrodo referenciado por várias características entre as quais: é um eletrodo sensível a umidade indicado para soldagens de média a alta responsabilidade, depositando um metal de alta qualidade. (Okumura,T. , Célio T. , 1982)

Para eletrodos de aço de baixa liga de carbono, acrescenta-se um sufixo de dois dígitos (uma letra e um número) que designam a composição química. Eletrodos de aço resistente à corrosão têm o "E" de eletrodo, e os três primeiros dígitos se referem ao tipo de liga (composição química), seguido de uma ou várias letras que indicam a modificação, e os últimos indicam a posição e o tipo de corrente adequada para soldagem, por exemplo: E 309 16: é um eletrodo para soldar aço do tipo 18/8, tem um revestimento a base de Rutílio e silicatos de Potássio além de poder soldar em qualquer posição. Pode ser utilizado em soldagens dissimilares.

Para cobre e ligas de cobre, o eletrodo é classificado de maneira semelhante aos de níquel. A diferença é que cada classificação individual dentro do grupo é identificada por letras as vezes seguidas de um número. Os grupos são: Cobre Silício, Cobre Estanho, Cobre Níquel, e Cobre Alumínio. As especificações mais importantes são as da AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS. Welding Handbook. (Marques, P. V. 1991).

3.6.4. FONTES DE POTÊNCIA

As fontes de potência existem em Corrente alternada (AC) e Corrente Contínua (DC) e unidades combinadas AC/DC. Para o processo SAER, é preferível uma fonte de corrente constante ao invés de tensão constante pois é difícil para o soldador manter constante o comprimento do arco.

Quando se fala em fontes de energia, máquinas de solda ou fontes de potência para soldagem ao arco elétrico, dois parâmetros básicos devem ser destacados: correntes e tensão. A relação entre esses dois fatores determina as “curvas características” da fonte de potência.

Toda fonte de potência tem uma tensão de constituição (U_0) também conhecida como tensão em vazio ou tensão em circuito aberto. Essa tensão por questões de segurança, varia entre 80 e 100 volts. Ligada à tensão, sempre existirá uma corrente de curto circuito (I_0). A operação se realiza pela combinação dos dois parâmetros, ou seja; tensão e corrente.

A Figura 3.7, mostra o ponto de realização da soldagem, originado pela tensão característica da fonte e pela tensão característica do arco elétrico.

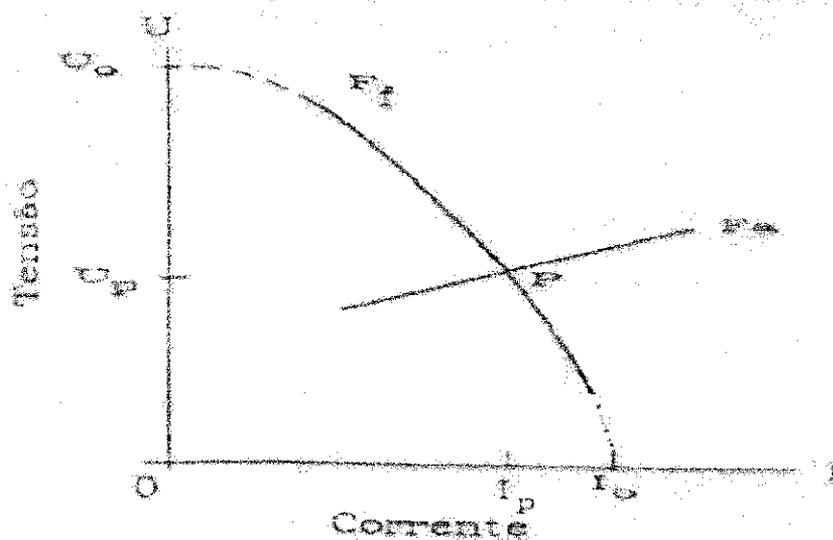


Figura 3.7 – Ponto de Operação de Soldagem entre as Curvas Características e a Tensão do Arco Elétrico. (Machado , I. G. 1996)

A Figura 3.8, mostra regiões de operação em função de curvas características da fonte e do arco elétrico de soldagem. (Machado, I. G. 1996)

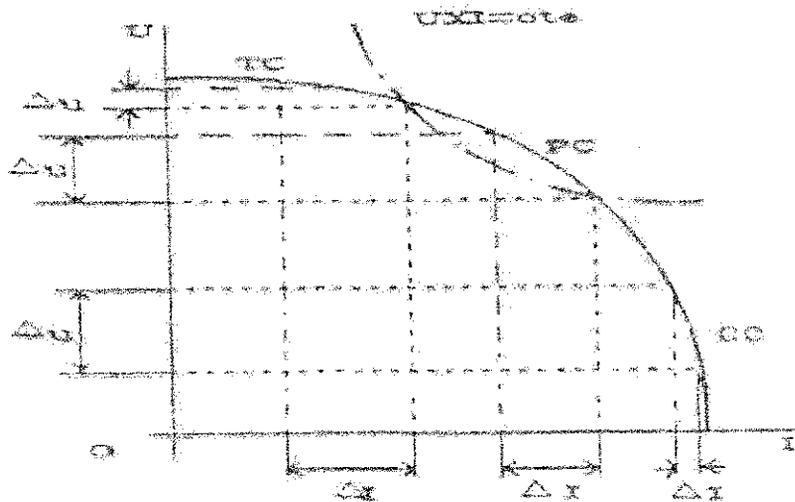


Figura 3.8 - Regiões de Operação em Função de Curvas Características da Fonte e do Arco Elétrico de Soldagem. (Machado , I. G. 1996)

Na região nas proximidades do curto circuito nota-se que a variação do comprimento do arco, provoca pequena variação de corrente e grande variação de tensão. A curva é chamada de corrente constante ou tombante (CC)

Nas proximidades do circuito aberto nota-se que a variação do comprimento do arco provoca pequena alteração de tensão e grande variação de corrente. A curva nesse caso é chamada de tensão constante ou plana (TC)

Na região intermediária com tensão e corrente variando inversamente ao seu produto permanecendo praticamente constante, a curva é chamada de “potência constante” (PC). Cabem aqui duas observações importantes:

a) No caso genérico das soldagens manuais é improvável que o soldador consiga manter o tempo todo o mesmo comprimento do arco, assim uma curva constante ou tombante é indicada;

b) No caso genérico das soldagens onde o eletrodo é de alimentação em corrente contínua, o comprimento do arco é mantido constante e mesmo que haja pequenas flutuações, o sistema se ajusta automaticamente. A característica estática da fonte deve considerar a relação tensão/corrente em regime de estabilidade. Se a corrente cresce rapidamente, o curto circuito provoca uma explosão e o arco se extingue. Se a corrente cresce vagarosamente, o eletrodo tenderá a grudar-se na peça.

4. SEGURANÇA NOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

4.1. INTRODUÇÃO

A soldagem e seus processos afins podem causar danos tanto a saúde do trabalhador quanto ao meio ambiente, constituindo-se assim em uma atividade de perigo e de insalubridade onde normas e procedimentos específicos devem ser obedecidos no sentido de minimizar impactos.

Interesse especial deve ser dado portanto quanto à caracterização dos problemas e meios de evitá-los, pelo uso adequado de ferramentas, máquinas e a utilização de equipamentos de proteção individual.

Na execução de uma soldagem ao arco elétrico estarão sempre presentes elementos como eletricidade, calor, luz, metal de base, metal de adição, escórias, fluxo e decapantes, originando, portanto, cuidados com perigos de várias ordens, podendo ser resumidos em problemas elétricos, problemas caloríficos, problemas respiratórios, além dos problemas da fisiologia e ambientação do próprio ato de soldar. (Okumura, T, Taniguchi, C, 1982. - Gareis, B, 1994.).

4.2. RADIAÇÕES DO ARCO ELETRICO

Na soldagem ao arco elétrico a radiação está sempre presente, independentemente da versão do processo, com a produção quase sempre de luz e calor, radiações de luz visível, ultravioleta, radiação infravermelha e raios x. As caracterizações das radiações podem ser vistas do Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Tipos de Radiações do Arco Elétrico de Soldagem
(Okumura,T, Taniguchi, C, 1982)

TIPO DE RADIAÇÃO	FAIXA DE ONDAS	FAIXA PERIGOSA
INFRAVERMELHA	780 – 4000 mm	780 – 2000 mm
VISIVEL	380 – 780 mm	-
ULTRAVIOLETA	200 – 380 mm	200 – 315 mm

Qualquer que seja o tipo de radiação a visão é o sentido mais afetado devendo portanto, ser protegido. Os raios ultravioletas são ativos quimicamente e produzem uma espécie de cegueira instantânea (menores que 297 mm), tendo um período de incubação de 30 minutos a 24 horas, com o desaparecimento dos sintomas em 48 horas. (Okumura,T, Taniguchi, C, 1982, Gareis, B. , 1994.).

Os raios infravermelhos, (menores que 1600 mm) secam as células do globo ocular ocasionando dano permanente. No caso de queimaduras, a sensação é de ardor como se houvesse areia nos olhos sendo que os casos mais graves resultam em conjuntivite. Na pele o efeito se assemelha ao ocasionado pelos raios solares. Os raios visíveis são os menos complicados, apenas fatigam os olhos alterando sua eficiência por relativo curto espaço de tempo.(Okumura,T, Taniguchi, C, 1982 , Andrade, A. S, Toledo, Marcos, 1995)

4.2. PROTEÇÃO CONTRA RUÍDOS

O ruído, não é uma característica própria dos processos de soldagem. As atividades correlatas são mais barulhentas que os processos. O ruído genericamente causa desconforto temporário ou permanentemente ao soldador. Os meios de proteção podem ser de dois níveis: o confinamento da fonte barulhenta ou o uso de protetores auriculares adequados e paredes antiruídos. Para referências tem-se baseado no espectro de frequência do ouvido humano:

Em soldagem, os problemas causados pelo ruído dependem tanto do nível quanto do tempo de exposição. Caracteristicamente, em soldagem com Eletrodo Revestido, o ruído é menor que 80 decibéis, que pode ser tomado como referencia para outros processos.

Existem leis, com indicativos de limites de tolerância. Por exemplo para um ruído médio de 90 decibéis, é permitido no máximo uma exposição de 8 horas dia. Em torno de 105 decibéis, o tempo permitido é de apenas 15 minutos dia e acima de 115 decibéis é extremamente perigoso recomendando-se zero tempo de exposição. (Machado , I. Guerra, 1996 Paranhos R, 1992).

No item 11 desse trabalho, apresenta-se como ilustração, anexos sobre a norma regulamentadora NR6 (anexo I) e informações sobre operações de soldagem e corte a quente, com indicações de alguns equipamentos de proteção individual (anexo II), os quais se revelam de muita importância como elementos de segurança no setor.

5. FUMOS E SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

A preocupação com os agentes contaminantes dos fumos de soldagem é uma constante. A grande quantidade de material produzido, caracteriza os riscos, medidas de precauções, projetos de ventilação e sobretudo a análise dos materiais sabidamente prejudiciais a saúde do trabalhador

5.1. GERAÇÃO DE FUMOS E GASES EM SOLDAGEM

Em soldagem todos os processos e suas operações conexas, produzem uma certa quantidade de fumos ou gases variáveis em quantidade e composições e, sempre devem ser motivo de preocupação, pois além dos vapores podem conter também partículas sólidas.

Nos processos de soldagem, a alta densidade de energia aumenta a temperatura dos materiais que estão sendo trabalhados; em consequência são produzidos vapores metálicos que associados a gases tóxicos produzidos pelo arco elétrico contaminam o ambiente de soldagem. Compreender os riscos potenciais é um passo importante para tirar bom proveito deste tão difundido método de fabricação.

O conjunto de mecanismos na geração dos fumos de soldagem é denominado como V-C-O significando Vaporização, Condensação e Oxidação. Segundo este mecanismo a origem dos fumos de soldagem está na vaporização dos materiais na presença de elevadas temperaturas no processo de soldagem.

Quando a temperatura da massa do fumo cai, as partículas sólidas são formadas e sincronizadamente com o contato com o oxigênio presente no ar se oxidam. A diferença de temperatura entre o ar e a massa de fumos, empurra para a atmosfera os contaminantes. (Hilton, D.E, & Plumridge, P.N. 1991, ANSI/AWS FI.4-87,)

Portanto, os fumos são gerados por um conjunto de fenômenos ou fatores químicos e físicos, principalmente na superfície do eletrodo ou na superfície das partículas durante sua trajetória pela coluna do arco. Alguns desses fatores são: temperatura de fusão na superfície

do metal, reação química entre o metal fundido e o gás de proteção, pressão de vapor dos materiais contidos na liga, transportes de vapores da superfície do metal fundido para a atmosfera do arco, vaporização do fluxo, decomposição e remoção dos vapores do arco.

É importante o conhecimento das características de cada processo de soldagem e dos materiais envolvidos, pois até consumíveis de mesma classificação, podem dar origem a taxas de geração de fumos diferentes. (Khouri. M, Monteiro M. P .1992).

No caso dos eletrodos revestidos, objeto de estudo desse trabalho, a geração de fumo depende das características dos revestimentos. Assim, considerando alguns metais de base tipo aços carbono, temperáveis e de alta liga tem-se uma variação de 0,5 a 1 g/min na taxa de geração de fumos. Figura 5.1 apresenta faixas de geração de fumos de acordo com o tipo de eletrodo no processo SAER.

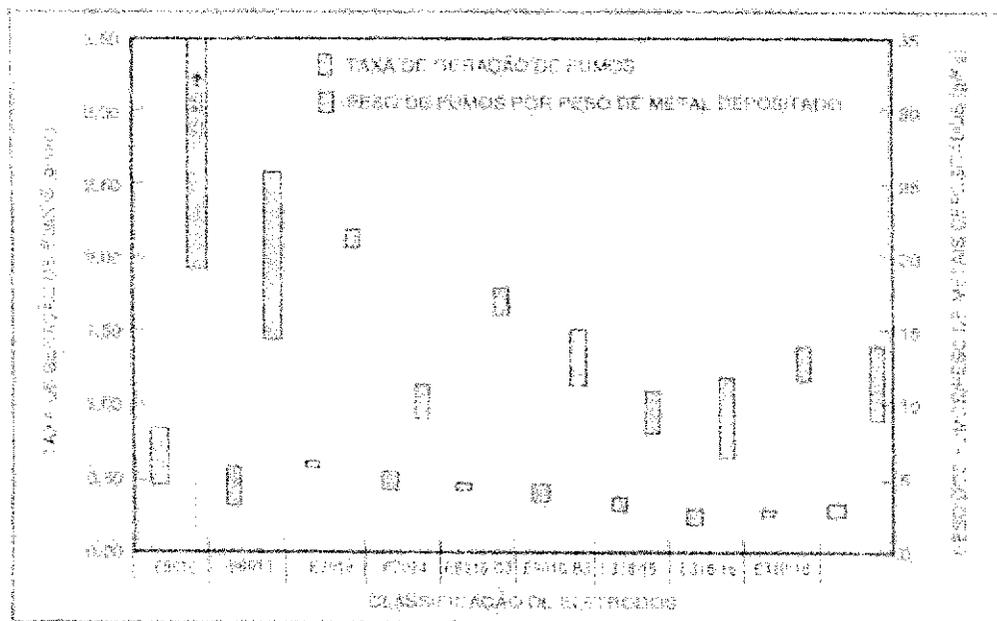


Figura 5.1. Taxas Típicas de Geração de Fumos no Processo de Soldagem com Eletrodo Revestido (Howden. D.G.,1992).

Processos diferentes de soldagem, geram taxas de fumos diferentes. No caso de processos com arame tubular, é importante saber o tipo de fluxo e se o eletrodo tem proteção gasosa ou é auto protegido. Como a produção de fumos nesse processo se assemelha ao eletrodo revestido, apresenta-se a seguir a Figura 5.2 onde se observa as taxas típicas de geração de fumos no processo.

