

***Tecnologia de Solda – Processo TIG e  
Eletrodo Revestido***

**Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco**  
**Presidente**

Jorge Wicks Côrte Real

**Departamento Regional do SENAI de Pernambuco**  
**Diretor Regional**

Antônio Carlos Maranhão de Aguiar

**Diretor Técnico**

Uaci Edvaldo Matias

**Diretor Administrativo e Financeiro**

Heinz Dieter Loges

677.027  
S474t

SENAI. DR. PE. **Tecnologia de solda – processo tig e eletrodo revestido**. Recife, SENAI.PE/DITEC/DET, 2001. 49 p. il.

1. SOLDA – ELETRODO REVESTIDO
2. MATERIAL DIDÁTICO - SOLDA
- I. Título

Direitos autorais de propriedade exclusiva do SENAI. Proibida a reprodução parcial ou total, fora do Sistema, sem a expressa autorização do seu Departamento Regional.

SENAI - Departamento Regional de Pernambuco  
Rua Frei Cassimiro, 88 - Santo Amaro  
50100-260 - Recife - PE  
Tel.: (081) 3416.9300  
Fax: (081) 3222-3837

## SUMÁRIO

Processo TIG	5
Eletrodos	7
Parâmetros de Soldagem	10
Corrente de Soldagem	12
Gases de Proteção	14
Classificação ABNT	23
Classificação AWS	25
Máquinas para Soldagem	28
Variáveis que Influenciam nas Soldagens	33
Eletrodos para Soldagem Manual a Arco	37
Segurança e Equipamento de Proteção Individual (EPI)	42
Bibliografia	49

## PROCESSO TIG

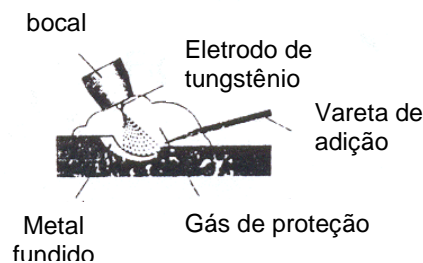
### Características do Processo

TIG é o processo de soldagem ao arco elétrico com proteção gasosa que utiliza eletrodo de tungstênio, um gás inerte, para proteger a poça de fusão. O nome TIG é uma abreviação de Tungsten Inert Gás (gás inerte tungstênio), em que tungstênio é o material de que é feito o eletrodo e gás inerte refere-se ao gás que não reage com outros materiais. Na Alemanha, o processo TIG é conhecido como WIG, sigla de Wolfranium Inert Gas. O processo TIG apresenta variantes, tais como a soldagem TIG por pontos, TIG por corrente pulsada e TIG com arame quente ou “hot wire”. O processo TIG também é conhecido por GTAW ou “Gas Tungsten Arc Welding (soldagem a arco com gás tungstênio).

No processo TIG, o aquecimento é obtido por meio de um arco elétrico gerado com auxílio de um eletrodo não consumível de tungstênio o qual não deve se fundir para evitar defeitos ou descontinuidades no cordão de solda. O eletrodo e a poça de fusão são protegidos por uma atmosfera gasosa constituída de gás inerte, isto é, um gás que não reage com outros materiais, ou uma mistura de gases inertes, geralmente argônio ou hélio.

O processo TIG permite soldar materiais com ou sem material de adição. Dependendo da aplicação da solda, é possível adicionar material à poça de fusão; nesse caso, o material deve ser compatível com o metal de base.

O processo TIG foi desenvolvido na década de 40 para soldagem de aços inoxidáveis e de ligas de alumínio e magnésio; atualmente, é utilizado para soldar praticamente todos os metais.



## **Aplicação**

O processo TIG é utilizado na soldagem de todos os tipos de juntas e chapas, principalmente as de espessura menor que 10mm. É um processo adequado a quase todos os metais, em especial titânio, zircônio, ligas de alumínio e magnésio, aços ligados, inoxidáveis, ligas de níquel e ligas especiais. É um processo bastante utilizado para soldagem de tubos, na indústria aeroespacial e nuclear e em trabalhos de reparação devido à facilidade em controlar o processo e a possibilidade de utilizar material de adição.

## **Vantagens**

Este processo tem a vantagem de apresentar cordões de solda de alta qualidade, sem escória e sem respingos e pode ser empregado em todas as posições e tipos de juntas. Em razão de admitir um controle preciso de entrega térmica, a soldagem TIG é a mais adequada para unir metais de pequena espessura, para fazer cordões em componentes sensíveis ao calor, para trabalhos de manutenção e também para soldar pontos em chapas finas.

## **Desvantagens**

Uma desvantagem no processo TIG é que o trabalho só pode ser realizado em local coberto ou protegido; se utilizada no campo, a soldagem TIG sofre a influência da circulação de ar no local e a proteção fornecida pelo gás inerte é prejudicada; outra desvantagem é que na soldagem de chapas grossas sua produtividade é baixa.

## ELETRODOS

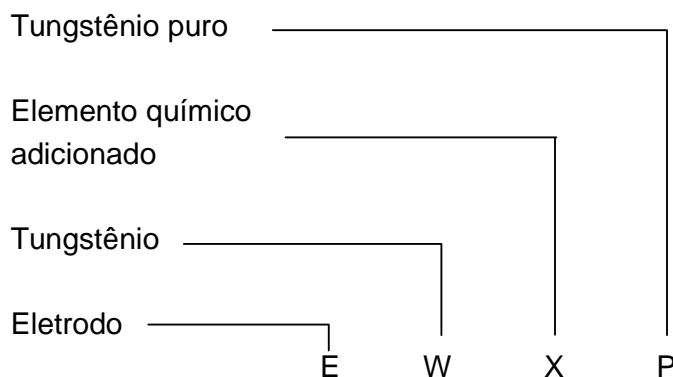
O eletrodo utilizado na soldagem TIG é o de tungstênio, que tem o maior ponto de fusão dos metais: 3400°C. Além disso, o tungstênio é chamado termoiônico porque tem facilidade de emitir elétrons, o que auxilia bastante a estabilidade do arco; o tungstênio pode ser puro (99%) ou com ligas de zircônio ou tório.

Os eletrodos de tungstênio puro têm a vantagem de apresentar menor custo e menor efeito de retificação quando utilizada a corrente alternada. Por outro lado, as desvantagens são a dificuldade na abertura do arco e menor durabilidade.

### Composição química do eletrodo

Os elementos químicos adicionados ao eletrodo são importantes para permitir um desempenho melhor do processo de soldagem. Os eletrodos com adição de zircônia ou tória apresentam vantagens, tais como maior durabilidade, maior resistência com potências elevadas e melhores propriedades de ignição. Por outro lado, as desvantagens, quando se utiliza corrente alternada, são o custo maior, maior efeito de retificação e menor estabilidade do arco.

A norma AWS A5.12-92 estabelece um código para a identificação dos eletrodos conforme sua composição química. Segundo esse código, a letra E significa eletrodo; W é para wolfrâmio (ou tungstênio), o elemento químico de que é feito o eletrodo, X é o elemento químico adicionado ao eletrodo e P significa puro.



EWCe é o eletrodo de tungstênio com óxido de cério, conhecido como céria; este tipo de eletrodo apresenta maior facilidade de ignição, melhor estabilidade do arco, reduzida taxa de vaporização ou queima e trabalha muito bem com corrente alternada ou contínua, em qualquer polaridade; estas vantagens aumentam com o aumento de quantidade de céria.

EWLa é o eletrodo de tungstênio que contém 1% de óxido de lantânio, conhecido como lantânia; as características de operação e vantagens deste eletrodo são muito similares às do eletrodo com céria.

O eletrodo EWTh contém óxido de tório, conhecido como tória; a tória é responsável pelo aumento de vida útil do eletrodo em relação aos eletrodos de tungstênio puro devido a sua alta emissão de elétrons, melhor ignição e estabilidade do arco. Estes eletrodos têm maior vida útil e apresentam grande resistência a contaminantes de tungstênio na solda.

EWZr é o eletrodo com adição do óxido de zircônio, conhecido como zircônia; este eletrodo é o preferido para aplicações nas quais a contaminação por tungstênio deve ser minimizada. O eletrodo com zircônia tem bom desempenho quando usado com corrente alternada e apresenta alta resistência a contaminação.

### Classificação do eletrodo

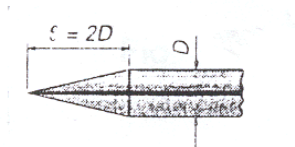
A classificação do eletrodo quanto à composição química encontra-se na norma ANSI/AWS A5.12-92, apresentada no quadro.