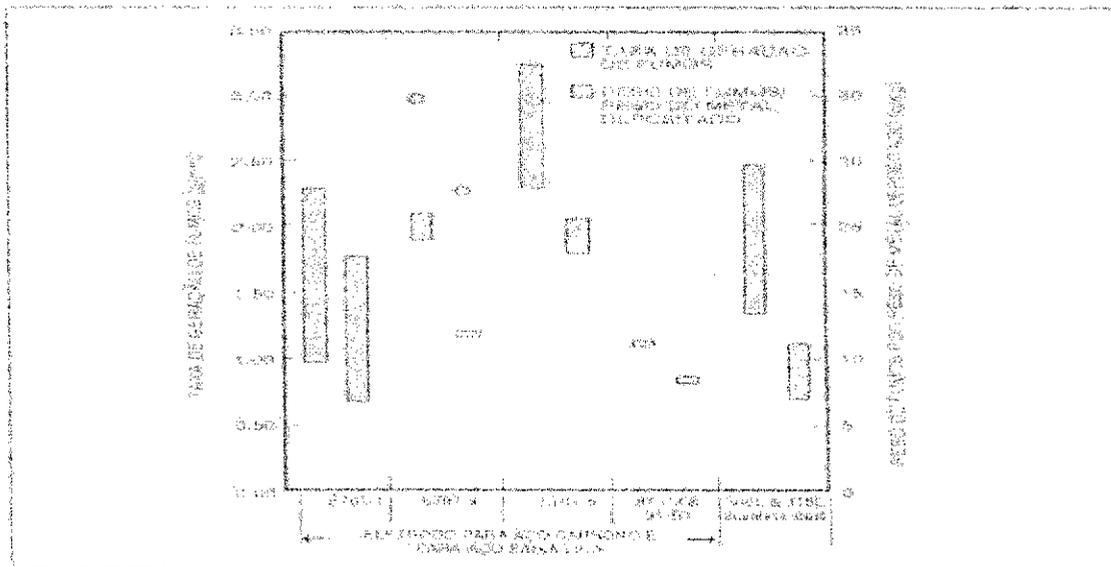


Figura.5.2. Taxas de Fumos no processo de Soldagem Arame Tubular (Howden. D.G., 1992).

Verifica-se que as taxas de geração de fumos são mais significativas do que no processo de soldagem SAE, isso porque o processo se realiza com correntes de soldagem mais altas, aumentando assim a taxa de deposição de solda

Nos processos MIG\MAG as taxas são baixas nos aços, independentemente da proteção, sendo bem significativa na soldagem do alumínio, principalmente quando ligado ao magnésio. No caso das Soldagens TIG e Arco Submerso, as taxas são relativamente baixas. (Howden. D.G.,1992)

A corrente de soldagem, é uma variável importante na taxa de geração de fumos, pois aumentando-se a corrente nos limites tecnológicos, aumenta-se a taxa de fusão do eletrodo e em consequência a taxa de geração de fumos.

No caso da soldagem com eletrodo revestido, como é um processo essencialmente manual, o controle do comprimento do arco elétrico de soldagem é um fator a se considerar. As Figuras 5.3 e 5.4 mostram sinteticamente o comportamento genérico de geração de fumos para diferentes processos em função da corrente e do comprimento do arco, percebendo-se que a taxa de geração de fumos é diretamente proporcional a esta variável e varia proporcionalmente ao quadrado da corrente. (Howden.D.G, 1992).

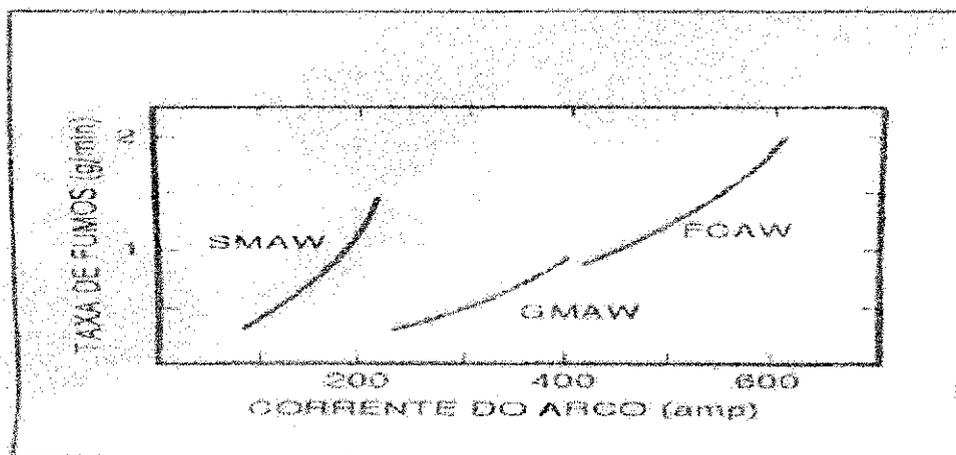


Figura 5.3 Efeito da Corrente na Geração de Fumos em Aços ao Carbono, em Processos Diferentes de Soldagem (Howden. D.G.,1992).

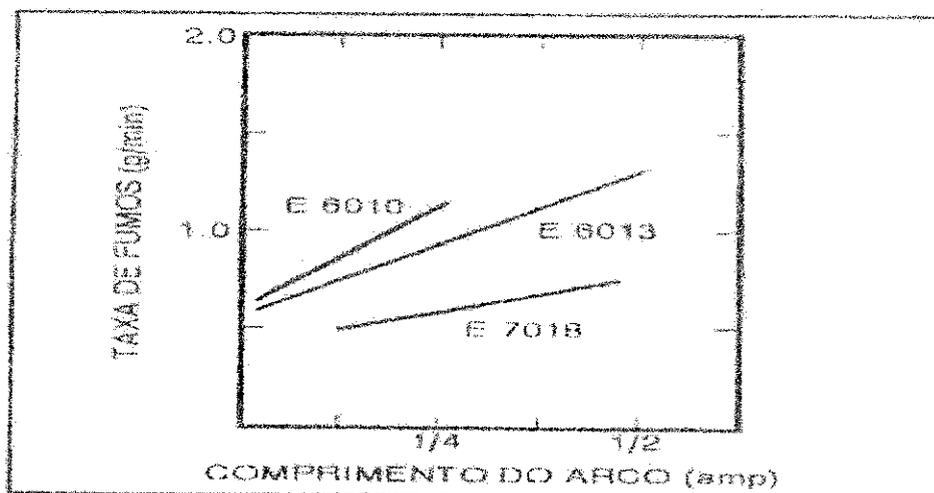


Figura 5.4: Taxa de Geração de Fumos para Três Eletrodos Característicos em Função do Comprimento do Arco. (Howden. D.G.,1992).

Produzidos pela condensação dos vapores, as partículas sólidas formadas são de tamanho muito pequeno (menor que um micron). A aglomeração de partículas pode ser um fator importante de controle para evitar a absorção e retenção pelo organismo, prejudicando assim o sistema respiratório como um todo. A Figura 5.5 mostra a distribuição de tamanho das partículas de fumo para um eletrodo E 7018 (Howden. D.G.,1992).

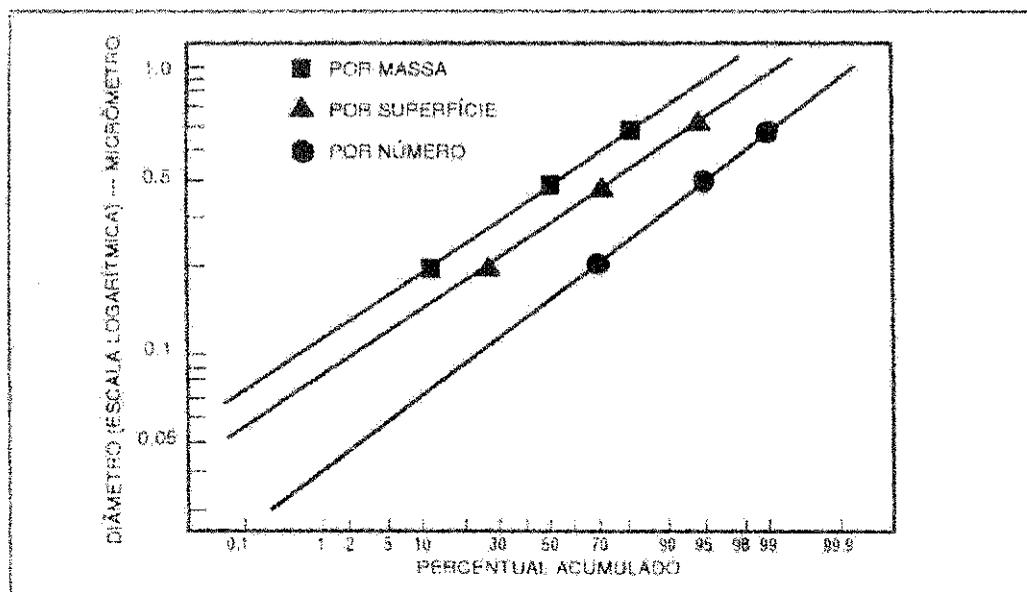


Figura 5.5. Distribuição das Partículas de Fumos de um Eletrodo AWS E 7018.
(Howden. D.G., 1992).

Os fumos de soldagem e dos processos afins formam uma mistura de contaminantes cuja toxicidade deve ser permanentemente avaliada e respeitada, sendo a composição química, forma, tamanho, distribuição e a concentração das partículas fatores de controle. Em geral os fumos produzidos pelo aço carbono e pelos aços temperáveis, produzem óxido de ferro com dióxido de silício e óxido de manganês em pequena proporção.

Os fumos oriundos de metais ferrosos, são encontrados na forma de magnetita ou alguma composição mais complexa, tornando-se ainda mais complicado como contaminante, quando os fluxos contêm fluoreto de Cálcio. A Tabela 5.1 mostra os principais elementos dos fumos de soldagem. (Howden. D.G.,1992).

Tabela 5.1. Elementos Formadores de Fumos em Vários Tipos de Consumíveis Revestidos (Howden, D.G., 1992).

	Eletrodo	Amostra de fumo peso, g	CONCENTRAÇÃO, PESO %									
			Fe	Mn	Si	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Mg	F
AÇO CARBONO E AÇO BAIXA LIGA	E6010	0,49	47,5	3,0	5,7	-	-	-	-	-	-	-
	E6013	0,16	61,4	5,1	12,2	-	-	-	-	-	-	-
	E7018	0,26	26,1	4,5	<0,2	-	-	-	-	-	-	13,1
	E7024	0,30	20,2	5,3	18,3	-	-	-	-	-	-	-
	E8018C3	0,12	45,2	7,2	-	0,3	-	0,1	<0,1	-	-	15,8
	E9018B3	0,16	21,9	5,9	-	0,1	-	1,6	<0,1	-	-	28,1
AÇO INOX E AÇO ALTA LIGA	E316-15	0,15	8,4	7,7	-	1,1	-	5,8	<0,1	-	-	-
	E316-16	0,17	10,0	8,8	-	1,5	-	6,5	<0,1	-	-	17,2
	E410-16	0,11	33,1	5,2	-	<0,1	-	-	-	-	-	-
	ENI-CI	0,35	2,5	0,3	-	6,9	<0,1	-	-	-	-	10,0
	ENICu-2	0,31	0,1	2,1	-	4,2	6,2	-	-	-	-	-
	Incomel 62S	0,25	0,6	-	-	4,6	0,7	5,9	2,1	-	-	-
	Lloyes C-2	0,35	0,3	0,3	-	1,1	-	2,5	0,6	1,0	1,4	5,9
	Lloyes 25	0,25	-	4,6	-	1,8	-	6,9	-	1,1	0,1	7,7

A formação dos fumos de soldagem é influenciada pelas características do arco elétrico de soldagem; a temperatura plasmática do arco é maior onde a densidade de corrente é maior, por exemplo na extremidade do eletrodo. O ar exterior, entrando na região de alta temperatura, interfere na reação química para a formação dos gases tóxicos. Considerando ainda que a temperatura nas vizinhanças do arco também é alta, uma coluna de fumos é formada, carregando assim os gases tóxicos para o ambiente. (Machado, I G., 1996).

Os consumíveis de soldagem se fundem muito abaixo do arco elétrico. Na superfície dos eletrodos existe uma troca de calor muito importante entre o arco elétrico e o metal dos eletrodos. O calor do arco pode ser dissipado por condução, por radiação e até a convecção do gás de proteção do material do eletrodo, também é uma forma de dissipação.

Estudos mostram que a temperatura sempre que se encontrar perto do ponto de ebulição do material é a pressão de vapor a fonte de geração de fumos, e no caminho natural da atmosfera do arco, verifica-se a oxidação, condensação e formação de pequenas partículas de fumos.

Como alguns processos utilizam fluxos, compostos basicamente de óxidos metálicos em misturas com fluoretos, cuidados especiais devem ser tomados na proteção, com o uso de equipamentos de proteção e controle mais apropriados. A composição química das fumaças compreende basicamente o óxido de ferro (Fe_2O_3), existindo também flúor (CaF_2) nos eletrodos de baixo hidrogênio e muito metal alcalino (K_2O), (Howden, D.G., 1992).

5.2. COMPOSIÇÃO DOS FUMOS

Os fumos de soldagem são partículas e gases, envolvendo na sua composição óxidos de ferro, (Fe_2O_3), SiO_2 de Silício, Mn O, de Manganês, contendo ainda vestígios de cobre. Sendo assim, no exame de toxicidade dos fumos é preciso saber entre outras coisas, composição, estado de oxidação, estrutura cristalina, solubilidade nos fluidos do corpo, tamanho da partícula e níveis de exposição.

De todos os processos de soldagem conhecidos 71% são por fusão e desses 88% são ao arco elétrico. Em quase todos os processos ou conexos, sempre haverá poluição e emissões de gases e fumos prejudiciais ao operador. Os eletrodos revestidos são os maiores produtores de fumos, sendo os rutilícos com menor intensidade e os celulósicos, pela própria constituição sendo os maiores produtores de fumaça. Atenção especial deve ser dada aos eletrodos à base de cromo com alto percentual de níquel, pois suspeita-se que podem ser cancerígenos, (Gareis, B, 1994).

Muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de detectar os elementos mais perigosos na composição dos fumos de soldagem. Nesse sentido o cromo e o níquel tem sido estudado mais detidamente e englobam o título de “suspeitos”, haja vista que em outras atividades como a galvanoplastia, os cromatos e os sulfetos de níquel são comprovadamente perigosos.

Os compostos considerados como insolúveis são os mais perigosos e nessa parte encontram-se os de cromo bi e trivalente (Salter, G. Hull, D. Jenkins, N Et Al 1989).

No caso dos compostos solúveis no organismo humano, sua facilidade de penetração nas células pode afetar suas funções. Nesse caso encontra-se o níquel, que além de causar letargia, cefaléia, irritação generalizada do sistema respiratório é suspeito de ser cancerígeno.

Experimentos com soldadores, ao longo dos anos, em grupo de fumantes, não fumantes e ex. fumantes, revelaram através de exames de urina e sangue, que o nível de cromo na urina aumentou em cerca de 10 vezes no decorrer de alguns dias, passando em seguida a um aumento diário entre 4 e 9 mg/g e que no período de uma semana foi acumulado no sangue uma quantidade de cromo de 15mg/g. Nesse caso, os rins desenvolvem um papel preponderante na eliminação do cromo pelo organismo, formando o que se denominou uma cinética rápida de eliminação. No segundo dado através de uma cinética mais lenta, acredita-se que o cromo seja incorporado pelos glóbulos vermelhos e acumula-se nos pulmões (Zorber, A 1987).

5.3. EFEITOS DOS FUMOS E GASES DE SOLDAGEM NO ORGANISMO HUMANO.

De forma geral pode-se afirmar, que os fumos de soldagem formam uma mistura com muitos e diferentes contaminantes e por isso mesmo seus malefícios ao organismo humano devem ser avaliados.

O efeito dos fumos de soldagem no organismo humano, não pode ser definido de maneira genérica, porque as reações dependem da composição, da quantidade inalada e da tolerância individual, de sorte que é inócuo para um indivíduo pode ser extremamente deletério para outro, (Machado, I. G., 1996; Heile, R.F. & Hill, D.C.,1975).

Os sintomas normalmente incluem dificuldades respiratórias, alguma dor muscular e em certos casos tremores, resistindo por um período de um dia no máximo, não havendo seqüelas após o desaparecimento.

Normalmente as partículas de fumos de soldagem de maior tamanho, ficam retidos nos pelos das narinas e na traquéia, podendo entretanto as partículas de tamanho inferior a

cinco micros seguirem caminho no sistema respiratório, atingindo os alvéolos pulmonares, (Okumura, T, Célio T. 1982).

A Figura 5.6 mostra que as partículas de tamanho entre 0,7 e 1,2 microns, são as mais presentes nos fumos, enquanto a Figura 5.7 apresenta o tamanho e a morfologia das partículas de fumo em eletrodos revestidos ilmenítico e básicos .

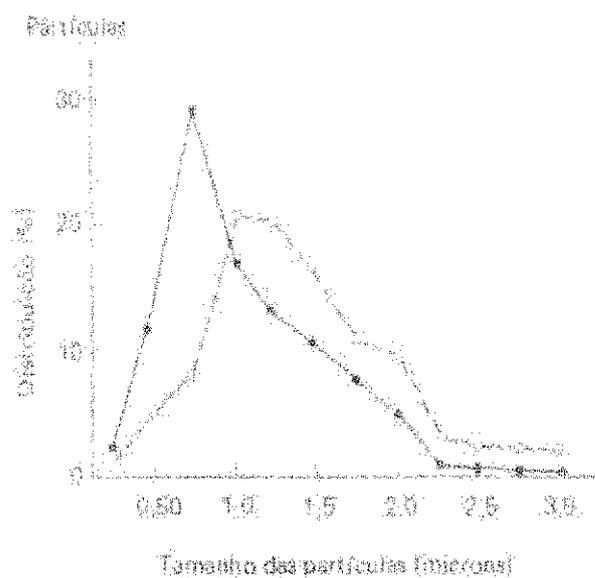


Figura 5.6 – Variação do Tamanho da Partícula do fumo (Okumura, Célio T. 1982).

Cada elemento específico pode causar reações diferentes no organismo humano, como pode ser visto na relação adiante apresentada.

A Figura 5.7, toma como referencia dois tipos de eletrodos e ilustra tamanho e distribuição das partículas (Driscoll, S. &, Sckling, P. 1992).

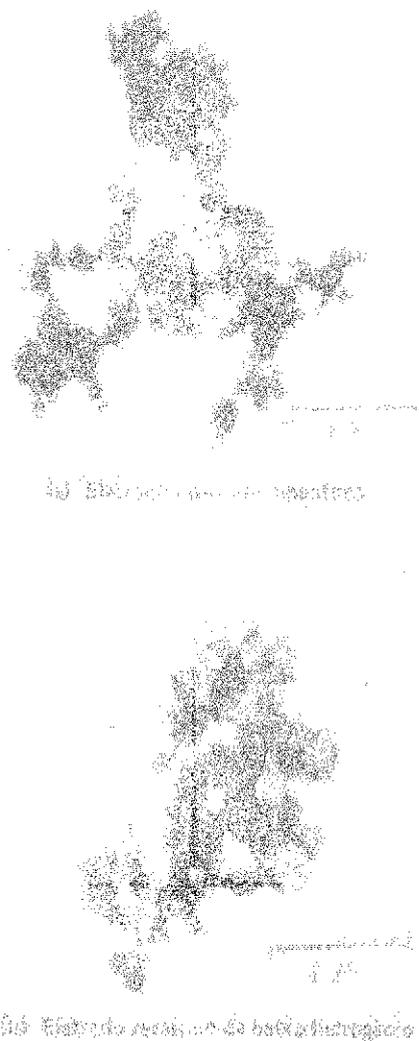


Figura 5.7 Tamanho das Partículas de Fumos e Morfologia dos Fumos Considerando dois Tipos de Revestimentos (a-ilmenítico e b básico higroscópico), (Okumura, Célio T. 1982).

Para avaliar os efeitos dos fumos de soldagem, no organismo humano são realizados testes em animais cobaias controlando-se o tempo de exposição em ambientes fechados e de forma repetida se expõe os animais e são registrados os dados clínicos. Em conclusão os animais são dissecados para exames. Apesar de não poderem ser aplicados diretamente nos seres humanos, os testes servem de referencial e indicativos valiosos e pertinentes para aplicações (Hilton, D.E, & Plumridge: P.N, Kimuira, S. Kobayashi, M GODAI, T. Et Al 1991).

O ambiente de soldagem deve ser naturalmente bem ventilado. Em casos extremos deve o soldador respirar com máscaras ou ar especialmente fornecido. Alguns meios de exaustão são conhecidos como: exaustão fixa, exaustão embaixo da mesa, exaustão flexível, máscara com tubo de aspiração e controle médico periódico. É interessante recordar que os contaminantes são comumente transportados pelo ar gerado pelos processos e tem origem nas pinturas, galvanização, metalização e eletrodeposição. O quadro 5.1, identifica os principais contaminantes oriundos da soldagem e o quadro 5.2, mostra as concentrações de dióxido de nitrogênio dentro e fora da máscara de soldagem para vários processos (Howden. D.G ,1992).

Quadro: 5.1 Principais Contaminantes Gerados pela Soldagem. (Howden. D.G ,1992)

REVESTIMENTO	CONTAMINANTES
Pintura	óxidos, clorureto, mercurio, zinco, cobre
Galvanização	óxido de zinco
Metalização	cobalto, cromo, níquel, alumínio, zinco
Eletrodeposição	cadmião, cromo, níquel, cobre

Quadro 5.2 Concentração de Dióxido de Carbono nas proximidades da máscara de soldagem. (Howden. D.G ,1992).

PROCESSO	GÁS DE PROTEÇÃO	ELETRODO	NR DE TESTES	DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (ppm)	
				DENTRO DA MÁSCARA	FORA DA MÁSCARA
SMAW (a)		E7018	5	1,48 (0,43-2,55)	1,62 (1,07-22,34)
		S/32"	9	0,9 (1,7)	3,6 (0,43-7,68)
			10	0,8 (1,1)	1,3 (0,4-2,8)
			11	0,37 (2,55)	0,80 (1,70)
FCAW	CO ₂	E70T-2	9	0,54 (0,91)	2,3 (1,7-4,25)
		E70T-4	5	1,36 (2,55)	7,19 (3,4-10,8)
GMAW (c)	Ar-2%CO ₂	E60S-3	10	1,1 (3,0)	2,1 (0,2-4,5)
	Ar-2%CO ₂	E60S-3	11	0,33 (1,07)	0,50 (0,21-0,85)

As Figuras 5.8 a 5.11, apresentam ilustrações sobre o controle de fumos e gases no ambiente de soldagem. Na Figura 5.8 mostra-se uma sistema de aspiração mecânica, onde percebe-se perfeitamente que não evita o contato do soldador com os fumos. Já na Figura 5.9 verifica-se um maior controle pois a aspiração local evita a inalação dos gases e fumaças. As Figuras 5.10 e 5.11, mostram variações de montagens de sistemas de aspiração local e mesas que já contem dispositivos de aspiração, (Howden D.G.,1992).

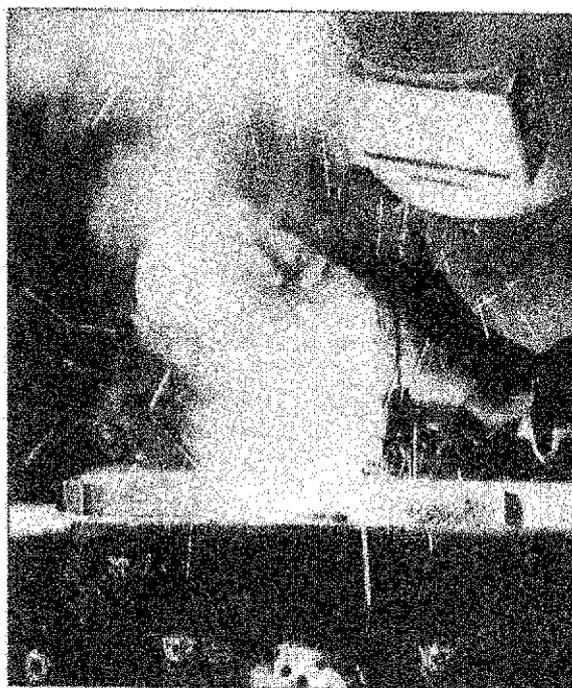


Figura 5.8 Contato com os Fumos Aspiração Mecânica (Khouri. M; Monteiro. M. P, 1992).

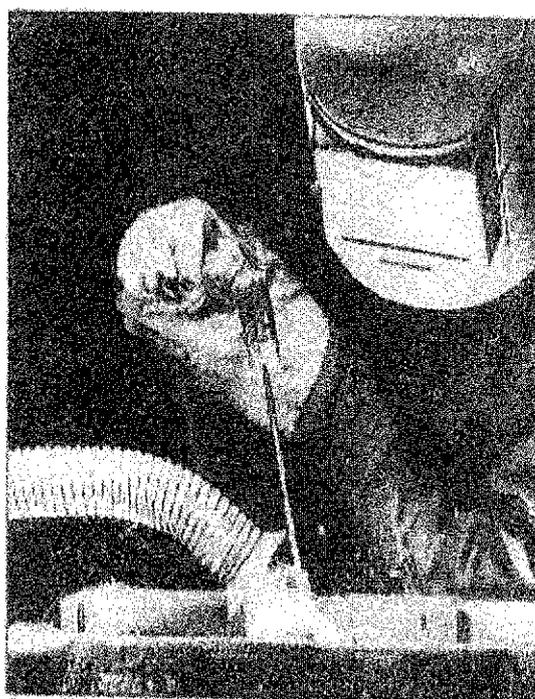
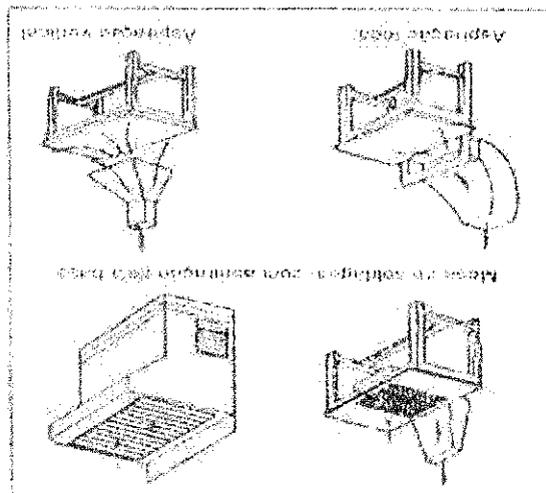


Figura. 5.9 Aspiração Local (Khouri. M; Monteiro. M. P, 1992).

Figura. 5.10 Sistemas de Aspiração Incorporados a Mesa (Khouri, M; Monteiro, M. P, 1992).



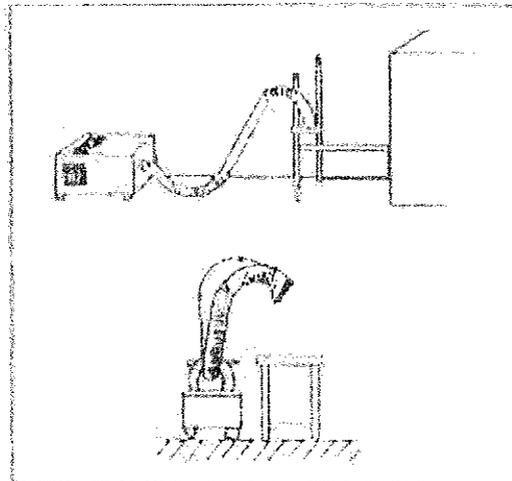


Figura.5.11 Variantes de Sistemas de Aspiração Local, (Khouri. M; Monteiro. M. P, 1992).

Sempre considerar Normas Nacionais e Internacionais, as quais são periodicamente revisadas quanto ao Limite de Tolerância e novas incidências. Considerar também as características individuais, ambientais, além de evitar situações extremas. Comprovadamente, alguns sintomas característicos dos contaminantes presentes nos fumos são (Gareis. B 1998):

Ozônio (O₃), irritação das vias aéreas superiores, olhos, nariz, garganta, dor de cabeça, alergias, náuseas e bronquite; fluoreto de cálcio (CaF₂), irritante dos olhos e compromete a respiração, período longo de exposição causa problema nos ossos; bário, vômitos/diarréias, cólica e até colapsos cardíacos; chumbo, dores de cabeça, musculares, perda de apetite, afeta o sistema urinário, pode provocar impotência e doenças mentais, febre, doença nos pulmões

fluoreto, gastrite e anemia, erupções cutâneas e doenças ósseas; óxido de cádmio, efisema pulmonar, danos ao sistema urinário, gastrite e nefrite crônica; óxido de ferro, pelo menos 10 anos para ser detectado pôr Rx; óxido de magnésio, dor de cabeça e letargia, afeta o sistema nervoso central; óxido de zinco, febre, calafrio e dores musculares; manganês, pode levar ao mal de Parkinson em períodos de 06 meses a 02 anos; silício, na forma amorfa pode provocar silicose.

Uma exposição continuada aos trabalhos metalúrgicos e de soldagem de uma forma geral, ocasiona grandes problemas nos pulmões e nas vias respiratórias.

As Figuras 5.12 e 5.13, apresentam fotografias de dois pulmões, um sadio e outro afetado pelos fumos de soldagem, com descrição do tipo de enfermidade que causou a morte. No caso da Figura 5.12 o trabalhador morreu aos 36 anos, sem causa relacionada ao trabalho, trabalhava em ambientes sem contaminantes imediatamente nocivos. No caso da 5.13, o trabalhador morreu com 52 anos e trabalhava em uma pequena fábrica, possuindo a enfermidade ocupacional siderose e febre provocada pelos fumos da solda. Ainda que a siderose seja considerada uma enfermidade ocupacional leve, os fumos de solda causam sérios problemas a saúde.



Figura.5.12 Fotografia de um Pulmão normal
(Manual do fabricante 3m)



Figura.5.13 Fotografia do Pulmão
soldador(Manual do fabricante 3m)

5.4. TÉCNICAS PARA AVALIAÇÃO DO TEOR FUMOS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM

Existem vários métodos para a medida de concentração de fumos na soldagem. Serão descritos a seguir, os principais métodos: Seleção dos Pontos de Medida (JIS) Padrão da Industria Japonesa: Método da Seleção de Pontos e Método do Filtro de Papel. No método do filtro de papel, traçam-se intervalos regulares de 3 metros no ambiente de soldagem num plano de até 1,5 metros do piso; sendo o ideal encontrar-se entre 5 e 20 pontos de medição. A concentração média é dada pelos logaritmos dos c_i . ($\log c_i = x_i$).

Método do Filtro de Papel (JIS), aspira-se a fumaça a velocidade de 30l/min; coleta-se a fumaça num filtro de diâmetro entre 45 e 50 mm; avalia-se o seu peso diretamente, e aplica-se a fórmula:

$$c = \frac{w_2 - w_1}{q} \times 1000$$

onde

c é a concentração em massa da fumaça de solda (mg/m^3)

w_1 é a massa do papel antes de coletar a fumaça (mg)

w_2 é a massa após coletar a fumaça (mg)

q é quantidade total de fumaça aspirada em (l)

Muitos trabalhos têm sido realizados para o estudo dos fumos de soldagem, usando as mais diversas metodologias, o que torna o trabalho comparativo complicado, visto que cada pesquisador praticamente criou seu próprio método (Fachinetto, J. L, tese 1996)

Mais recentemente, a maioria dos pesquisadores têm seguido a norma ANSI/AWS F.2.92 "Laboratory Method For Measuring Fumes Generation Rates Na Total Fume Emission Of Welding Na Allied Processes", utilizada para a determinação da Taxa de Geração de Fumos (TGF).

Nessa técnica, filtros de fibra de vidro são usados para a determinação da taxa de geração de fumos e filtros de celulose para a determinação dos constituintes, (Fachinetto, J. L, tese 1996; ANSI/AWS FL.2-85 1985).

As fórmulas abaixo são usadas na determinação da TGF, (Taxa de Geração de Fumos)

$$TGF = \frac{P_2 - P_1}{t}$$

Onde:

P_2 = Peso final do filtro(g);

P_1 = Peso inicial do filtro(g);

t = Tempo de teste(min).

$$TGF_{\%} = \frac{P_2 - P_1}{P_i - P_f} \times 100$$

Onde:

P_2 = Peso final do filtro(g);

P_1 = Peso inicial do filtro(g);

P_i = Peso inicial do consumível(g);

P_f = Peso final do consumível(g).

A forma de verificação dos constituintes presentes nos fumos é estabelecida na norma ANSI/AWS F1.4- 87 "Methods for Analysis of Airborne Particulates Generated by Welding and Allied Process" (Castner, H.R 1995).