Classificação AWS	W %	CeO <sub>2</sub> %	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	ThO <sub>2</sub> %	ZrO <sub>2</sub> %	Outros% (máx.)	Cor de Ponta
EWP	99,5	-	-	-	-	0,5	Verde
EWCe-2	97,5	1,8 -2,2	-	-	-	0,5	Laranja
EWLa-1	98,3	-	0,9-1,2	-	-	0,5	Preta
EWTh 1 (1%)	98,5	-	-	0,8-1,2	-	0,5	Amarela
EWTh 2 (2%)	97,5	-	-	1,7-2,2	-	0,5	Vermelha
EWZr-1	99,1	-	-	-	0,15-0,40	0,5	Marrom
EWG	94,5	-	-	-	-	0,5	Cinza
Os números 1 e 2 apresentam a quantidade de material adicionado							

## Preparação do eletrodo

Conforme a corrente utilizada na soldagem, bem como o diâmetro do eletrodo, é necessário fazer uma preparação prévia da ponta do eletrodo. Essa preparação é feita por meio de esmerilhamento da ponta, sempre no sentido longitudinal, para facilitar o direcionamento dos elétrons. Em casos especiais, as marcas do esmerilhamento são retiradas por meio de polimento.

Na soldagem com corrente contínua, a ponta do eletrodo deve ser pontiaguda. O cone correto da ponta pode ser obtido por uma norma prática: a altura do cone deve ser duas vezes o diâmetro do eletrodo.



No caso de soldagem com corrente alternada, a ponta do eletrodo deve ser ligeiramente arredondada.

## Escolha do eletrodo

A escolha do tipo e do diâmetro do eletrodo deve levar em consideração a espessura e o tipo do material, o tipo de junta, o número de passes e os parâmetros de soldagem, como amperagem e tensão, além da composição química do eletrodo. Um quadro auxilia a seleção do eletrodo.

Diâmetro do eletrodo		Tungstênio puro Ampères CA	Tungstênio/Tório Ampères CA	Tungstênio/Zircônio Ampères CC
pol.	mm			
0.020	0.5	5 - 15	5 - 20	5 - 20
0.040	1.0	10 - 60	15 - 80	20 - 80
1/16	1.6	50 - 100	70 - 150	80 - 150
1/32	2.4	100 - 160	110 - 200	120 - 220
1/8	3.2	130 - 180	150 - 200	200 - 300
5/32	4.0	180 - 230	180 - 250	250 - 400

## **PARÂMETROS DE SOLDAGEM**

Os parâmetros de soldagem são responsáveis pela qualidade do cordão de solda; assim, é preciso conhecer essas variáveis para escolher o procedimento adequado a cada tipo de trabalho. Os parâmetros a considerar são o comprimento do arco, a velocidade de soldagem, a vazão do gás e a corrente de soldagem.

### **Comprimento do arco**

O comprimento do arco é a distância entre a ponta do eletrodo e o metal de base; o aumento do comprimento faz aumentar também a tensão do arco, sob uma dada corrente de soldagem e determinado gás de proteção. O comprimento do arco influencia o cordão de solda, que será tanto mais largo quanto maior for o arco. Um arco muito curto ou muito longo torna-se instável, favorecendo a formação de porosidades, mordeduras e falta de fusão.

### **Velocidade de soldagem**

A velocidade de soldagem tem influência sobre a penetração e a largura do cordão de solda; assim, se a velocidade aumenta, a penetração e o cordão diminuem, acontecendo o mesmo também com o reforço, quando se solda com adição de metal. Uma velocidade maior melhora a eficiência e a produtividade da soldagem, reduzindo os custos de produção; no entanto, velocidades altas demais podem causar descontinuidades, como falta de penetração e mordeduras.

### **Vazão do gás**

Para que a proteção oferecida pelo gás seja eficiente, é preciso considerar a vazão do gás. A vazão deve ser forte o suficiente para deslocar o ar para longe da área da solda e assim proteger a poça de fusão; no entanto, uma vazão elevada pode causar turbulência no fluxo do gás, resultando em descontinuidade ou defeitos no cordão e instabilidade do arco, sem falar no custo maior de soldagem.

A vazão ideal leva em consideração fatores como:

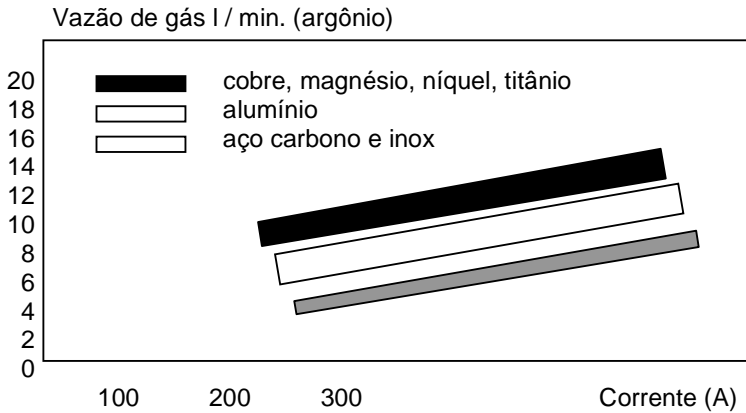
- tipo de gás utilizado;
- distância entre o bocal e a peça;
- tipo e posição da tocha;
- tipo de junta;
- diâmetro do bocal;
- velocidade e posição de soldagem;
- tipo de metal a ser soldado e
- tamanho da poça de fusão.

Existem no mercado dispositivos adaptáveis à tocha que permitem um fluxo de gás mais suave e eficiente. Uma regra para determinar a vazão ideal é fazer um teste, iniciando com vazão elevada e diminuindo gradativamente até que comece uma oxidação superficial do cordão; a vazão ideal será a mais próxima e superior a essa.

Uma vazão baixa não oferece proteção adequada à poça de fusão, causando também descontinuidades.

## CORRENTE DE SOLDAGEM

O ajuste da vazão de gás está relacionado com a intensidade de corrente ideal para os diferentes metais a soldar. Considerando o argônio como gás de proteção, a relação vazão/corrente pode ser mostrada em um quadro.



Um quadro pode auxiliar a selecionar o gás recomendado para os diferentes metais.

Solda TIG	Material	Manual						Automática						
		Espessura						Espessura						
		≤ 3,2 mm			> 3,2 mm			≤ 3,2 mm			> 3,2 mm			
		Ar	Ar-He	He	Ar	Ar-He	He	Ar	Ar-He	He	A <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Ar	Ar-He	He
	Alumínio e ligas	•			•			•		▲			•	▲
	Aço carbono	▲			▲			▲					▲	▲
	Aço inoxidável	▲				▲			▲	▲				▲
	Níquel e ligas	▲				▲			▲	▲				▲
	Cobre		▲				▲		▲					▲
	Titânio e ligas	▲				▲		▲	▲					▲

• - corrente alternada, alta frequência  
 ▲ - corrente contínua, polaridade direta  
 Ar - He - contém acima de 75% de Hélio  
 A<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> - contém acima de 15% de Hidrogênio

### Consumíveis

Os consumíveis utilizados na soldagem TIG são o metal de adição e os gases de proteção.

### Metal de adição

O metal de adição para soldagem TIG é geralmente apresentado sob forma de vareta com cerca de 1 metro de comprimento. No caso de soldagem mecanizada, utilizam-se bobinas de fio enrolado. Os diâmetros dos fios e das

varetas obedecem a um padrão que varia entre 0,5 mm e 5 mm. Os materiais e ligas utilizados na confecção das varetas são variados; classificam-se segundo sua composição química e de acordo com as propriedades do metal depositado.

É importante que o metal de adição esteja isento de umidade, oleosidade e oxidação.

### **Escolha do metal de adição**

A escolha do metal de adição leva em consideração fatores como: similaridade com o metal de base, composição química, propriedades mecânicas e custos razoáveis. O diâmetro do fio ou da vareta deve corresponder à espessura das peças a soldar ou à quantidade de material que será depositada. Estas informações encontram-se disponíveis nos catálogos dos fabricantes.

### **Especificação do metal de adição**

Os consumíveis utilizados como metal de adição na soldagem TIG são especificados segundo normas que definem as características do arame, as propriedades mecânicas desejadas, ensaios recomendados, dados de identificação, garantia do fabricante, condições de aceitação e embalagem.

Um quadro pode auxiliar na busca da norma AWS referente a um determinado metal de base a ser soldado, com a especificação completa do material de adição recomendado para tal soldagem.