Alguns fatores podem alterar significativamente os resultados dos testes tais como: o tempo de soldagem. Se o valor desta variável for muito alto, poderá causar entupimento dos filtros e se for curto demais pode não ser suficiente para obtenção de uma quantidade suficiente de fumos coletados. (Fachinetto, J. L, PPGEM RS 1996).

Por outro lado verificou-se que a velocidade de soldagem influencia muito pouco na taxa de geração de fumos. Estudos também levaram à conclusão de que a espessura do metal de base não exerce nenhum efeito neste sentido (Fachinetto, J. L, PPGEM RS 1996).

5.5. LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA GASES E FUMOS EM SOLDAGEM

5.5.1. INTRODUÇÃO

As medidas de controle dos fumos emitidos durante os processos de soldagem e afins, devem ser tomadas de forma planejada e eficiente, mesmo que não haja a cultura dos operadores de soldagem nesse sentido.

O reconhecimento do problema e a tomada de medidas de caráter administrativo e organizacional, com tomada de providencias no sentido de diminuir o tempo de exposição do soldador, já é um bom começo, seguindo-se de medidas de instruções e treinamentos periódicos, sobre posturas e atitudes quanto ao uso correto de equipamentos individuais e coletivos mais adequados e seguros. Em seguida, medidas no campo da engenharia devem ser tomadas, pela adequação de processos aos respectivos parâmetros de soldagem, considerando materiais de solda e consumíveis.

Considerando que os consumíveis de soldagem são industrializados e que naturalmente não podem ter suas propriedades e funções alteradas, alternativas e inventividade devem ser tomadas para minimizar o problema seja ele de forma tecnológica, seja ela a nível pessoal entre as quais podem ser listadas e comentadas (Machado , I. G 1996; Hilton, D.E, & Plumridge, P.N,1991):

Sempre que se soldar materiais pintados, galvanizados ou com qualquer proteção superficial, melhor seria eliminar por decapagem ou esmerilhamento a superfície; devem ser evitados também os usos de ar comprimidos para a limpeza pois o jato de ar naturalmente dispersaria mais facilmente as partículas. Como a TGF varia diretamente com o aumento da corrente, é recomendável manter a corrente de soldagem no ponto médio do intervalo recomendado, no caso de SAER.

A posição do soldador em relação ao foco de fumos deve ser sempre no sentido de impedir a entrada dos fumos na sua zona de respiração, recomenda-se ainda a abster-se de cigarros ou ingestão de líquidos; esse cuidado se torna mais importante quando se trabalha com chumbo ou seus compostos.

A ventilação naturalmente usada, revela-se um meio eficiente para eliminação dos gases de soldagem. Esse fator é indispensável quando se solda aço inoxidável. Ventilação enfim é uma questão de projeto para os ambientes de soldagem. A ventilação em soldagem pode ser natural quando o espaçamento for perto de trezentos metros quadrados, não há confinamento no trabalho ou quando a circulação de ar é livre, nesse sentido fala-se em ventilação geral, ventilação local. Os sistemas de filtragem são importantes para fazer uma depuração dos gases de soldagem, para que os mesmos não sejam transferidos para o meio ambiente. Existem sistemas individuais e sistemas centralizados concluindo, no caso de trabalhos em ambientes confinados, recomenda-se manter o nível de oxigênio em torno de 19,5% e devem ser retiradas por qualquer meio as substâncias tóxicas. Alguns valores de referenciam quanto ao nível de oxigeno são mostrados na Tabela 5.2:

Tabela 5.2 – Problemas Causados no Homem pelas Diversas Concentrações de Oxigênio

PERCENTUAL DE OXIGÊNIO	CARACTERÍSTICAS DO EFEITO
Menor que 23,5	Rica em Oxigênio
21,0	Nível Normal de Oxigênio
19,5	Nível de Segurança Mínimo
16,0 – 14,0	Taquicardia, Respiração Mais Longa Possível Euforia, Cefaléia
14,0 – 10,0	Fadiga e Possíveis Transtornos Emocionais, Distúrbios Respiratórios, Apagamento Das Chamas
10,0 A 6,0	Inconsciência, Vômitos, Dificuldades Motoras
Menor que 6,0	Pouca Respiração, Parada Respiratória, Provável Morte após Alguns Instantes

Os limites de tolerância para gases e fumos derivados da soldagem, são estudados e determinados por entidades governamentais ou não, e se baseiam em princípios toxicológicos, que cada elemento pode produzir no organismo humano, estabelecendo-se então concentrações admissíveis no ambiente de trabalho (Hilton, D.E, & Plumridge, P.N.,1991. Welding Journal 1994).

Organizações Internacionais como a ACGIH (Conferencia americana de higienistas da industria governamental), definiu padrões com os valores TLV (Threshold Limits Values), o COSHH (Controle de substancias perigosas para a saúde), estabelecendo dois padrões de limites quais sejam: MEL (Limites máximos de exposição), OES (padrão de exposição profissional) e a OSHA (Segurança profissional e administração da saúde), fixando valores limites PELs (Limites permissíveis de exposição), tudo referente a fumos de soldagem (Reding, L. DeLong, W.T.,1986).

5.5.2. LIMITES CRÍTICOS

As normas de segurança variam de país para país. Sendo assim, são estabelecidos padrões tais como: O (MPT): Medida Ponderada do Tempo, que considerando um tempo limite de trabalho de 8 horas (tempo normal de trabalho), ou o limite de exposição de curto tempo, por exemplo em até 10 minutos, estabelece os alguns valores típicos permissíveis dependendo do tipo de gases: para o Ozônio 0,1 ppm; para o Dióxido de Nitrogênio 3,0 ppm; para o Óxido Nítrico 25 ppm; para o Monóxido de Carbono 50 ppm; para o Fosfogênio 0,4 ppm.

Os institutos de soldagem e órgãos governamentais regulamentadoras, estabelecem limites críticos, de uso corrente, que podem ser alterados com novas análises e problemas quanto a saúde do trabalhador. Exemplos podem ser tomados: O IIW (International Institute of Welding) estabeleceu 10mg/m³ para eletrodos de baixo hidrogênio e 20mg/m³ para os outros tipos.

A ACGIH (American of Governamental Industrial Hygiene) estabeleceu como limite 5 mg/m³.

A Tabela 5.3 apresenta os valores críticos dos diferentes tipos de gases e as reações que os mesmos podem causar no organismo humano:

Tabela 5.3. Valores Críticos dos Gases e seus Efeitos no Organismo Humano
(Soldagem & Inspeção 1995).

GASES TÓXICOS	OBSERVAÇÕES / VALORES CRÍTICOS
Monóxido de Carbono	Afinidade com a hemoglobina/reduzindo capacidade de oxigenação TVL = 50 ppm
Dióxido de Carbono	perigo de sufocação TVL = 5000 ppm
Ozônio	distúrbios respiratórios TVL = 0,1 ppm
Monóxido de Nitrogênio	pode causar distúrbios no sistema nervoso central TVL = 25 ppm
Dióxido de Nitrogênio	estimula os olhos e as mucosas, dores no peito TVL = 5ppm.

Fazendo referencia aos principais processos de soldagem ao arco elétrico, e os gases presentes como subprodutos, são: No TIG com argônio, óxidos de nitrogênio e ozônio; No MIG com argônio, óxido de nitrogênio e ozônio; No MAG com gás carbônico, monóxido de carbono e óxido de nitrogênio; No Eletrodo Revestido, Flúor e óxidos de nitrogênio; No Arame Tubular, Flúor, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio e no Arco Submerso, Flúor e monóxido de carbono (Khouri. M, Monteiro M. P.,1992).

Alguns padrões estabelecidos para os fumos de soldagem podem ser vistos na Tabela 5.4 que são dados em(g/m³),(Salter , G; Hull, D Jenkins, N Et Al., Reding, L.1985).

Os limites abaixo de referência podem ser modificados, tanto para cima quanto para baixo.

Tabela 5.4. Padrões para Fumos de Soldagem. (Salter , G; Hull, D Jenkins, N Et Al., Reding, L.1985).

ELEMENTO	PEL	TLV	NIOSH
FUMOS EM GERAL	5,0	5,0	5,0
ANTIMÔNIO	0,5	-	-
ARSENIO	0,5	-	-
BERILO	0,002	-	-
CHUMBO	0,2	-	-
COBALTO	0,1	-	-
COBRE	0,1	-	-
CROMO	1,0	0,5	
DIÓXIDO DE TITANIO	5,0	-	-
FLUORETO	2,5	-	-
MANGANÊS	1,0	-	-
MERCÚRIO	0,1	-	-
MOLIBDÊNIO	5,0	-	-
NÍQUEL	1,0	1,0	0,015
OXIDO DE CADMIO	0,1	0,05	-
ÓXIDO DE FERRO	10,0	5,0	5,0
OXIDO DE MANGNESIO	5,0	-	-
ÓXIDO DE ZINCO	5,0	50	5,0
SELENIO	0,2	-	-
TELURIO	0,1	-	
URANIO	0,05		-
VANADIO	0,1	-	-
ZIRCONIO	5,0	-	

5.5.3. NORMAS TECNICAS

Na complexidade dos ambientes de soldagem, onde estão presentes outras atividades conexas, torna-se de certa forma difícil uma completa análise de todos os elementos presentes, remetendo sempre ao bom senso para realização dos levantamentos. Existem várias normas que estabelecem padrões a seguir.

A Norma ANSI/AWS F1.3-91 estabelece um guia de estratégia para avaliar os contaminantes no ambiente de soldagem. Procura-se estabelecer uma prioridade de ações, conforme se mostra abaixo: (ANSI/AWS F1.3-91):

- a) trabalhos em ambientes confinados;
- b) trabalhos com uso de consumíveis classicamente reconhecidos como geradores de fumos;
- c) operações com grande produção de fumos;
- d) soldagens com altas correntes e em atmosfera gasosa de proteção;
- e) operadores ou pessoas em geral próximos ao ambiente de soldagem.

Para essa experiência, análise e coleta de dados, a fórmula de tempo mínimo:

$$Tempo = \frac{1000 \times S}{TLV \times \Theta}$$

Onde:

S= Sensibilidade da balança em (mg ou g);

TLV=PLV em (mg ou g/m³);

Θ = Taxa do fluxo em (l/min).

A Norma F1.1-92, (método geral de medir partículas no ar referente aos processos de soldagem e conexos) estabeleceu duas considerações importantes para análise. Uma área localizada dentro do ambiente de soldagem, entretanto, fora do capacete do soldador (Área Geral), e uma área imediatamente adjacente ao nariz e boca do soldador, medida aproximadamente a vinte e três centímetros do capacete, no caso do capacete estar velho ou gasto, ou dentro quando o mesmo estiver novo (Guerra. I, 1996 Okumura. T, Taniguchi . C 1984).

O teste é realizado com o objetivo de verificar e medir o nível de exposição do soldador quanto a exposição dos fumos de soldagem. Uma bomba secciona o fluxo, deixando-o impregnado em um filtro.

A Norma ANSI/AWS F1.5-87, disciplina a metodologia para detectar e analisar gases provenientes dos processos de soldagem e correlatos, sem incluir gases inertes, reconhece três métodos como bons para análise dos gases retirados: O Método Instrumental, o Método Tubo Detetor e o Método Químico, cada um apresentando suas vantagens e limitações. Os métodos químicos, são incômodos., trabalhosos, feitos normalmente com solventes sólidos ou líquidos, pelos quais se faz passar uma corrente de ar conhecido (Cennio, M. A. 1989).

A análise por meio de tubos (Método Tubo Detetor) é um modo barato, consistindo basicamente de um tubo de vidro com solvente impregnado por um reagente. A presença do contaminante é confirmada pela reação e mudança de cor do líquido. Recomenda-se esse método para análises de reconhecimento ou preliminares.

Na aplicação de métodos instrumentais (Métodos Químicos) que podem ser aplicados na análise da variação dos gases em função do tempo, dois tipos são usados: a análise dita passiva, que não aspira as amostras de ar, entretanto, por difusão molecular traz uma amostra de ar até o sensor; no caso da análise ativa, a amostra é aspirada por meio de uma bomba até o sensor. Nos dois casos a medição é instantânea e por sinais elétricos, (Cennio, M. A. 1989).

6. MATERIAIS E METODOS

O processo de soldagem utilizado para avaliação do teor e tipos de fumos foi a Soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER). As soldas foram realizadas, no Laboratório de Soldagem do Departamento de Engenharia Mecânica.

As soldagens foram realizadas, com três eletrodos diferentes: Celulósico, Rútílico e Básico, cujas especificações são respectivamente: AWS E 6010, AWS E 6013 e AWS E 7018. Todos com diâmetro de 3,25mm e comprimento de 350mm, obtidos de três fabricantes ou marcas disponíveis no comércio, que foram denominados por A, B e C.

O metal de base utilizado como corpo de provas foi retirado de chapas de aço carbono SAE 1020, com: 300 mm de comprimento, 100 mm de largura e 5 mm de espessura. Nos experimentos foram utilizados três valores de corrente, conforme recomendações dos fabricantes, ou seja, Máxima, Média, Mínima, as quais variaram de 85 a 110 A (mínima) de 110 a 115 A (média) e de 115 a 145 A (máxima).

Tendo em vista o processo ser manual, não sendo possível manter constante o comprimento do arco, cuja variação proporcionou pequenas alterações nos valores das voltagens, entre 20 e 31 volts. Como esta variável também influencia na quantidade de fumos, utilizou-se um parâmetro (P) denominado de Potência do Arco definido pela expressão $P = I \times V \times t$ onde I é a corrente de soldagem, V a voltagem e t o tempo de ensaio. A potência do arco permite avaliar o efeito conjunto destas três variáveis devido a não automação do processo.

Para avaliar o efeito da polaridade foram realizadas soldas com polaridade reversa e direta.

Entretanto, foram também executadas soldagens com as duas polaridades com os eletrodos AWS E 7018 para avaliar também nestes eletrodos o efeito desta variável, já que a polaridade direta pode ser utilizada quando se deseja uma maior penetração em detrimento de uma maior taxa de deposição.

Considerando uma melhor reprodutibilidade dos resultados foi realizada a automatização do movimento horizontal, fixando-se desta forma a velocidade de soldagem. Para a automatização do movimento da chapa foi necessário adaptar o "carrinho" (tartaruga) utilizado para a execução de cortes automáticos de chapas de aço por processo oxi-acetilênico. A esse "carrinho" foi acoplada uma plataforma cuja principal função é a de transportar o corpo de prova ao longo do espaço útil de solda, na cuba, para a captação dos fumos. A descrição do equipamento utilizado na automação será vista na seqüência desse capítulo

Após vários testes, estabeleceu-se a velocidade de soldagem em 300mm/min, e o tempo médio de soldagem de 50 segundos.

A experiência é iniciada com a pesagem dos filtros, sendo que antes todos os equipamentos eram calibrados para o respectivo experimento. O filtro utilizado na experiência era colocado dentro do forno à uma temperatura de 373K(100°C), por um tempo de uma hora e então procedia-se a pesagem com aproximação de 0,001g .Após a secagem, eram feitas 5 pesagens do filtro e depois calculava-se o peso médio, com o objetivo de minimizar o erro.

Na seqüência procedia-se a soldagem para a captação de fumos. Após a soldagem, esperava-se aproximadamente 30 segundos para a câmara ficar limpa e então o exaustor era desligado para depois o filtro ser cuidadosamente removido e novamente pesado.

A diferença entre os pesos dos filtros antes e depois da soldagem fornecia o valor da quantidade de fumos (Q). Os valores da quantidade de fumos (Q) , apresentados nos gráficos representam a média das 5 pesagens e as tabelas mostram os valores dos desvios-padrões para cada media calculada.

6.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EQUIPAMENTO DE TESTE:

O equipamento construído para a captação dos fumos, segundo a norma ANSI/AWS FL.2-85 1985, é constituído de uma câmara cônica, provida de duas aberturas para a entrada da mão e acesso à câmara. Uma janela com lentes escuras removíveis está localizada no centro da câmara que permite a visibilidade para a arrumação e observação do teste. O filtro para coleta dos fumos e seus suportes são montados no topo da câmara. Isso faz com que a unidade torne-se acessível para uma troca rápida e fácil do filtro.

A Figura 6.1 Mostra o Desenho Esquemático do Equipamento para o Experimento.

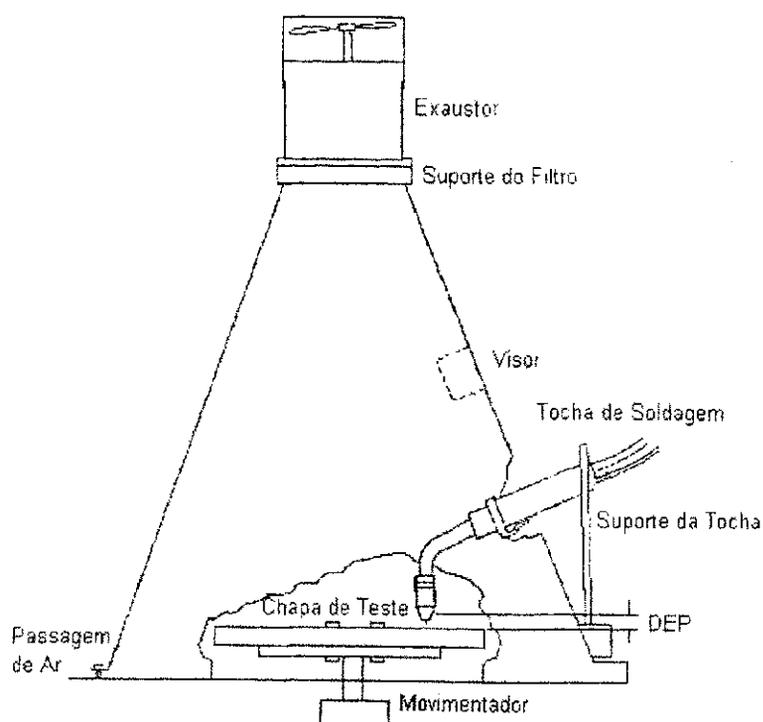


Figura 6.1. Esquema Representativo do Equipamento de Coleta de Fumos (ANSI/AWS FL.2-85 1985).

As figuras de 6.2 a 6.7, são fotografias que ilustram os instrumentos de aquisição de dados da experiência, as quais apresentam seqüencialmente o sistema construído e utilizado para a coleta de fumos, sistema desenvolvido para a automatização do processo de soldagem, sistema de aquisição de dados para leituras da corrente e da tensão de soldagem, detalhe do apoio para o suporte do filtro para a coleta de fumo na cuba, detalhe do exaustor e das aberturas que foram utilizadas pelo soldador na execução das soldagens e detalhe da preparação do experimento.

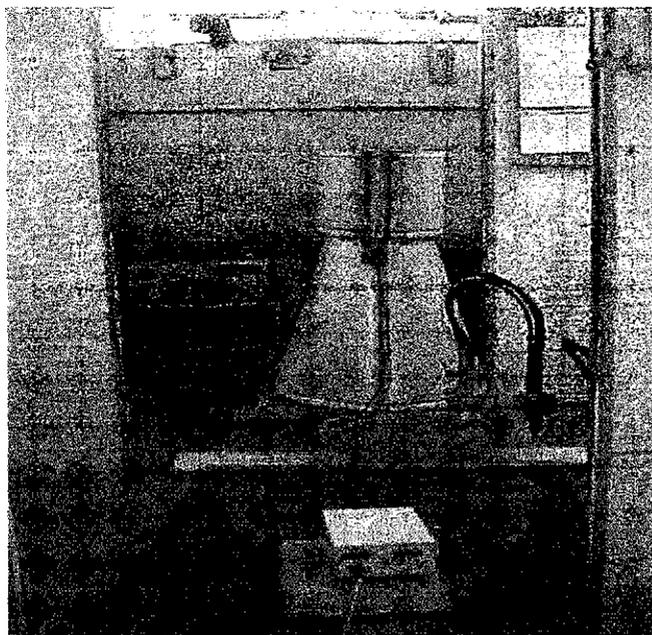


Figura. 6.2 Sistema Construído e Utilizado para a Coleta de Fumos

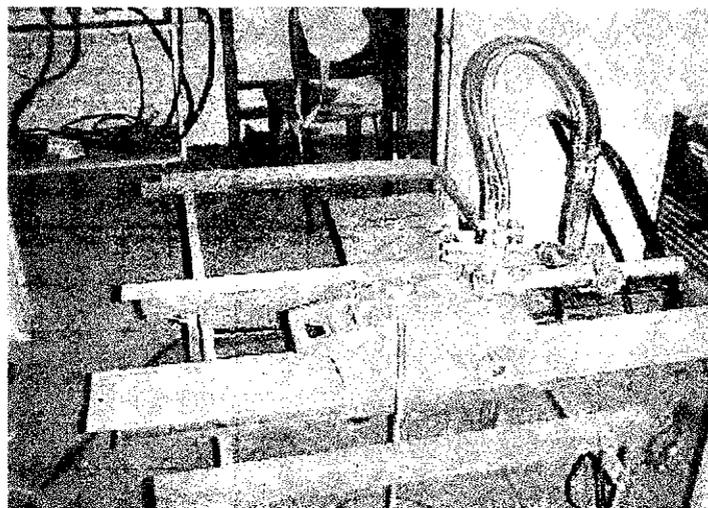


Figura.6.3. Sistema Desenvolvido para a Automatização do Processo de Soldagem.

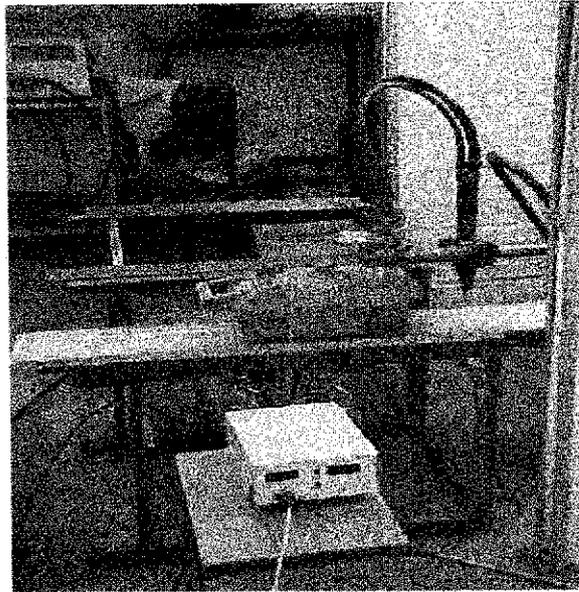


Figura. 6.4. Sistema de Aquisição de Dados para Leituras da Corrente e da Tensão de Soldagem.

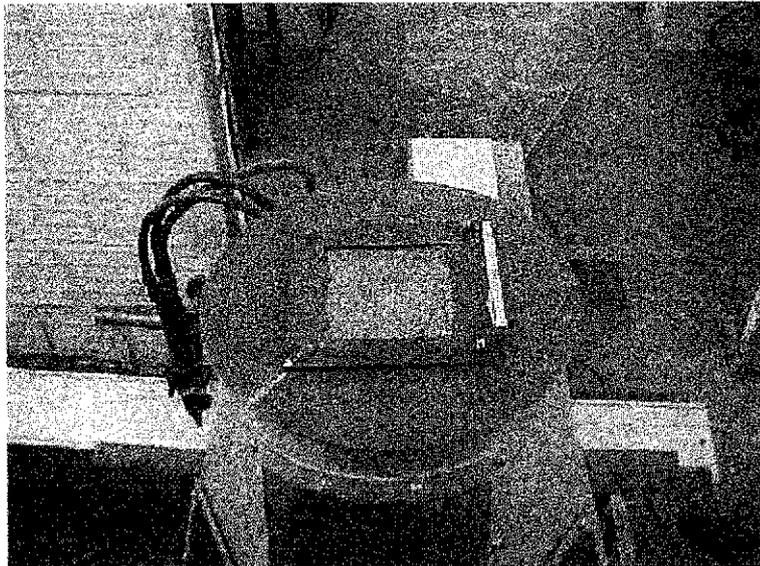


Figura. 6.5. Detalhe do Apoio para o Suporte do Filtro para a Coleta de Fumo na Cuba.



Figura 6.6. Detalhe do Exaustor e das Aberturas que foram Utilizadas pelo Soldador na Execução das Soldagens.

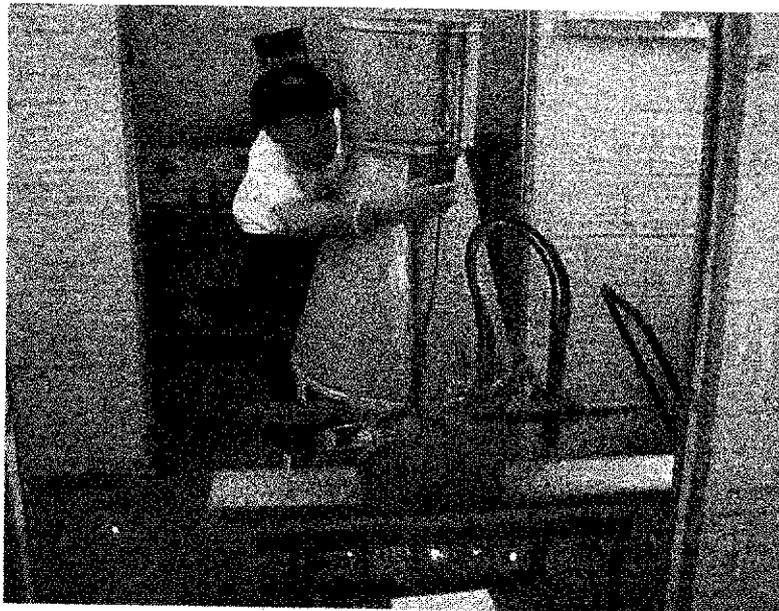


Figura. 6.7. Detalhe da Preparação do Experimento

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 7.1 e a Tabela 7.1 apresentam a relação entre a potência do arco (P) e os valores de Quantidade de Fumos (Q) gerados pelos o eletrodos AWS E 6010, AWS E 6013 e AWS E 7018 produzidos pelo fabricante A.

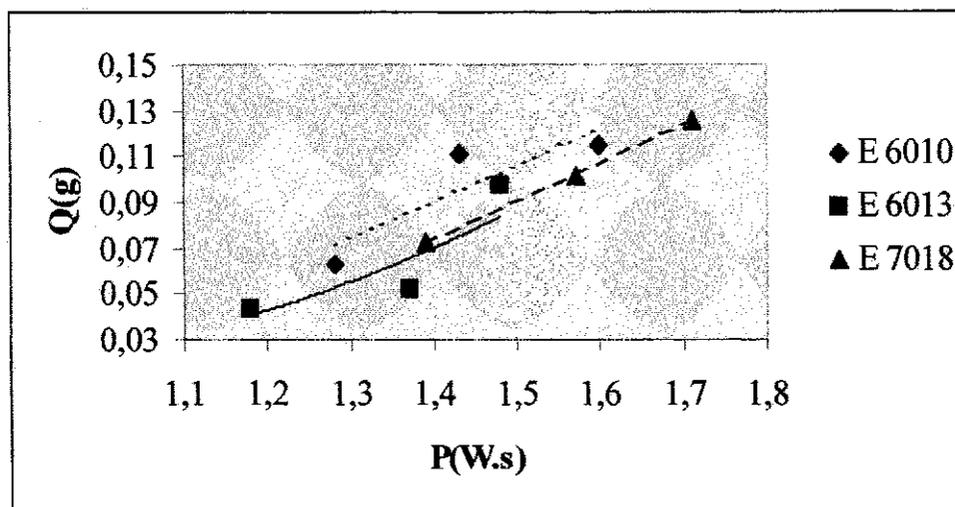


Figura 7.1. Variação da Quantidade (Q) de Fumos (g) em Função de P nos Três Tipos de Eletrodos Produzidos pelo Fabricante A.

Tabela 7.1. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo produzido pelo fabricante A e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

TIPO/A	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
E 6010	1,28	0,098	0,052	0,054	0,055	0,053	0,063	0,019932
	1,43	0,125	0,098	0,105	0,111	0,114	0,111	0,010114
	1,60	0,135	0,101	0,108	0,113	0,117	0,115	0,012775
E 6013	1,18	0,033	0,040	0,045	0,049	0,053	0,044	0,00781
	1,48	0,093	0,097	0,098	0,104	0,107	0,098	0,00563
	1,37	0,055	0,038	0,063	0,058	0,053	0,052	0,009397
E 7018	1,39	0,067	0,083	0,079	0,071	0,063	0,073	0,0083
	1,71	0,114	0,126	0,129	0,129	0,135	0,126	0,007765
	1,57	0,089	0,094	0,103	0,109	0,116	0,102	0,010941

Ao analisarmos a relação entre P e a Quantidade de Fumos apresentada na Figura. 7.1, observa-se que o aumento de Quantidade de Fumos com P ocorreu para todos os eletrodos. Os valores da Q dos eletrodos AWS 6013 e AWS E7018 ficaram muito próximos.

A Figura 7.2 e a Tabela 7.2 apresentam a relação entre a potência do arco (P) e os valores de Quantidade de Fumos (Q) gerados pelos o eletrodos AWS E 6010, AWS E 6013 e AWS E 7018 produzidos pelo fabricante B.

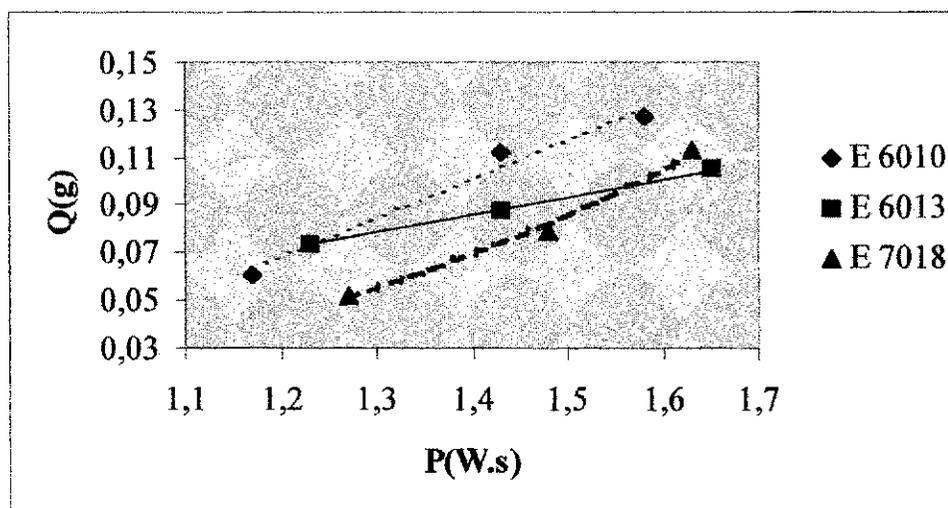


Figura 7.2. Variação da Quantidade de Fumos (Q) em Função de P nos Três Tipos de Eletrodos Produzidos pelo Fabricante B.

Ao analisarmos a Figura. 7.2, observamos que o maior valor de de Q foi mais uma vez obtido pelo eletrodo E 6010. Observa-se também que de todos os eletrodos produzidos pelo fabricante B, o eletrodo E 7018 foi o que obteve menor valor de Q principalmente para baixos valores de P. Para altos valores de P obteve-se valores de Q similares ao do E 6013 e inferiores ao E 6010. Para avaliar melhor a quantificação dos resultados, a Tabela 7.2, apresenta os valores das Q em função de P para os eletrodos produzidos pelo fabricante B.

Tabela 7.2. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo produzido pelo fabricante B e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

TIPO/B	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
E 6010	1,17	0,072	0,067	0,063	0,115	0,047	0,061	0,025381
	1,43	0,125	0,101	0,105	0,111	0,117	0,112	0,0095
	1,58	0,141	0,117	0,121	0,125	0,131	0,127	0,0094
E 6013	1,23	0,096	0,072	0,052	0,091	0,082	0,074	0,01746
	1,43	0,075	0,081	0,087	0,092	0,106	0,088	0,01182
	1,65	0,076	0,072	0,052	0,091	0,082	0,105	0,01452
E 7018	1,27	0,036	0,074	0,053	0,055	0,042	0,052	0,01458
	1,63	0,119	0,102	0,112	0,115	0,117	0,113	0,00667
	1,48	0,083	0,097	0,080	0,071	0,063	0,079	0,01285

A Figura 7.3 e a Tabela 7.3 apresentam a relação entre a potência do arco (P) e os valores de Quantidade de Fumos gerados pelos eletrodos AWS E 6010, E 6013 e E 7018 produzidos pelo fabricante C.