<b>Arames e Varetas</b>	<b>Nº da Especificação</b>
Soldagem de cobre	A5.7
Soldagem de aços ao Cr e Cr – Ni resistentes à corrosão	A5.9
Soldagem de alumínio	A5.10
Revestimento	A5.13
Soldagem de níquel	A5.14
Soldagem de titânio	A5.16
Soldagem de aço-carbono de baixa liga	A5.18
Soldagem de magnésio	A5.19
Soldagem de zircônio	A5.24

## **GASES DE PROTEÇÃO**

Os gases de proteção utilizados no processo TIG são os inertes, isto é, que não reagem com o eletrodo nem com a poça de fusão; como exemplos citam-se o argônio, mais utilizado, o hélio ou uma mistura de ambos.

Os gases de proteção do processo TIG devem ter um grau de pureza de 99,99%, no mínimo, para que a solda apresente a qualidade desejada. O teor de umidade também é um fator importante que deve ser controlado.

A escolha do gás depende de fatores como tipo de metal que se quer soldar, espessura das peças e posição de soldagem. As misturas de argônio e hélio, respectivamente 70% e 30% e 30% e 70%, são as que apresentam os melhores resultados na soldagem de metais não ferrosos, como alumínio, magnésio e ligas.

As misturas argônio e hidrogênio (8% em geral) são as mais utilizadas em soldagem TIG manual e automática dos aços inoxidáveis.

### **Função do gás**

A principal função de um gás de proteção no processo TIG é excluir os gases da atmosfera que podem contaminar a poça de fusão, o eletrodo e a parte aquecida da vareta de adição. A escolha do gás é importante porque influencia a velocidade de soldagem.

### **Emprego do argônio**

O emprego do gás argônio no processo TIG apresenta algumas vantagens, como:

- uma boa estabilidade do arco;
- baixo consumo do gás;
- baixas tensões de arco;
- custo baixo do processo;
- facilidade na abertura do arco e
- melhor efeito de limpeza de óxidos quando usada a corrente alternada.

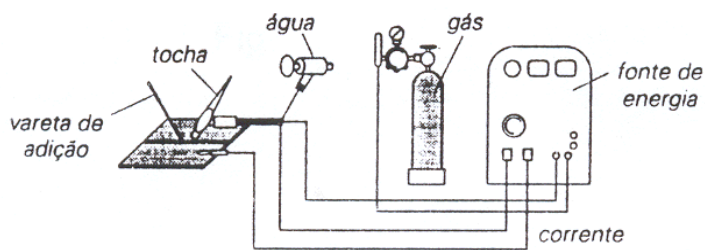
Por ser mais pesado que o ar, o argônio forma uma eficiente cortina de proteção ao redor da poça de fusão.

### Emprego do Hélio

O gás hélio empregado no processo TIG apresenta consumo alto, pois é um gás mais leve que o ar; sua densidade baixa provoca a subida do gás em turbulência, prejudicando a proteção da poça de fusão; por isso, o fluxo do hélio deve ser de 2 a 3 vezes maior que a do argônio. O hélio requer altas tensões de soldagem, o que demanda maior energia para uma mesma corrente e comprimento de arco; permite grande penetração do cordão de solda; apresenta custo alto, mas, em contrapartida, possibilita maior velocidade no caso de soldagem automática de alumínio e suas ligas. Em soldagem automática de alumínio e suas ligas, o gás hélio puro pode ser utilizado com corrente contínua e polaridade negativa.

### Equipamento

Para as aplicações mais comuns, o equipamento requerido para soldagem pelo processo TIG é relativamente simples. Consiste de uma fonte de energia elétrica que pode ser ao mesmo tempo um transformador, no caso de corrente alternada, ou um retificador ou gerador, no caso de corrente contínua; uma tocha com suporte para o eletrodo; um cabo de condução para o gás de proteção; um cabo para o sistema de refrigeração e um para a fonte de energia; uma fonte de gás, que pode ser um cilindro e um regulador de pressão, ou um conjunto de cilindros com canalização para alimentar a rede de distribuição, no caso de soldagem com vários postos de trabalho; e um regulador de vazão de gás.



## **Transformador**

Um transformador básico para soldagem com corrente alternada apresenta as seguintes partes:

- transformador monofásico ou trifásico, responsável pela transformação da corrente da rede em corrente de soldagem pela redução da tensão da rede para tensão de soldagem e pelo aumento da intensidade da corrente da rede para intensidade de corrente de soldagem;
- gerador de alta frequência, que gera impulsos de alta tensão de elevada frequência para ignição sem contato do arco elétrico durante a soldagem;
- condensador protetor;
- condensador-filtro, para compensação das semi-ondas variáveis de corrente que podem surgir na soldagem;
- válvula magnética de gás protetor, para abertura e fechamento eletromagnéticos do suprimento de gás;
- unidades de comando, com as funções de ativação e desativação da corrente de soldagem, controle da válvula magnética de gás protetor com tempo regulável para pré e pós-fluxo, regulagem do condensador de filtragem.

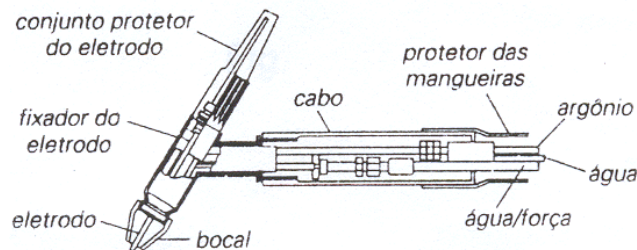
## **Retificador**

Um retificador para soldagem TIG com corrente contínua apresenta as seguintes partes:

- transformador monofásico ou trifásico, responsável pela diminuição da tensão da rede para tensão de soldagem e aumento da intensidade de corrente da rede para intensidade de corrente de soldagem;
- retificador, que transforma a corrente alternada monofásica ou trifásica em corrente contínua;
- ventilador-resfriador;
- chave de pressão de água;
- válvula magnética de gás protetor, e unidades de comando, com as funções de ativação e desativação da corrente de soldagem, regulagem da intensidade da corrente de soldagem, controle da válvula magnética de gás protetor com tempo regulável para pré e pós-fluxo e desativação da corrente de soldagem na falta de água.

## Tocha

A tocha conduz a corrente e o gás inerte para a zona de soldagem; tem a extremidade revestida de material isolante a fim de ser manuseada com segurança pelo operador. A tocha serve como suporte do eletrodo de tungstênio e também fornece o gás de proteção. Dentro da tocha existe uma pinça que segura o eletrodo, e que deve ser selecionada de acordo com o diâmetro do eletrodo. Uma grande variedade de tochas existentes no mercado possibilita sua adaptação a soldas de difícil acesso.



O bocal da tocha, que pode ser cerâmico ou metálico, tem a função de direcionar o gás de proteção; também, deve ser escolhido segundo a espessura e a forma da junta a ser soldada ou a corrente elétrica utilizada. O bocal de cerâmica é recomendado para corrente de soldagem inferior a 250 A. O diâmetro do bocal de gás deve ter um tamanho suficiente para proteger adequadamente a poça de fusão e a área aquecida.

Uma regra prática diz que o diâmetro interno do bocal deve ser de quatro vezes o diâmetro do eletrodo.

### Sistema de refrigeração da tocha

O forte calor do arco elétrico e as altas correntes impõem a refrigeração da tocha e do cabo de soldagem. Desta forma, consegue-se uma proteção adequada e o equipamento torna-se flexível e de fácil manejo. A refrigeração da tocha pode ser feita por água ou por ar.

### Refrigeração à água

A água utilizada para o resfriamento deve ser limpa, a fim de não restringir ou entupir as passagens, o que ocasiona superaquecimento e avaria do equipamento. Nos casos em que a água disponível não é limpa, aconselha-se o uso de filtros. A maioria das oficinas tem um suprimento de água potável; no entanto, às vezes o trabalho é executado em grandes oficinas ou no campo,

onde nem sempre se pode obter água sob pressão adequada, principalmente quando se usa mangueira muito longa; em tais casos, recomenda-se o uso de uma unidade com bomba e tanque de água, com capacidade suficiente para as necessidades. Modernos conjuntos TIG com tochas resfriadas a água dispõem de uma unidade autônoma de resfriamento.

A pressão adequada de água varia de acordo com a tocha; se a pressão de água existente for superior a 4 kg/cm<sup>2</sup>, é necessário utilizar o regulador de água para evitar possíveis avarias nas mangueiras. O sistema de refrigeração a água, dotado de motor elétrico, bomba e radiador, é empregado em ciclos de trabalho bem altos, na faixa de 200 a 450A, dependendo do fabricante.