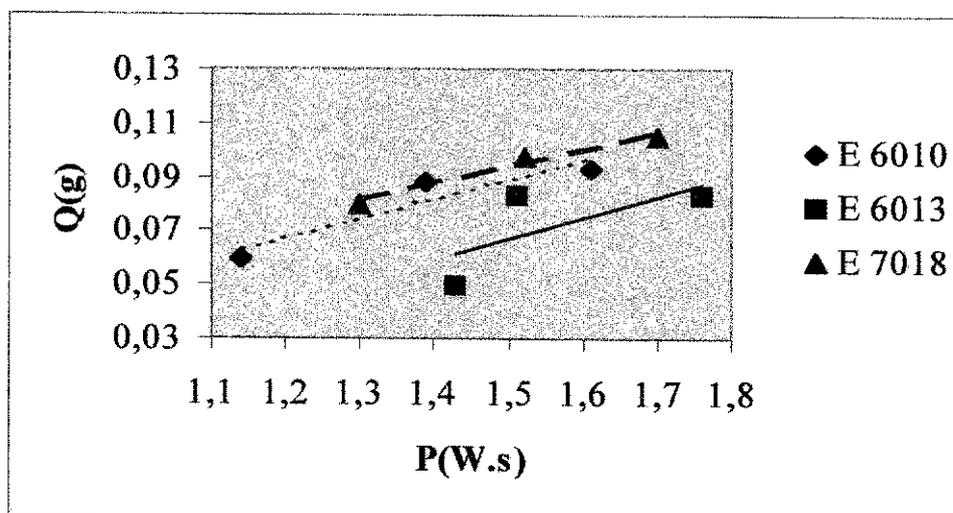


Figura 7.3. Variação da Quantidade de Fumos (Q) em Função de P nos Três Tipos de Eletrodos Produzidos pelo Fabricante C.

Ao se analisar a relação entre (P) e Q na Fig. 7.3, observamos que o eletrodo E 7018 do fabricante C apresentou um valor de Q muito elevado.

Observa-se também que os eletrodos AWS E 6013 deste fabricante foi o que apresentou a menor produção de Q para valores de P similares. Esta diferença nos valores de Q de eletrodos do mesmo tipo obtidos de diferentes fabricantes, pode ser atribuído a prováveis diferenças nas composições dos revestimento e/ou nas espessuras dos mesmos. Esta variação na produção de Q destes dois tipos de eletrodos foi também observada através dos resultados obtidos por Howden (Howden, 1992), e por Fachinetto (Fachinetto, 1996).

Segundo os resultados obtidos por Howden, dentre os três eletrodos o que apresentou o menor valor de Q foi o AWS E 7018, enquanto que pelos resultados de Fachinetto, o eletrodo que produziu menor Quantidade de Fumos foi o AWS E 6013.

Com relação aos eletrodos AWS E 6010, os resultados obtidos por estes autores indicaram também maiores taxas de fumos para este tipo de eletrodo quando comparado com os eletrodos AWS E 6013 e AWS E 7018. O maior teor de fumos deste tipo de eletrodo pode ser atribuído ao maior percentual de materiais orgânicos presentes na composição do seu revestimento, (Machado, I.G., 1996).

Tabela 7.3. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo, produzido pelo fabricante C e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

TIPO/C	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
E 6010	1,14	0,089	0,045	0,052	0,051	0,055	0,059	0,01749
	1,39	0,073	0,082	0,088	0,095	0,103	0,088	0,01156
	1,61	0,081	0,085	0,092	0,099	0,108	0,093	0,01084
E 6013	1,43	0,039	0,035	0,046	0,056	0,066	0,049	0,01266
	1,51	0,099	0,098	0,076	0,082	0,092	0,083	0,01009
	1,76	0,092	0,083	0,080	0,088	0,076	0,083	0,00634
E 7018	1,30	0,094	0,092	0,074	0,074	0,067	0,080	0,01205
	1,52	0,083	0,092	0,096	0,105	0,109	0,097	0,01037
	1,70	0,108	0,103	0,098	0,094	0,124	0,105	0,01165

A Figura 7.4 e a Tabela 7.4 apresentam a relação entre a potência do arco (P) e os valores de Quantidade de Fumos (Q) gerados pelo o eletrodo AWS E 7018 para os três fabricantes A,B e C.

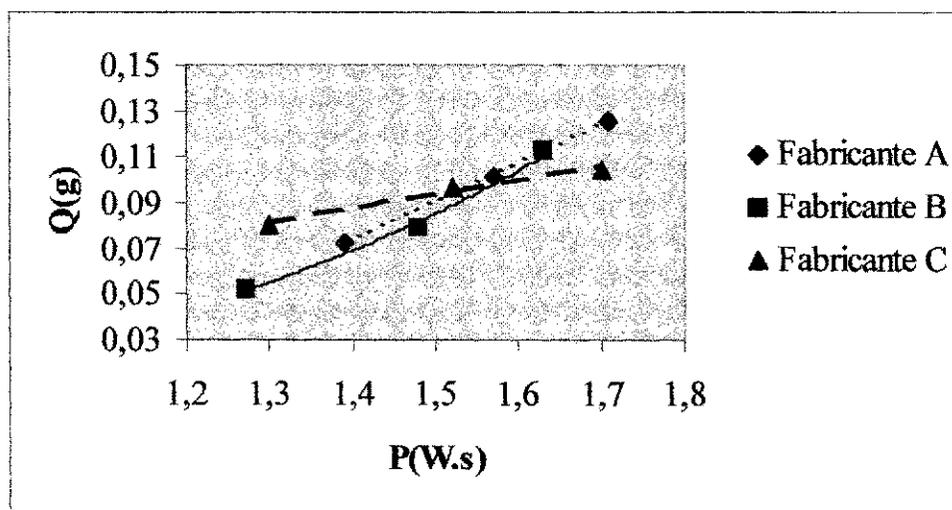


Figura 7.4. Variação da Quantidade de Fumos (Q) em Função de P para o Eletrodo AWS E 7018 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.

Ao analisarmos a Figura 7.4. observa-se que quando utilizamos pequenos valores de P, o eletrodo produzido pelo fabricante B foi o que apresentou a menor produção de Q. Observa-se também que quando utilizamos altos valores de P, os eletrodos AWS E 7018 produzidos pelos fabricantes A, apresentaram valores próximos.

Tabela 7.4. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo AWS E 7018 e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 7018	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Fab.A	1,39	0,067	0,083	0,079	0,071	0,063	0,073	0,0083
	1,71	0,114	0,126	0,129	0,129	0,135	0,126	0,007765
	1,57	0,089	0,094	0,103	0,109	0,116	0,102	0,010941
Fab.B	1,27	0,036	0,074	0,053	0,055	0,042	0,052	0,01458
	1,63	0,119	0,102	0,112	0,115	0,117	0,113	0,00667
	1,48	0,083	0,097	0,080	0,071	0,063	0,079	0,01285
Fab.C	1,30	0,094	0,092	0,074	0,074	0,067	0,080	0,01205
	1,52	0,083	0,092	0,096	0,105	0,109	0,097	0,01037
	1,70	0,108	0,103	0,098	0,094	0,124	0,105	0,01165

A Figura 7.5 apresenta a variação do teor de fumo em função do parâmetro P para os três tipos de fabricantes do eletrodo AWS E 6010.

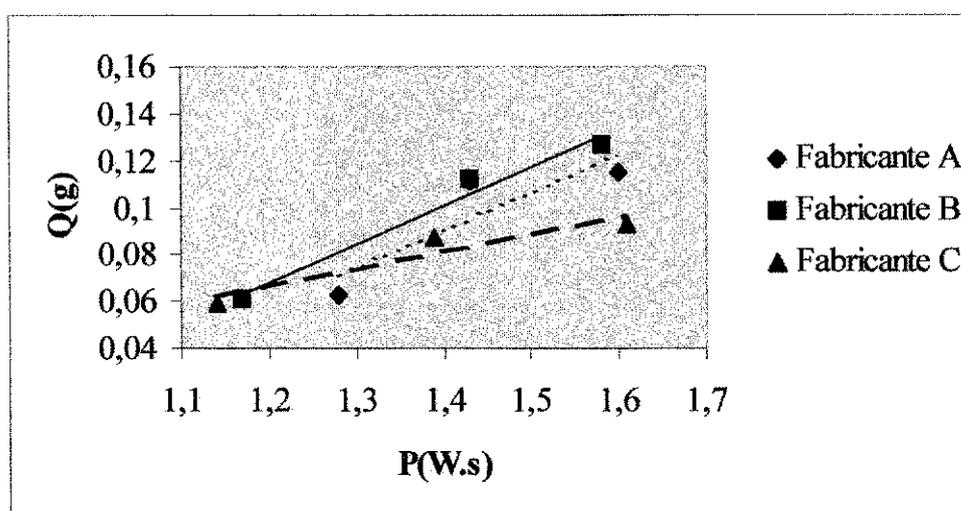


Figura 7.5. Variação da Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6010 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.

Percebe-se pela Figura 7.5. que para baixos valores de P não houve variação significativa na relação entre P e Q para os três fabricantes com relação ao eletrodo AWS E 6010, entretanto, para altos valores de P observa-se que o eletrodo produzido pelo fabricante C proporcionou uma menor quantidade de fumos com relação aos outros dois.

A Tabela 7.5 apresenta os valores obtidos para a construção do gráfico da Figura 7.5.

Tabela 7.5. Valores da Quantidade de Fumos (Q) para cada tipo de eletrodo AWS E 6010 e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 6010	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Fab. A	1,28	0,098	0,052	0,054	0,055	0,053	0,063	0,01993
	1,43	0,125	0,098	0,105	0,111	0,114	0,111	0,010114
	1,60	0,135	0,101	0,108	0,113	0,117	0,115	0,012775
Fab. B	1,17	0,072	0,067	0,063	0,115	0,047	0,061	0,025381
	1,43	0,125	0,101	0,105	0,111	0,117	0,112	0,0095
	1,58	0,141	0,117	0,121	0,125	0,131	0,127	0,0094
Fab. C	1,14	0,089	0,045	0,052	0,051	0,055	0,059	0,01749
	1,39	0,073	0,082	0,088	0,095	0,103	0,088	0,01156
	1,61	0,081	0,085	0,092	0,099	0,108	0,093	0,01084

A Figura 7.6 e a Tabela 7.6 apresentam a relação entre a potência do arco (P) e os valores de Quantidade de Fumos (Q) gerados pelo o eletrodo AWS E 6013 para os três fabricantes A,B e C.

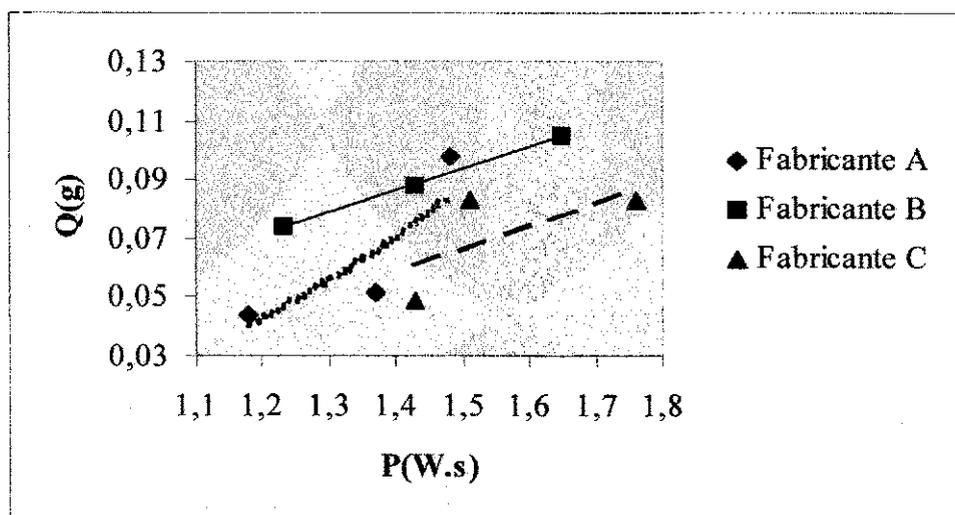


Figura 7.6. Variação da Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzidos pelos Fabricantes A, B e C.

Ao analisarmos a Figura. 7.6, podemos observar claramente que dos eletrodos AWS E 6013 o que produziu a maior quantidade de fumos foi o produzido pelo fabricante B enquanto que os produzidos pelo fabricante C foram os que proporcionaram os menores valores.

Tabela 7.6. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo AWS E 6013 e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 6013	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	G	g	g	g	
Fab. A	1,18	0,033	0,040	0,045	0,049	0,053	0,044	0,00781
	1,48	0,093	0,097	0,098	0,104	0,107	0,098	0,00563
	1,37	0,055	0,038	0,063	0,058	0,053	0,052	0,009397
Fab.B	1,23	0,096	0,072	0,052	0,091	0,082	0,074	0,01746
	1,43	0,075	0,081	0,087	0,092	0,106	0,088	0,01182
	1,65	0,076	0,072	0,052	0,091	0,082	0,105	0,01452
Fab.C	1,43	0,039	0,035	0,046	0,056	0,066	0,049	0,01266
	1,51	0,099	0,098	0,076	0,082	0,092	0,083	0,01009
	1,76	0,092	0,083	0,080	0,088	0,076	0,083	0,00634

A Figura 7.7 apresenta o efeito da polaridade sobre o valor da quantidade de fumos para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricantes A. Observa-se o grande efeito da inversão de polaridade, sobre o valor da quantidade de fumos ao se soldar com polaridade direta.

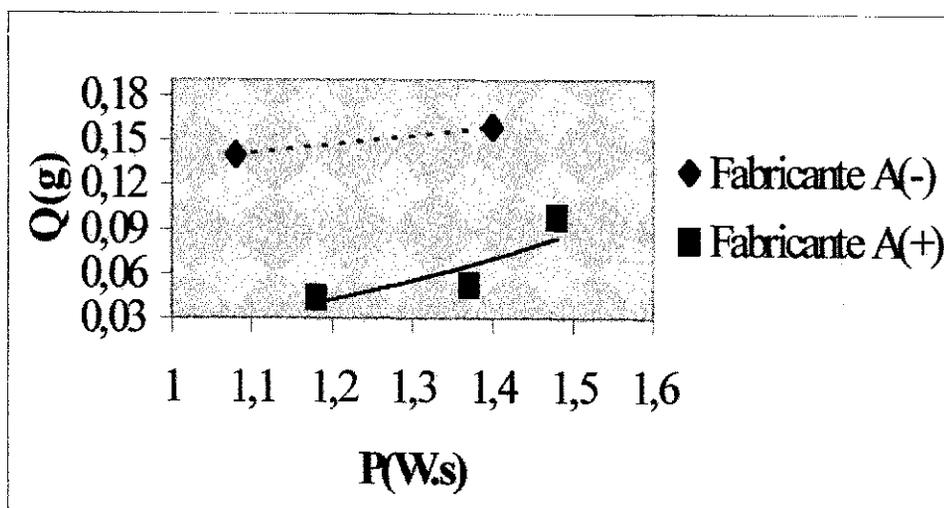


Figura 7.7 Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos (Q) em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzido pelo Fabricante A.

A Tabela 7.7 apresenta os valores obtidos para a construção do gráfico da Figura 7.7

Tabela 7.7 Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante A e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 6013	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	G	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,08	0,124	0,135	0,14	0,148	0,155	0,14	0,01193
	1,4	0,174	0,17	0,165	0,14	0,146	0,159	0,0151
Polaridade Reversa(+)	1,18	0,033	0,04	0,045	0,049	0,053	0,044	0,00781
	1,48	0,093	0,097	0,098	0,104	0,107	0,098	0,00563
Reversa(+)	1,37	0,055	0,038	0,063	0,058	0,053	0,052	0,009397

A Figura 7.8 e a Tabela 7.8 apresentam o efeito da polaridade sobre o valor da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo Fabricante B. Observa-se mais uma vez, que ao se soldar com a polaridade direta, a quantidade de fumos aumenta significativamente.