### **Refrigeração a ar**

A tocha também pode ser refrigerada a ar; esse sistema está limitado a uma corrente em torno de 200A, conforme o fabricante, e é utilizado na soldagem de chapas finas, com um ciclo de trabalho bem baixo. A tocha refrigerada a ar é mais leve e tem um custo menor que o do sistema a água.

### **Ignição do arco**

No processo TIG, a ignição do arco é feita sem tocar o eletrodo na peça para evitar a transferência do tungstênio para a peça e danos no eletrodo, o qual deve ser apontado antes do início do trabalho. A abertura é feita por meio de dispositivos que formam um tipo de arco piloto. O mais utilizado é um ignitor de alta frequência que providencia um sinal de alta tensão e alta frequência, de 5kV e 5kHz, e permite a ionização da coluna de gás entre o eletrodo e a peça, induzindo a abertura. Alguns segundos antes de abrir o arco, é recomendável iniciar a vazão do gás inerte; esse intervalo de tempo é conhecido como pré-purga de gás. Em seguida, acende-se o arco com auxílio do ignitor de alta frequência e dirige-se a tocha para um determinado local de modo a permitir a formação da poça de fusão; quando a poça atinge o tamanho necessário, pode-se iniciar a soldagem.

O sinal de alta frequência é de potência baixíssima e não afeta a segurança do operador.

### **Cilindro de gás**

O gás de proteção é fornecido em cilindros de aço sob pressão. Para tornar a pressão adequada ao funcionamento da tocha, adapta-se um regulador com

medidor de vazão. A medição da vazão é necessária porque os vários materiais requerem diferentes fluxos de gás para uma proteção adequada. Nos casos em que grande quantidade de material é soldada continuamente, é possível fazer estoques de argônio líquido, de mistura de gases e também de argônio e outros gases, usando misturadores e uma canalização de cilindros com medidor de vazão para cada posto de soldagem.

### Fontes de soldagem

No processo de soldagem TIG, as fontes de soldagem fornecem corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA), dependendo da aplicação que será feita da soldagem.

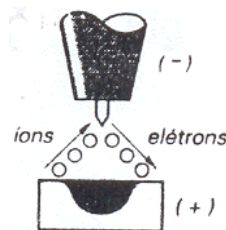
### Corrente contínua

Quando se trabalha com CC, o ignitor de alta frequência é usado apenas para abrir o arco e em seguida é desligado. Geralmente os aparelhos possuem um dispositivo que inibe as faíscas do ignitor quando o arco está aberto. Na soldagem com CC, o circuito pode ter o eletrodo ligado tanto ao pólo negativo quanto ao positivo.

### Corrente contínua com polaridade negativa

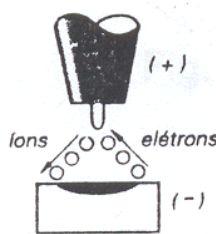
Quando o eletrodo está ligado ao pólo negativo CC<sup>-</sup>, os elétrons fluem do eletrodo em altas velocidades, bombardeando o metal de base e provocando um aquecimento considerável nesse metal; a concentração de calor, portanto, é de aproximadamente 70% na peça e 30% no eletrodo.

O cordão de solda obtido com CC<sup>-</sup> é estreito e com grande penetração. Este tipo de corrente é aplicado na soldagem de aço, cobre, aços austeníticos ao cromoníquel e ligas resistentes ao calor.



### Corrente contínua com polaridade positiva

Quando ligado ao pólo positivo,  $CC^+$ , o eletrodo é positivo e o metal é negativo; os elétrons fluem do metal de base para o eletrodo, o qual se aquece e tende a fundir a extremidade. A concentração de calor é de aproximadamente 30% na peça e 70% no eletrodo. Por esta razão, a soldagem com  $CC^+$  requer um eletrodo com diâmetro maior ou uma corrente mais baixa para evitar o superaquecimento e conseqüente fusão do eletrodo, que contamina a poça de fusão. Esse inconveniente torna a soldagem com  $CC^+$  pouco utilizada, uma vez que não é viável para correntes elevadas. O cordão de solda obtido é largo, com pequena penetração.



### Efeito de limpeza

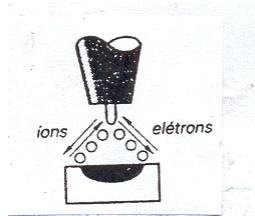
A corrente contínua com polaridade positiva  $CC^+$ , produz um efeito chamado efeito de limpeza, que é a remoção de camadas superficiais de óxido refratários normalmente presentes nos metais, tais como alumínio e magnésio.

O efeito de limpeza acontece pela ação do arco elétrico: os elétrons que deixam o metal de base ou os íons do gás bombardeiam a película de óxido, causando seu rompimento. No entanto, como a polaridade positiva é pouco utilizada, costuma-se usar a corrente alternada para provocar esse efeito, uma vez que o rompimento do óxido acontece na metade positiva do ciclo.

### Corrente alternada

Teoricamente, uma soldagem com CA é uma combinação das soldagens com  $CC^+$  e  $CC^-$ . A corrente assemelha-se a uma onda, cuja parte superior representa a polaridade positiva, ou  $CC^+$ , e a inferior a negativa ou  $CC^-$ . Os elétrons e os íons partem da peça para o eletrodo e vice-versa, causando uma concentração equilibrada de calor de 50% para cada um e um cordão com penetração média.

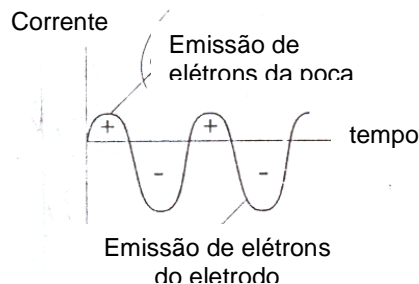
A CA é aplicada na soldagem de alumínio, magnésio e suas ligas. Na soldagem com CA, o arco tende a extinguir quando a corrente é muito baixa ou nula, uma vez que a corrente cai a zero a cada inversão de polaridade; neste caso, o ignitor deve permanecer ligado para estabilizar a descarga elétrica.



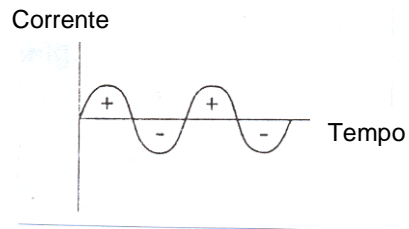
### Efeito de retificação

Quando se utiliza CA com eletrodo de tungstênio puro, acontece o efeito de retificação, que é a diferença de emissividade eletrônica existente entre o eletrodo de tungstênio puro, acontece o efeito de retificação, que é a diferença de emissividade eletrônica existente entre o eletrodo de tungstênio e o material que está sendo soldado.

Na CA, existe uma mudança cíclica do fluxo de elétrons, que ora se deslocam do eletrodo de tungstênio para a poça de fusão, ora saem da poça de fusão em direção ao eletrodo. Devido ao efeito de retificação, há um desbalanceamento nesse movimento, tornando a emissão de elétrons vindos da poça de fusão menor que a emissão de elétrons provenientes do eletrodo; isto provoca o aparecimento de duas senóides de intensidades diferentes.



O efeito de retificação é mais prejudicial no caso da soldagem de alumínio e de magnésio, que apresentam óxido refratário, porque o fluxo de elétrons emitido pela poça de fusão não é suficiente para romper completamente a camada de óxido existente durante a soldagem. A fim de atenuar o efeito de retificação, utiliza-se um transformador com condensador-filtro, que equilibra as senóides representantes do fluxo de elétrons.



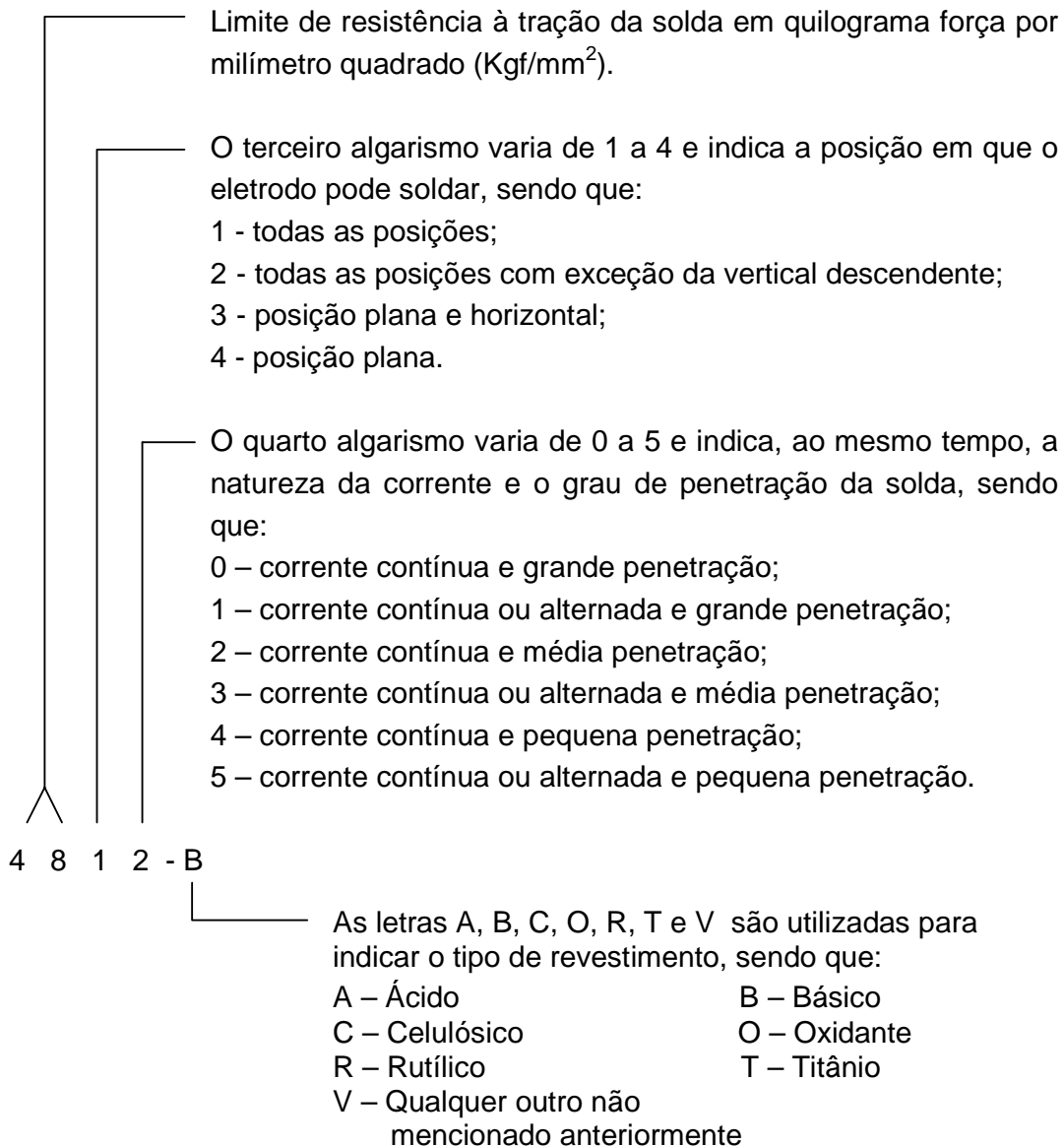
### **Corrente de alta freqüência**

Quando se trabalha com CA, existe em algumas máquinas um circuito aberto que fornece alta tensão ou alta freqüência por meio de um gerador, com as finalidades de permitir a abertura do arco elétrico sem que o eletrodo toque a peça e também promover a reignição do arco, nas situações em que a corrente alternada tende a zero.

As correntes de soldagem utilizadas no processo TIG apresentam curvas características de forte inclinação ou curvas características tombantes.

## CLASSIFICAÇÃO ABNT

Os eletrodos são identificados por quatro algarismos, seguidos de uma letra. Os quatro algarismos básicos, identificadores de eletrodo têm o seguinte significado:

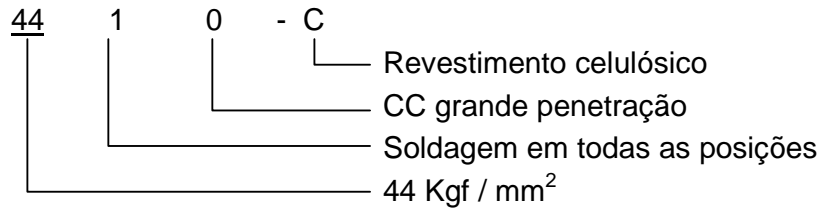


Observação:

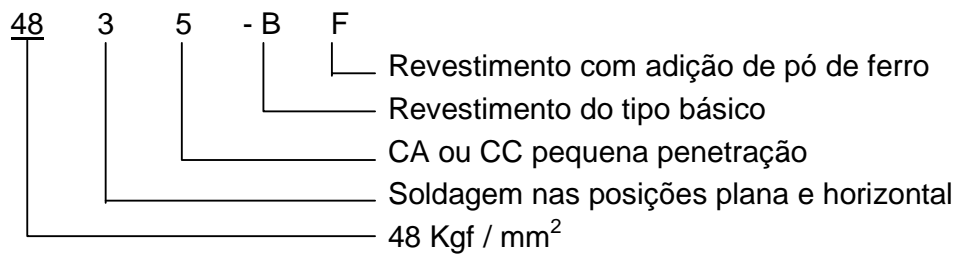
Quando à direita destas letras, aparecer a letra "F" é porque existe adição de pó de ferro no revestimento.

Para melhor fixação acompanhe os exemplos a seguir:

1) Eletrodo 44 10 - C



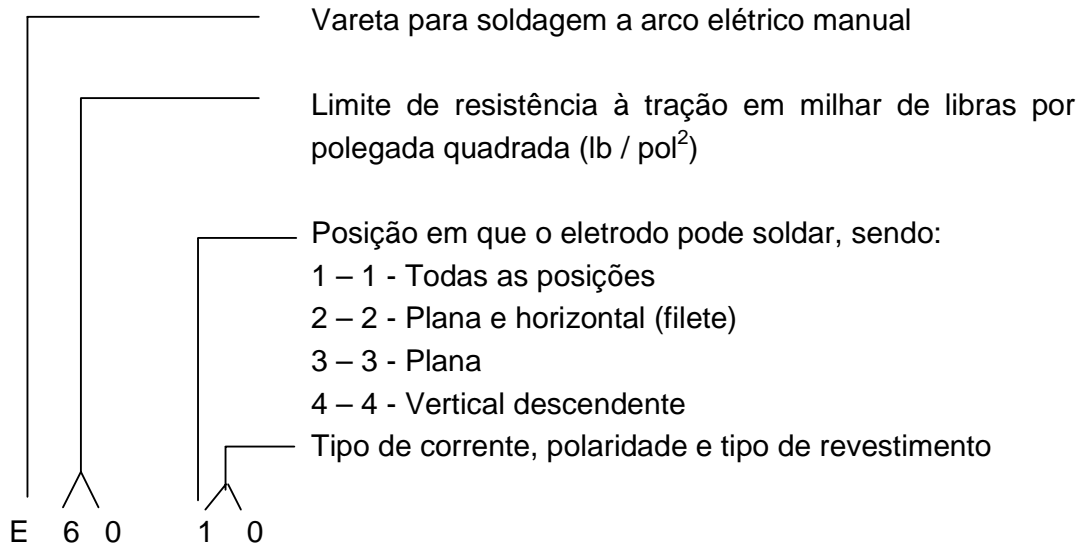
2) Eletrodo 4835 - BF



## CLASSIFICAÇÃO AWS

Na classificação AWS, os eletrodos para aço doce ou de baixa liga, são identificados através de uma letra e quatro ou cinco algarismos.

Vamos conhecer o significado da letra e dos algarismos do seguinte exemplo:



A seguir, temos a tabela AWS A. 51-78 que esclarece o significado dos últimos algarismos.

Dois últimos algarismos	Tipo de corrente	Polaridade	Revestimento
10	CC	Inversa (+)	Celulósico
11	CC ou CA	Inversa (+)	Celulósico
12	CC ou CA	Direta (-)	Rutílico
13	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Rutílico
14	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Rutílico
15	C	Inversa (+)	Básico
16	CC ou CA	Inversa (+)	Básico
18	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Básico
20	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Ácido
24	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Rutílico
27	CC ou CA	Inversa/Direta (+ -)	Ácido
28	CC ou CA	Inversa (+)	Básico

Observação:

No caso do número ser composto de cinco algarismos, os três primeiros indicam o limite de resistência à tração.