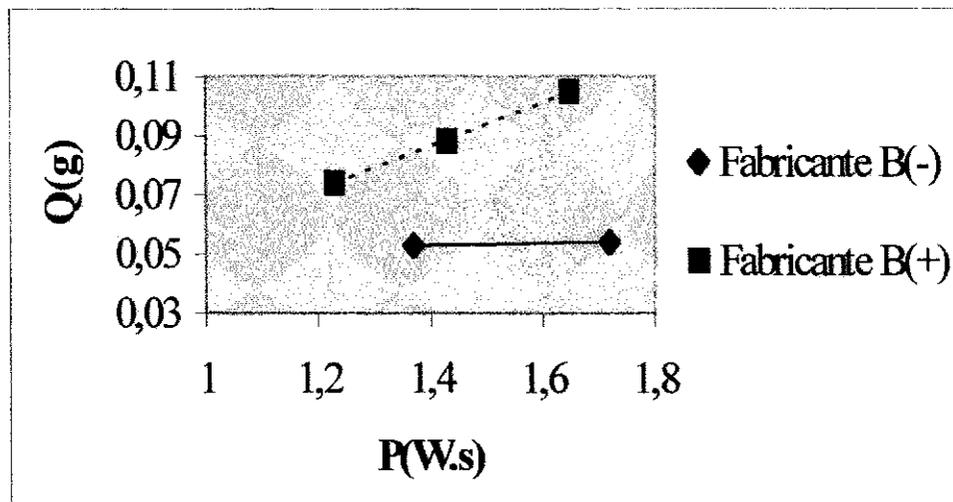


Figura 7.8. Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzido pelo Fabricante B.

Tabela 7.8. Valores da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante B e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 6013	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,37	0,055	0,054	0,050	0,052	0,055	0,053	0,00217
	1,72	0,029	0,056	0,057	0,055	0,051	0,054	0,01174
Polaridade Reversa(+)	1,23	0,096	0,072	0,052	0,091	0,082	0,074	0,01746
	1,43	0,075	0,081	0,087	0,092	0,106	0,088	0,01182
	1,65	0,076	0,072	0,052	0,091	0,082	0,105	0,01452

A Figura 7.9 e a Tabela 7.9 apresentam o efeito da polaridade sobre o valor da quantidade de fumos para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo Fabricante C. Observa-se que para baixos valores de "P", a inversão de polaridade, provoca um aumento importante na quantidade de fumos.

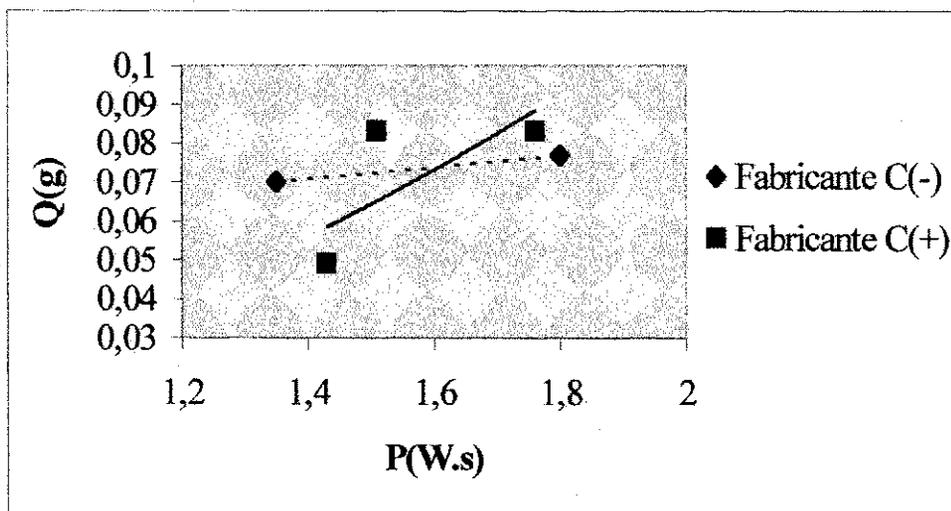


Figura 7.9. Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo AWS E 6013 Produzido pelo Fabricante C.

Tabela 7.9. Valores da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante C e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 6013	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,35	0,057	0,062	0,070	0,076	0,082	0,070	0,01014
	1,80	0,071	0,080	0,088	0,093	0,099	0,077	0,01099
Polaridade Reversa(+)	1,43	0,039	0,035	0,046	0,056	0,066	0,049	0,01266
	1,51	0,099	0,098	0,076	0,082	0,092	0,083	0,01009
	1,76	0,092	0,083	0,080	0,088	0,076	0,083	0,00634

A Figura 7.10 e a Tabela 7.10 apresentam o efeito da polaridade sobre o valor da quantidade de fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelos fabricantes A.

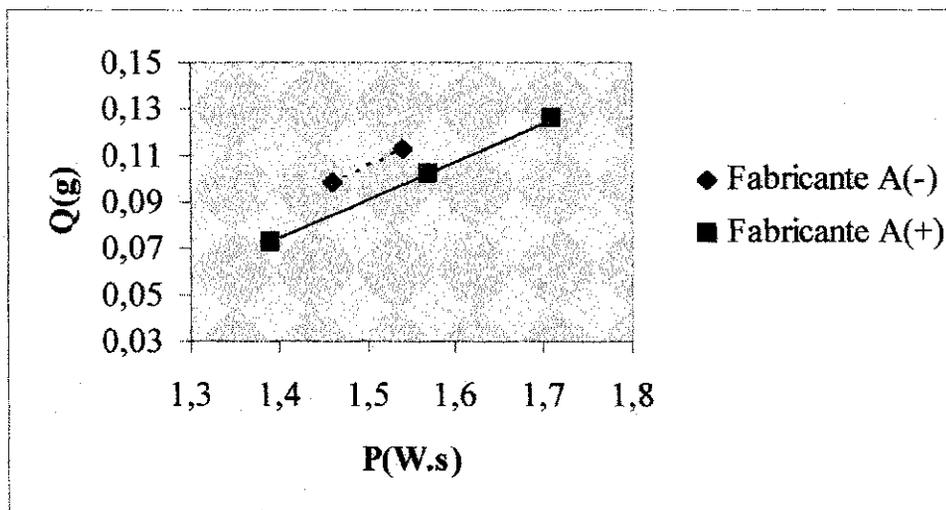


Figura 7.10. Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo E 7018 Produzido pelo Fabricante A

Ao analisarmos a Figura. 7.10, observamos que houve uma pequena diferença na produção de Quantidade de Fumos do eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricante A quando soldado com polaridade direta.

Estes resultados mostram, portanto, que a inversão da polaridade, pode proporcionar diferenças significativas nos valores da quantidade de fumos, principalmente com relação à soldagem com o eletrodo AWS E 6013, o qual produziu valores de quantidade de fumos superiores em mais de duas vezes ao se soldar com polaridade direta.

Tabela 7.10. Valores da Quantidade de Fumos para cada tipo de eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricante A e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 7018	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,46	0,083	0,090	0,098	0,109	0,117	0,099	0,01379
Polaridade Reversa(+)	1,54	0,099	0,107	0,111	0,120	0,129	0,113	0,01163
	1,39	0,067	0,083	0,079	0,071	0,063	0,073	0,0083
	1,71	0,114	0,126	0,129	0,129	0,135	0,126	0,007765
	1,57	0,089	0,094	0,103	0,109	0,116	0,102	0,010941

A Figura 7.11 e a Tabela 7.11 apresentam o efeito da polaridade sobre o valor da quantidade de fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo Fabricante B. Ao se analisar a figura 7.11, observa-se que a inversão de polaridade para altos valores de “P”, apresentam uma grande produção de fumos, o que revela-se uma discrepância se comparados aos produzidos pelos eletrodos dos fabricantes A e C.

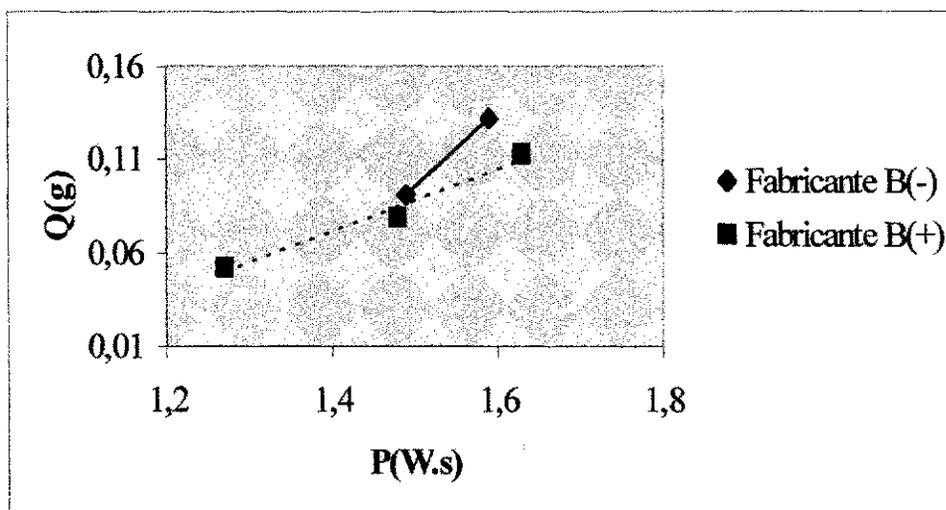


Figura 7.11. Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo E 7018 Produzido pelo Fabricante B.

Tabela 7.11. Valores da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricante B e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 7018	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,49	0,074	0,084	0,096	0,093	0,105	0,091	0,01184
	1,59	0,142	0,137	0,132	0,128	0,124	0,132	0,00713
Polaridade Reversa(+)	1,27	0,036	0,074	0,053	0,055	0,042	0,052	0,01458
	1,63	0,119	0,102	0,112	0,115	0,117	0,113	0,00667
	1,48	0,088	0,086	0,080	0,080	0,075	0,082	0,01285

A Figura 7.12. e Tabela 7.12 apresentam o efeito da polaridade sobre o valor da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo Fabricante C. Observa-se que a inversão de polaridade não causa efeito significativo em relação a Q para os eletrodos do Tipo AWS E 7018.

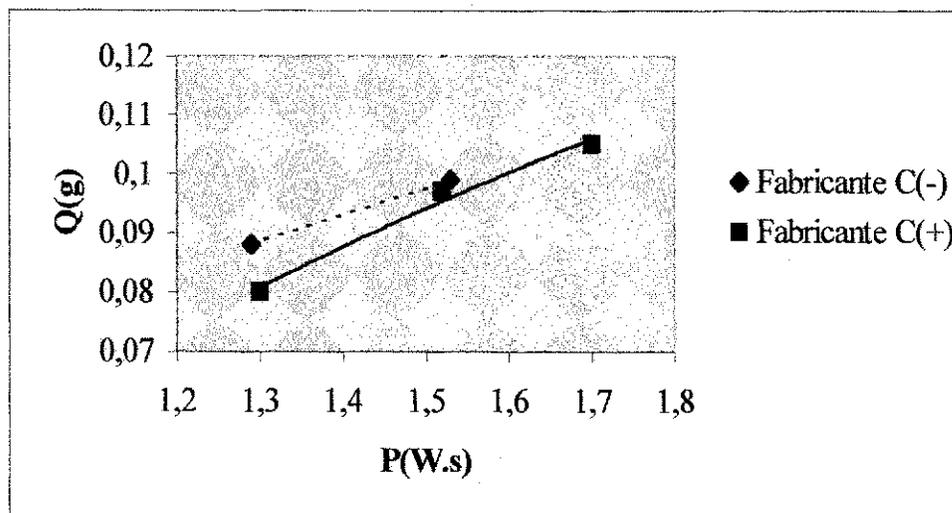


Figura 7.12. Efeito da Polaridade sobre a Quantidade de Fumos em Função de P para o Eletrodo E 7018 Produzido pelo Fabricante C.

Tabela 7.12. Valores da Quantidade de Fumos para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricante C e o valor médio com o respectivo desvio padrão.

E 7018	P	QT(1)	QT(2)	QT(3)	QT(4)	QT(5)	QT(m)	DESVIO PADRÃO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,29	0,091	0,087	0,089	0,090	0,085	0,088	0,00241
	1,53	0,097	0,096	0,101	0,098	0,101	0,099	0,0023
Polaridade Reversa(+)	1,30	0,094	0,092	0,074	0,074	0,067	0,080	0,01205
	1,52	0,083	0,092	0,096	0,105	0,109	0,097	0,01037
	1,70	0,108	0,103	0,098	0,094	0,124	0,105	0,01165

As Tabelas de 7.13 a 7.15 apresentam uma comparação percentual entre os fabricantes e respectivos eletrodos, tipo de polaridade, tomando-se como referencia valores intermediários de P e Q, pela fixação do parâmetro P em 0,1 (10%).

A Tabela 7.13. Comparação percentual entre os fabricantes e seus respectivos eletrodos, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g).

FABRICANTE	TIPO(AWS)	P(%)	Q(%)
A	E 6010	10	1,8
	E 6013	10	1,9
	E 7018	10	2,0
B	E 6010	10	2,0
	E 6013	10	0,8
	E 7018	10	1,4
C	E 6010	10	0,8
	E 6013	10	0,8
	E 7018	10	0,7

A Tabela 7.14. Comparação percentual entre o tipo de eletrodo e seus respectivos fabricantes, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g).

TIPO DE ELETRODO	FABRICANTE	P(%)	Q(%)
E 6010	A	10	1,8
	B	10	1,8
	C	10	0,8
E 6013	A	10	1,9
	B	10	0,8
	C	10	1,0
E 7018	A	10	1,5
	B	10	1,5
	C	10	0,4

Figura 7.15 Comparação percentual entre o tipo de eletrodo e seus respectivos fabricantes com inversão de polaridade, tomando como referência os valores extremos de P e Q(g).

FABRICANTE	TIPO DE ELETRODO	POLARIDADE	P(%)	Q(%)
A	E 6013	DIRETA	10	1,4
		REVERSA	10	0,6
B	E 6013	DIRETA	10	0,8
		REVERSA	10	0,2
C	E 6013	DIRETA	10	0,8
		REVERSA	10	0,3
A	E 7018	DIRETA	10	1,3
		REVERSA	10	1,8
B	E 7018	DIRETA	10	4,5
		REVERSA	10	2,2
C	E 7018	DIRETA	10	0,5
		REVERSA	10	0,7

Da análise da Tabela 7.13, verifica-se que não existe praticamente nenhuma diferença nos valores de Q para os três tipos de eletrodos quer da empresa A, quer da empresa C. No caso do fabricante B o eletrodo AWS E 6010 apresentou uma maior quantidade de fumos.

Da Tabela 7.14, verifica-se que os eletrodos AWS E 6010 e AWS E 7018 da empresa C produziram os menores valores de Q, ao passo que o AWS E 6013 da empresa A, foi o que produziu um maior valor de Q.

Quando a polaridade é invertida, verifica-se uma grande sensibilidade a essa mudança. Conforme análise da Tabela 7.15 para o eletrodo AWS E 6013, tem aumentos na produção de Q, de quatro, três e duas vezes respectivamente para os fabricantes B,C e A respectivamente. O que acontece com o eletrodo AWS E 7018, não tem muita significância no caso das empresas A e C, sendo que o produzido pela empresa B registrou um aumento de quase quatro vezes.

Com os resultados acima, principalmente no tocante à polaridade, deve-se sugerir aos soldadores maiores cuidados, no sentido de melhor proteger-se, utilizando inclusive como rotina de trabalho sistemas de exaustão. Outro cuidado deve ser soldar conforme recomendação do fabricante, obedecendo à polaridade e nos limites tecnológicos de corrente.

A grande variedade na quantidade de fumos por fabricante para um mesmo tipo de eletrodo, demonstra a necessidade de uma padronização para valores mínimos nos níveis de geração de fumos em processos de soldagem. Sendo assim, um ponto de importância fundamental é que sem prejudicar a qualidade da solda, sejam reduzidos os elementos que mais geram fumos, estabelecendo-se limites, baseados nos valores mínimos, gerados em ensaios, com parâmetros de soldagem pré-estabelecidos. Por fim é importante, por questões de orientação da saúde do soldador, informação sobre fumos de soldagem devam constar na embalagem dos consumíveis revestidos.

8. CONCLUSÕES

Os eletrodos apresentaram significativas variações nos valores de quantidade de fumos em função do tipo de revestimento e do tipo de fabricante.

O eletrodo que apresentou uma maior Quantidade de Fumos em todos os fabricantes analisados foi o eletrodo AWS E 6010.

O eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante A foi o que apresentou uma maior Quantidade de Fumos quando comparado com os eletrodos do mesmo tipo dos outros fabricantes.