Exemplo:

Eletrodo E – 10018

Neste caso o limite de resistência a tração é igual a 100000 lb /pol<sup>2</sup>.

Para melhor fixação acompanhe os exemplos a seguir:

1) Eletrodo E – 7018

70 18  
 └─── Resistência à tração em lb / pol<sup>2</sup> = 70.000 lb / pol<sup>2</sup>.

70 1 8  
 └─── Posição de soldagem = todas as posições.

70 18  
 └─── Tipo de corrente = CA ou CC  
 Polaridade em CC = Inversa (+)  
 Revestimento = básico

1) Eletrodo E – 6020

60 20  
 └─── Resistência à tração

60 2 0  
 └─── Posição de soldagem = plana e horizontal (filetes)

60    20  
       └── Tipo de corrente = CC ou CA  
           Polaridade em CC = Direta ( - )  
           Revestimento = ácido

Observação:

Para converter lb/pol<sup>2</sup> em kgf/mm<sup>2</sup>, deve-se multiplicar a quantidade de lb/pol<sup>2</sup> pela constante 0,0007031.

Exemplo: Converter 70.000 lb / pol<sup>2</sup> para kgf / mm<sup>2</sup>.

Solução: multiplica-se a quantidade de lb / pol<sup>2</sup> pela constante 0,0007031.

Então, temos:

$$\begin{array}{r} 0,0007031 \\ \underline{\times 70.000} \\ 49,2170000 \end{array}$$

Resposta: 70.000 lb/pol<sup>2</sup> = 49.217 kgf/mm<sup>2</sup>.

Quando o cálculo não exige precisão podemos multiplicar simplesmente pela constante 0,0007.

Teremos:

$$\begin{array}{r} 70.000 \\ \underline{\times 0,0007} \\ 49,0000 \end{array}$$

Resposta: 70.000 lb/pol<sup>2</sup> ≅ 49 kgf/mm<sup>2</sup>.

Nota:

psi = lb/pol<sup>2</sup> = libras por polegada quadrada.

CC = DC = corrente contínua.

CA = AC = corrente alternada.

Kgf/mm<sup>2</sup> = quilograma força por milímetro quadrado.

## MÁQUINAS PARA SOLDAGEM

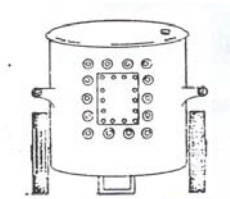
São máquinas adaptadas para trabalhos de soldagem. Existem três tipos básicos de máquinas para soldar com eletrodo revestido:

- transformador para soldagem;
- gerador para soldagem;
- retificador para soldagem.

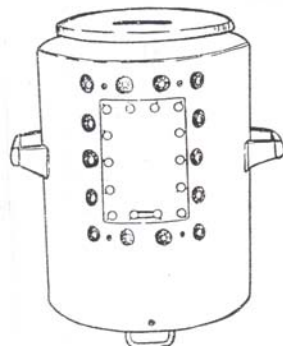
Os modelos variam de fabricante para fabricante, mas o princípio de funcionamento de cada tipo de máquina é o mesmo.

### Transformador para soldagem

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis), destinada a alimentar um arco elétrico com corrente alternada.



Pode ser de pequeno, médio e grande porte, dependendo do trabalho a ser executado.



Ligações soltas

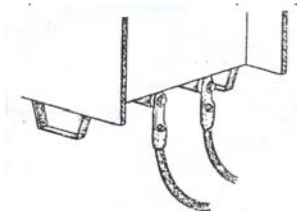
Pode ser do tipo monofásico ou trifásico e alimentado com tensões de 110 V, 220 V, 380 V e 440 V.

Os transformadores, sendo máquinas para soldagem com corrente alternada (não tem polaridade definida), só permitem o uso de eletrodos apropriados para este tipo de corrente.

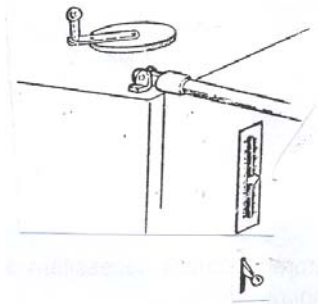
Observação:

Para trabalhos de longa duração e eletrodos de maiores diâmetros, deve-se ter o cuidado em selecionar a máquina com potência adequada.

A máquina normalmente dispõe de dois terminais para ligação dos cabos (terra e porta-eletrodo).

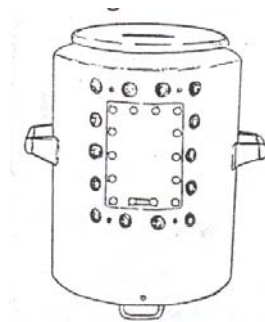


O transformador, na maioria dos casos, tem um dispositivo volante-manivela, onde é feita a regulagem da intensidade da corrente (amperagem).



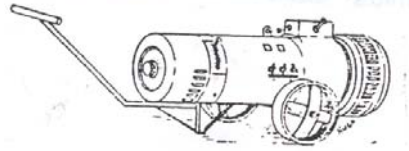
Observação:

Em máquinas de pequeno porte, a regulagem da intensidade é feita através de pino-tomada, sendo o cabo terra ligado internamente.



## Gerador para soldagem

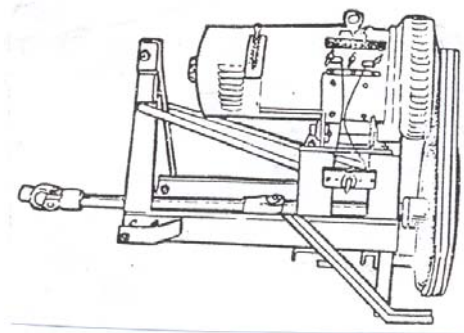
É uma máquina elétrica rotativa (tem partes móveis) destinada a alimentar um arco elétrico com corrente contínua.



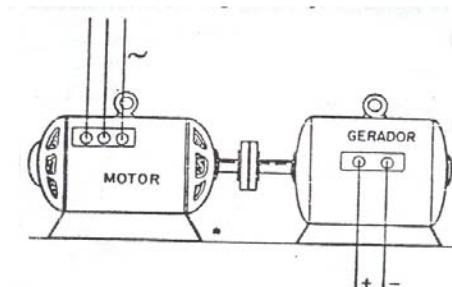
Pode ser de pequeno, médio e grande porte, dependendo da exigência do trabalho a ser realizado.

Os geradores são largamente empregados por apresentarem os seguintes recursos:

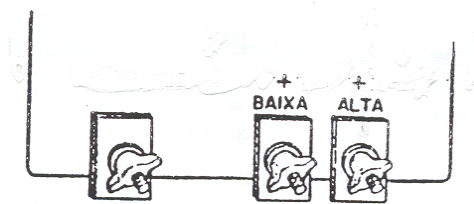
- permitem o uso de todos os tipos de eletrodo devido a corrente contínua;
- geram sua própria energia através do acoplamento de um dispositivo girante que pode ser um trator, motor a combustão, roda d'água, motores elétricos etc.



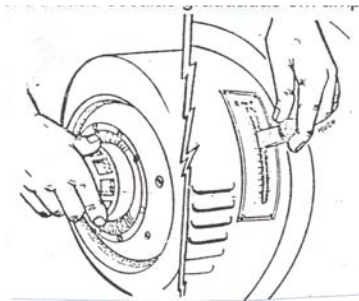
- quando acoplados a motores elétricos necessitam de rede elétrica trifásica com tensões de 220/380/440 V;
- resistem bem a trabalhos de longa duração.



O gerador dispõe de dois ou três terminais para a ligação dos cabos (terra e porta-eletrodos), onde vem indicada a polaridade.



Para regular a intensidade da corrente (amperagem) dispõe de uma alavanca que é deslocada entre duas escalas graduadas em ampères.

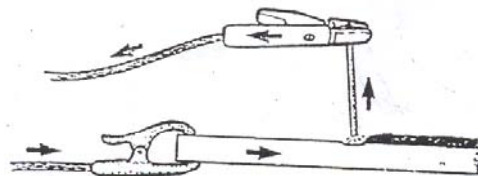


Observação:

O gerador contém partes girantes sujeitas a desgastes; por esse motivo deve-se estabelecer e seguir um plano de manutenção e lubrificação, de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante.

### Retificador para soldagem

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis) destinada a alimentar um arco elétrico com corrente contínua.