Os eletrodos AWS E 7018 e AWS E 6013 apresentaram comportamentos diferentes com relação à Quantidade de Fumos em função do tipo de fabricante..

O eletrodo AWS E 6013 tem aumentos significativos de Q, ao se inverter a polaridade, de quatro, três e duas vezes respectivamente para os fabricantes B,C e A.

O eletrodo AWS E 7018, não tem muita significância no caso das empresas A e C, sendo que o produzido pela empresa B registrou um aumento de quase quatro vezes, quando se inverteu a polaridade.

Os eletrodos produzidos pela empresa C são os menores produtores de fumos.

9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar o efeito do comprimento do arco elétrico sobre a quantidade de Fumos (Q) em processos de soldagem automatizados.

Avaliar a variação de composição química dos fumos de soldagem em função do fabricante e do tipo de revestimento.

Avaliar o efeito do tipo de revestimento e do fabricante de eletrodo sobre o teor de fumos em soldagem de aços inoxidáveis.

Avaliar o efeito do tipo do gás de proteção e do fluxo interno dos arames sobre os valores Q em processos de soldagem ao arco elétrico com proteção gasosa.

Avaliar a influência sobre os fumos de soldagem na saúde ocupacional.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Welding Society. ANSI/AWS F1.4-87 Method for Analysis of Airborne Particulates Generated by Welding and Allied Processes, Miami 1987. 17p.

American Welding Society. ANSI/AWS F1.3-91 – A Sampling Strategy Guide for Evaluating Contaminants in the Welding Environment, Miami 1990.

Castner, H.R. Gás Metal Arc Welding Fume Generation Using Pulsed Current. Welding Journal, p59s-68s february 1995.

Catálogos de Consumíveis Fabricantes Diversos.

Controlling Welding Fume A Design Approach, Welding Journal September 1992/ Volume 71/Number 9 , by Laurie Redding.

DeLong, W.T. OSHA Regulatory Proposals and Philosophies Pertaining to Welding Fumes, Welding Journal, July 1978.

Drapinski, Januszcz, Elementos de Soldagem, McGraw Hill do Brasil, São Paulo, 1979, 280P.

Driscoll, S. & Suckling. P. Airborne Emission in Gas Shierded Welding. Welding & metal Fabrication, June 1992.

Fachinetto, Jefferson Luiz, Avaliação dos fumos produzidos por diferentes processos de soldagem, PPGEM RS, 1996.

Fisher. O.J. Welding Health Standards and Regulation. Welding Journal, September 1984.

Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem, Rio de Janeiro, Inspetor de Soldagem. FBTS 1983. 2v.

Gareis, Bernardo, A Soldagem, Simples como ela é/ Bernardo Gareis, Recife: SACTES, 1994. 223 pg.

Gay, C.N; Hewitt, P; Hicks, R. The Effect of Oxygen on the Rate of Fume Formation in Metal Inert Gas Weld Arc, 1980.

Heile, R.F. & Hill, D.C. Particulate Fume Generation in Arc Welding Processes. Welding Journal, July. 1975.

Hilton, D.E, & Plumridge, P.N, Particulate Fume Generation During GMAW and GTAW,, Welding & Metal Fabrication, December 1991.

www.peno.coppe.ufrj.br/peno/public/lecture/welding/tecsol3.

http://www.mte.gov.br/sit/nrs/nrs_idx.htmhttp://www.mte.gov.br/sit/nrs/nrs_idx.htm

Kimura, S. Kobayashi, M Godai, T. Et Al. Investigation on Chromium in the Welding Fumes. Welding Journal, July 1985.

Kobayashi, M. Mari; S. Hashimoto, Y Et Al. Investigations on Chemical Composition of Welding Fumes. Welding Journal, September 1992.

Laboratory Method for Measuring Fume Generation Rates And Total Fume Emission of Welding and Allied Processes ANSI/AWS FL.2-85AN AMERICAN NATIONAL STANDARD.

Machado, Ivan Guerra, Soldagem e Técnicas Conexas, Porto Alegre 1996, 477p. capítulos 3, 4, e anexos.

Marques, P.V. Tecnologia da Soldagem, Belo Horizonte: ESAB.1991, 352p.

Cennio, Mário Agostinho, Os Fumos na Soldagem Manual do Arco Elétrico, Anais do I Congresso Latino Americano e I Encontro Nacional da Tecnologia da Soldagem.

Okumura, Toshie; Célio Taniguchi, Engenharia de Soldagem e Aplicações, LTC – Livros Técnicos Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro 1982, 461p.

Quites, A. M.; Dutra, J. C. EDEME, Florianópolis 1979, 248p.

Reding, L. Controlling Welding Fume; A Design Approach. Welding Journal, September 1986.

Salter, G. Hull; D Jenkins, N Et Al. Welding and Cutting Safety, Joining & Materials, march 1989.

Soldagem & Inspeção, ano 1 n.º 4 –1995, Avaliação dos Efeitos da Radiação do Arco de Solda no Corpo Humano, Andrade. A. S; Toledo. M.

Soldagem & Materiais, ano 4 n.º 4 out/dez/1992, Emissão de Fumos na Soldagem, Howden G, David.

Soldagem & Inspeção, ano 6 n.º 11 2001.

The Prediction of Fume Composition in Stainless Steel, Metal Inert Gas Welding 1980.

Wainer, Emílio e Colaboradores, Soldagem Processos e Metalurgia, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo ,1992 ,capítulo 2.

Wainer, E.; Brandi, S. D.; Mello, F. D. H. de, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1992 494p.

Welding Journal. Eliminate Fume Problems at the Source, January 1992.

Zorber, A, Study of the Kinetic of Chromium and Nickel in Biological Material During a Week of Arc Welding Summary of Doc, Welding in the World nov/dez 1987.

ANEXOS

ANEXO 1. NORMA REGULAMENTADORA NR-6

A NR 9 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais PPRA, e a maioria das normas de outros países, recomendam a seqüência de medidas no trato aos contaminantes: Primeiro, medidas que eliminem ou reduzam a formação de agentes prejudiciais a saúde; segundo medidas que previnam e reduzam a disseminação desses agentes no ambiente de trabalho. Tal preocupação se mostra presente nos dias atuais, inclusive com artigos e livros publicados, (Soldagem & Inspeção, ano 6 n.º 11 2001).

A CONTRATADA deverá, obrigatoriamente, fornecer gratuitamente a todos os seus empregados que realizam serviços dentro dos limites da CONTRATANTE, Equipamentos de Proteção individual adequados ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, conforme dispõe a Norma Regulamentadora NR-6.

A CONTRATADA deverá fornecer aos seus empregados somente EPI aprovado pelo Ministério do Trabalho e de empresas cadastradas no DNSST/MTA.

Todo EPI deverá apresentar, em caracteres indeléveis bem visíveis, o nome comercial da Empresa Fabricante ou Importador, e o número do Certificado de Aprovação (CA), expedido pelo Ministério do Trabalho.

Atendidas as peculiaridades de cada atividade profissional, a CONTRATADA deve fornecer aos seus trabalhadores os seguintes EPI's:

Equipamento de Proteção Individual	Atividades
Capacete de Segurança	Trabalhos a céu aberto, atividades envolvendo risco de quedas, projeção de objetos, queimaduras ou choques eléctricos. Uso generalizado em canteiros de obras.
Protetor Facial	Trabalhos com serra circular, esmeril, policorte. picotagem de pisos e paredes, escariamento de pilares. lajes. vigas, etc.
Óculos de Segurança contra Impactos	Trabalhos de apicotamento, corte de peças de concreto, arames, desforma. cortes de cerâmica remoção de entulho (cacos de vidro, pedaços de lata pregos), amarração e corte de vergalhões, etc.
Óculos de Segurança Ampla Visão contra respingos	Trabalhos de pintura, limpeza com ácido, lixamento, concreta em, etc.
Óculos de Segurança contra radiações perigosas	Trabalhos de solda em e corte com oxiacetileno.
Mascara para Soldar	Trabalhos de soldagem e corte a quente.
Luvras de couro ou raspa	Manuseio ferragens, madeira, tijolos, marretas. dobramento de vergalhões, materiais ou objetos esconantes, abrasivos, cortantes. Perfurantes. ou aquecidos, remoção de entulho (cacos de vidro. <u>pedaços de lata</u> , pregos), etc.
Luvras de Neoprene	Manuseio de produtos químicos corrosivos. cáusticos, tóxicos, alergénicos. oleosos. Graxos, solventes orgânicos. derivados de petróleo. Cimento. cal, concreto, argamassa, colas. vernizes, tintas, etc.
Luvras de Borracha	Trabalhos realizados em circuitos eléctricos e equipamentos eléctricas energizadas
Calçado de Segurança com biqueira de aço	Todas as atividades desenvolvidas, que não exijam outros tipos de calçados.

Calçado de Segurança modelo eletricista	Todas as atividades desenvolvidas, que não exijam outros tipos de calçados.
Calçado impermeável	Trabalhos realizados em lugares úmidos, lamacentos ou encharcados
Botas de couro. de cano longo	Serviços de desmatamento e limpeza de terreno
Cinto de Segurança tipo pára-quedista	Para todas as atividade acima de 1.5 metros de altura
Cinto de Segurança tipo abdominal	Serviços em eletricidade e como limitador de movimentação do trabalhador
Protetor auriculares	Trabalhos com serra circular. Policorte. martetele pneumático, bomba de compressores. perfuratrizes. guincho, etc.
Respiradores contra poeiras	Serviços de carga e descarga de cimento, areia. cal e trabalhos que liberem poeiras, névoas e fumos.
Equipamento de Proteção Individual	Atividades
Respiradores contra gases ou vapores nocivos	Serviços com colas, vernizes. Impermeabilizantes, soldas, tintas, solventes e trabalhos que liberem gases e vapores nocivos.
Avental de couro ou raspa	Trabalhos de soldagem elétrica. Oxiacetilênica, corte a quente, impermeabilização a quente, etc. Trabalhos com risco de respingo de produto químico
Avental de PVC	Trabalhos com risco de respingo de produto químico
Ombreiras de raspa	Trabalhos de transporte de ferro, tubo ou madeira

Não é permitido o uso de capacetes de Segurança sem a suspensão ou carneira, cuja função é distribuir a força de impacto

Entregue LII acompanhado do "Termo de Responsabilidade" assinado pelo funcionário, o qual deve ser arquivado pela CONTRATADA para posterior consulta, quando necessário.

É obrigatório o uso EPI's pelos empregados da CONTRATADA em áreas nas quais o uso desses equipamentos de proteção é obrigatório para os empregados da CONTRATANTE.

Antes de iniciar qualquer atividade dentro das dependências da CONTRATANTE, O representante da CONTRATADA deve consultar o Departamento de Segurança da CONTRATANTE para certificar-se dos tipos de EPI's requeridos.

É de responsabilidade da CONTRATADA por intermédio de seu Engenheiro de Segurança ou pessoa competente, instruir seus funcionários com relação à utilização correta dos EPI's exigidos pela CONTRATANTE.

Pessoas barbadas estão terminantemente PROIBIDAS de realizar trabalhos que exijam o uso de mascaras e/ou respiradores, pois a barba impede o ajuste e selagem adequados do respirador, facilitando a passagem de contaminantes pelas frestas laterais.

ANEXO 2. OPERAÇÕES DE SOLDAGEM E CORTE A QUENTE

18.11.1. As operações de soldagem e corte a quente somente podem ser realizadas por trabalhadores qualificados. (118.199-8/I2)

18.11.2. Quando forem executadas operações de soldagem e corte a quente em chumbo, zinco ou materiais revestidos de cádmio, será obrigatória a remoção por ventilação local exaustora dos fumos originados no processo de solda e corte, bem como na utilização de eletrodos revestidos. (118.200-5/I4)

18.11.3. O dispositivo usado para manusear eletrodos deve ter isolamento adequado à corrente usada, a fim de se evitar a formação de arco elétrico ou choques no operador. (118.201-3/I4)

18.11.4. Nas operações de soldagem e corte a quente, é obrigatória a utilização de anteparo eficaz para a proteção dos trabalhadores circunvizinhos. O material utilizado nesta proteção deve ser do tipo incombustível. (118.202-1/I2)

18.11.5. Nas operações de soldagem ou corte a quente de vasilhame, recipiente, tanque ou similar, que envolvam geração de gases confinados ou semiconfinados, é obrigatória a adoção de medidas preventivas adicionais para eliminar riscos de explosão e intoxicação do trabalhador, conforme mencionado no item 18.20 - Locais confinados. (118.203-0/I4)

18.11.6. As mangueiras devem possuir mecanismos contra o retrocesso das chamas na saída do cilindro e chegada do maçarico. (118.204-8/I4)

18.11.7. É proibida a presença de substâncias inflamáveis e/ou explosivas próximo às garrafas de O₂ (oxigênio). (118.205-6/I4)

18.11.8. Os equipamentos de soldagem elétrica devem ser aterrados. (118.206-4/I4)

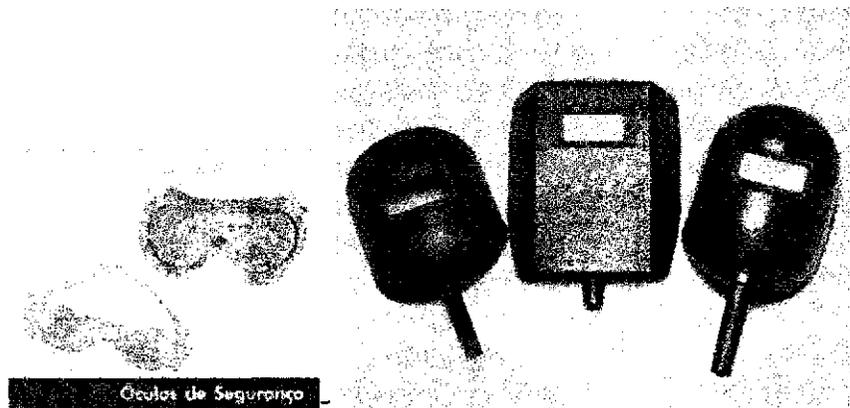
18.11.9. Os fios condutores dos equipamentos, as pinças ou os alicates de soldagem devem ser mantidos longe de locais com óleo, graxa ou umidade, e devem ser deixados em descanso sobre superfícies isolantes. (118.207-2/I2)



- Proteção contra ruídos no uso de serras elétricas, britadeiras, martelinhos etc
- Deve ser descartado quando estiver sujo ou danificado- Leve e confortável
 - Fácil de usar e guardar
 - Proteção eficiente, boa vedação- Plug de espuma moldável, tipo inserção, cor laranja, 29 dB 1100 (sem cordão) e 1110 (com cordão)
- Tamanho único e formato cônico
- Plug de silicone com aletas, cor azul, 23 dB 12 40 (sem cordão) e 1250 (com cordão)
 - Plug de borracha com aletas, cor laranja, 21 dB 1260 (sem cordão) e 1270 (com cordão).



Protetor Auricular tipo concha, fabricado em PVC, com fibras e formato anatômico, que pressiona somente sobre o protetor de ouvido. O Silent 1 tem a função de atenuar ruídos por um longo período, produzindo uma diminuição na transmissão de som com excelente conforto, facilidade de ajuste de comprimento, acomodando-se perfeitamente à cabeça.



Proteção dos olhos em operações de trabalho sujeitas a partículas e poeiras, tais como: lixamentos, pintura, serralheria, corte de metais etc- Possuem Certificado de Aprovação do Ministério do Trabalho

- Excelente visibilidade
- Leves e confortáveis Corpo de material isopropanílico com exclusiva película Durafon (não embaçam)
- Disponíveis em dois modelos:
 - 1887 - super proteção (com vedação completa)
 - 1850 e 1851 - lentes grandes



Proteção de vias respiratórias contra fumos de solda e poeiras tóxicas, tais como: madeira, cal, cimento, amianto, talco, gesso, massa corrida, fibra de vidro, fibras têxteis, ferro e alumínio

-Fumos de solda são partículas geradas quando do aquecimento de plásticos ou metais na operação da solda e resfriamento com o ar ambiente.

- Leve e confortável
- Amolda-se facilmente ao formato do rosto
- Proteção eficiente
- Descartável, não requer manutenção
- Fácil de usar e respirar
- Boa vedação

Com ou sem válvula de exalação- Filtro duplo de microfibras com tratamento eletrostático, protegido por concha externa e interna de fibras sintéticas de material não-tecido.