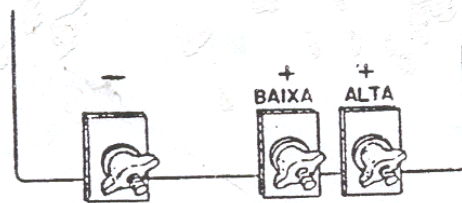
Pode ser do tipo monofásico ou trifásico, alimentado com tensões de 220/380/440 V, de pequeno, médio e grande porte, dependendo da exigência do trabalho a ser executado.

O retificador suporta bem os trabalhos de longa duração devido a um dispositivo de resfriamento (ventilador) acoplado ao seu próprio gabinete.

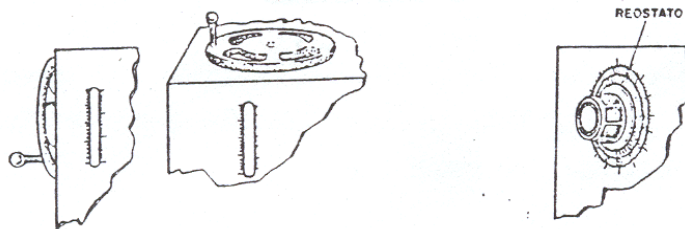
Os retificadores são atualmente as máquinas mais empregadas onde existe rede elétrica de alimentação por apresentarem as seguintes vantagens:

- economia no consumo de energia elétrica;
- menor ruído;
- menor manutenção, por não terem partes móveis.

O retificador dispõe de dois (2) ou três (3) terminais para a ligação dos cabos (terra e porta-eletrodo), onde vem indicada a polaridade (-+).



O retificador tem um dispositivo volante-manivela ou reostato, onde é feita a regulagem da intensidade da corrente (amperagem).



## VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NAS SOLDAGENS

Na soldagem a arco diversas variáveis devem ser levadas em conta, principalmente as seguintes:

- ajuste da corrente;
- comprimento do arco;
- velocidade de avanço;
- ângulo do eletrodo.

### Ajuste da Corrente

A corrente fornecida pela máquina deve variar de acordo com o diâmetro do eletrodo.

Quando o diâmetro do eletrodo vem indicado em polegada fracionária, uma regra geral pode ser estabelecida para o ajuste da corrente.

Esta é a regra: a intensidade da corrente (amperagem) para trabalhar com eletrodo revestido, deve corresponder aproximadamente à medida do diâmetro do núcleo do eletrodo em milésimos de polegada.

Exemplo:

Qual a amperagem aproximada para trabalhar com um eletrodo de 1/8" de diâmetro?

Solução:

Para transformar polegada fracionária em polegada milesimal, divide-se o numerador da fração pelo seu denominador, ou seja:

$$\frac{1}{8} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{numerador} \\ \longrightarrow \text{denominador} \end{array} \quad \text{ou } 1:8 = 0,125$$

Então, se 1/8" = 125 milésimos de polegada, para trabalhar com um eletrodo revestido de 1/8" de diâmetro, usa-se aproximadamente 125 A.

Quando o diâmetro do eletrodo vem indicado em milímetros aplica-se a constante 40, ou seja: para cada 1 mm usa-se 40 A.

Exemplo:

Calcular a intensidade da corrente conveniente para soldar com eletrodo revestido de 3,2 mm de diâmetro.

Solução:

Se para cada 1 mm usa-se 40 A, multiplicando-se 3,2 mm por 40 A, vamos encontrar a amperagem aproximada para soldar com eletrodo de 3,2 mm de diâmetro.

Então, se  $3,2 \times 40 = 128$ , para soldar com eletrodo revestido de 3,2 mm de diâmetro usa-se aproximadamente 128 A.

### Comprimento do arco

Para determiná-lo, aplica-se a seguinte regra:

O comprimento do arco nas soldagens com eletrodos revestidos deve ser igual ou ligeiramente inferior ao diâmetro do núcleo do eletrodo que está sendo usado.

Exemplo:

O comprimento do arco, para um eletrodo revestido de 1/8" (3,175 mm) deve ser mantido entre 2,5 à 3,175 mm.

Na tabela a seguir, podemos observar algumas diferenças na soldagem quando trabalhamos com arco curto ou arco longo.

Arco curto	Arco longo
Maior penetração	Menor penetração
Solda menos espelhada	Solda mais espalhada
Menos respingos	Excesso de respingos

### Velocidade de avanço

Varia de acordo com a intensidade da corrente, com a dimensão da peça e com o tipo de cordão desejado.



Preencha corretamente o espaço em branco na frase abaixo.

- 4) O comprimento do arco nas soldagens com eletrodos revestidos, deve ser igual ou ligeiramente inferior ao \_\_\_\_\_ do núcleo do eletrodo que está sendo usado.
- 5) Analise os itens apresentados e relacione-os corretamente na Coluna A ou na Coluna B.

<b>Itens</b>	<b>Coluna A Arco Curto</b>	<b>Coluna B Arco Longo</b>
A - maior penetração	_____	_____
B - solda mais espalhada	_____	_____
C - menos respingos	_____	_____
D - maior penetração	_____	_____
E - excesso de respingos	_____	_____
F - solda menos espalhada	_____	_____

Coloque (V) nas afirmativas corretas e (F) nas falsas.

- 6) ( ) A velocidade de avanço varia de acordo com a polaridade da máquina.
- 7) ( ) A velocidade de avanço varia de acordo com a intensidade da corrente, com a dimensão da peça e com o tipo de cordão desejado.
- 8) ( ) O ângulo do eletrodo varia de acordo com a posição de soldagem e também em função do formato da peça a ser soldado.

<b>Questões</b>	<b>Respostas</b>
1	A; C; F; H
2	156 A
3	160 A
4	Diâmetro
5	Coluna A – A; F; C Coluna B – B; D; E
6	F
7	V
8	V

## ELETRODOS PARA SOLDAGEM MANUAL A ARCO

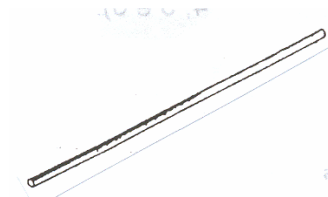
É uma vareta metálica preparada para servir como material de adição nos processos de soldagem a arco voltaico.

### Tipos de Eletrodo

O eletrodo pode ser de dois tipos: nu ou revestido.

#### Nu

É uma simples vareta de composição definida, pouco utilizada atualmente.

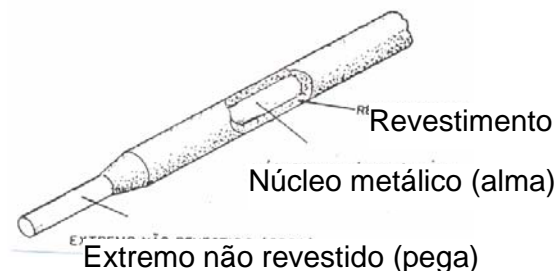


#### Revestido

É constituído de um núcleo metálico (alma), revestido de compostos orgânicos e minerais, ferro-liga, etc., com porcentagens definidas. O eletrodo pode ser revestido por extrusão ou simplesmente banhado, podendo ser fino, médio ou espesso.

O material do núcleo pode ser ferroso ou não ferroso e sua escolha é feita de acordo com o material da peça a ser soldada.

Os componentes do revestimento vem sob forma de pó, unidos por um aglomerante “cola”, normalmente silicato de potássio ou de sódio.



## Tipos de Revestimento do Eletrodo

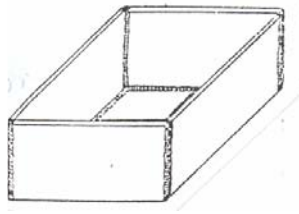
Os mais comuns são: rutilico, básico, celulósico, ácido e oxidante.

### Rutilico

Contém geralmente rutilo com pequenas porcentagens de celulose e ferro-ligas.

É usado com vantagens em trabalhos:

- de chaparia fina e média.



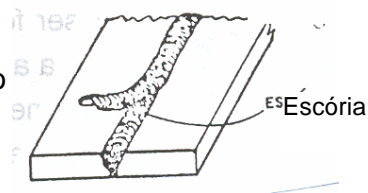
- que requerem bom acabamento.



- com estruturas metálicas.

Observação:

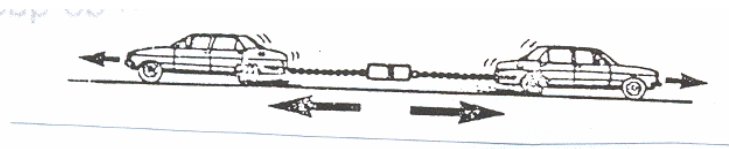
Sua escória é auto-destacável quando



## Básico

Contém em seu revestimento fluorita, carbono de cálcio e ferro liga. É um eletrodo muito empregado nas soldagens pelas seguintes razões:

- tem boas propriedades mecânicas
- dificilmente apresenta trincas, seja a quente ou a frio;
- seu manuseio é relativamente fácil;
- é usado para soldar aços comuns, de baixa liga e ferro fundido (quando este não necessita usinagem posterior).



Observações:

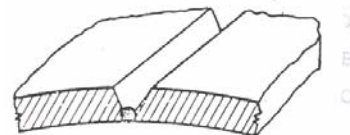
- 1) Devido à composição do seu revestimento, esse eletrodo absorve facilmente a umidade do ar (higroscópico).
- 2) É importante guardá-lo em estuga apropriada, após abrir a lata.

## Celulósico

Contém no seu revestimento materiais orgânicos combustíveis (celulose, pó de madeira, etc.).

É muito usado para soldagem onde:

- a penetração é muito importante;
- as inclusões de escória são indesejáveis.



Solda de tubulação (seção)

Os dois (2) tipos de eletrodos que vamos citar em seguida são menos usados que os três (3) já mencionados.

## Ácido

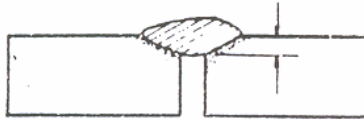
Seu revestimento é composto de óxido de ferro, óxido de manganês e outros desoxidantes.

A posição de trabalho mais recomendada para este eletrodo é a plana.

## Oxidante

Seu revestimento contém óxido de ferro (hematita) podendo ter ou não óxido de manganês.

Sua penetração é pequena e suas propriedades mecânicas muito ruins. É usado em trabalhos onde o aspecto do cordão é mais importante do que sua resistência.



Observação:

Em alguns tipos de revestimento, são adicionadas partículas metálicas que dão ao eletrodo outras características como:

- maior rendimento de trabalho (pó de ferro);
- propriedades definidas (ferro-ligas).

## Funções do revestimento

As funções do revestimento são muitas. Vamos a seguir, discriminar as mais importantes e dividi-las em três grupos.

### Função elétrica

Tornar o ar entre o eletrodo e a peça melhor condutor, facilitando a passagem da corrente elétrica, o que permite estabelecer e manter o arco estável (ionização).

### Função metalúrgica

Formar uma cortina gasosa que envolve o arco e o metal em fusão, impedindo a ação prejudicial do ar (oxigênio e nitrogênio) e também adicionar elementos de liga e desoxidantes, para diminuir as impurezas.

### Função física

Guiar as gotas de metal em direção à poça de fusão, facilitando a soldagem nas diversas posições e atrasar o resfriamento do cordão através da formação da escória, proporcionando melhores propriedades mecânicas à solda.

**Tabela Resumo dos Tipos de Eletrodo e seus Dados Técnicos**

<b>Tipo de Eletrodo</b> <b>Dados Técnicos</b>	<b>Rutílico</b>	<b>Básico Baixo Hidrogênio</b>	<b>Celulósico</b>	<b>Ácido</b>	<b>Oxidante</b>
Tipo e componentes do revestimento	Médio e espesso, contendo rutilo ou compostos derivados de óxidos de titânio.	Espesso, contendo carbonato de cálcio, outros carbonatos básicos e fluor. Deve estar seco para evitar porosidade na solda.	Fino, contendo materiais orgânicos combustíveis que ao se queimarem produzem uma camada espessa de gás protetor.	Médio ou espesso, contendo óxido de ferro e manganês e outros desoxidantes.	Espesso, contendo óxido de ferro com o sem óxido de manganês.
Posição de soldagem	Todas	Todas	Todas	Plana e horizontal (filete)	Plana e horizontal (filete)
Tipo de corrente	CA ou CC - ou +	CA ou CC +	CA ou CC +	CA ou CC -	CC -
Propriedades mecânicas do depósito		Muito boas, utilizado para soldas de grande responsabilidade.	Boas	Boas	Poucas, utilizado apenas para acabamento.
Velocidade de fusão	Regular	Regular	Elevada	Elevada	Elevada
Penetração	Pequena	Média	Grande	Média	Pequena
Escória	Densa e viscosa, geralmente auto-destacável.	Compacta e espessa, facilmente destacável.	Pouca, de fácil remoção.	Ácida, facilmente destacável; porosa e friável.	Pesada, compacta e auto-destacável.
Tendência a trinca	Regular	Baixa	Regular	Regular	Elevada

## SEGURANÇA E EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Nas operações de soldagem, o soldador deve estar atento às normas de segurança, devendo:

- usar o Equipamento de Proteção Individual (EPI) para evitar danos físicos ou prejuízos à saúde.



- usar biombos para proteger as pessoas que o rodeiam.



- evitar danos materiais, não soldando em locais onde haja materiais de fácil combustão como óleo, gasolina, thinner, querosene, etc. e materiais explosivos como pólvora, dinamite, etc.



## **Posto de Trabalho de Solda**

É o local onde o soldador trabalha. Pode ser em cabines de solda ou em outros locais onde seja necessário executar uma solda.

Vamos citar as precauções a serem observadas em alguns destes locais.

### **Cabine**

Deve ser pintada em cor escura e fosca para evitar reflexão de luz.

Deve ter ventilação suficiente para que os gases (fumos) liberados pelo eletrodo durante a soldagem não sejam aspirados pelo soldador; apesar desses gases normalmente não serem tóxicos, podem afetar as vias respiratórias.

Observações:

- 1) Em locais fechados é necessário colocar exaustores.
- 2) Não se deve soldar peças pintadas ou encharcadas de óleo ou graxa.

### **Solda de campo**

Nesta situação, além das precauções normais, o soldador precisa estar atento aos danos provocados pela ação da corrente elétrica, evitando trabalhar em locais úmidos, debaixo de chuva, descalço ou com calçados em más condições.

### **Solda de manutenção**

Deve-se tomar cuidados especiais com soldagens próximas a materiais inflamáveis ou explosivos.

## Perigos Específicos da Operação de Soldagem

São considerados perigosos os raios, a luminosidade, as altas temperaturas e os respingos lançados durante a soldagem.



Dos raios emitidos os mais nocivos são o ultravioleta e o infravermelho.

### Raio ultravioleta

Provoca:

- queimaduras graves, com destruição das células e com isso a destruição prematura da pele;
- ataque severo ao globo ocular podendo resultar em conjuntivite catarral, úlcera da córnea, etc.

### Raio infravermelho

É responsável por danos como:

- queimaduras de 1º e 2º graus;
- catarata (doença dos olhos que escurece a visão);
- freqüente dor de cabeça;
- vista cansada.

Observação: os raios infravermelhos e ultravioleta são invisíveis.

### Respingos

São pequenas gotas de metal fundido que saltam no ato da soldagem, em todas as direções. Podem estar entre 100º e 1700ºC e seu diâmetro pode chegar até 6 mm. São responsáveis por queimaduras no soldador e também por incêndios, se caírem sobre material combustível.

Observação:

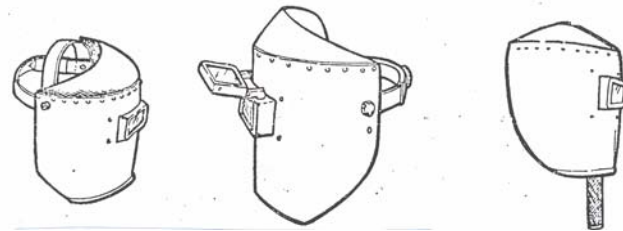
Os riscos acima citados deixam de existir se o soldador se proteger com o EPI e trabalhar em local que ofereça condições seguras.

## **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**

### **Máscaras**

São fabricadas de material incombustível, isolante térmico e elétrico, leve e resistente (fibra de vidro, fibra prensada, etc.).

Servem para proteger o soldador dos raios, dos respingos e da temperatura elevada emitida durante a soldagem. Existem vários modelos e sua escolha deve ser feita de acordo com o tipo de trabalho a ser executado.



### **Filtros de luz**

São vidros protetores, que devem absorver no mínimo 99,5% da radiação emitida nas soldagens.

### **Tonalidade dos filtros**

A tonalidade dos filtros deve ser selecionada de acordo com a intensidade da corrente, para que haja absorção quase total dos raios emitidos (infravermelhos e ultravioleta).

## Classificação

Nº 10 para soldagem até 200 ampères

Nº 12 para soldagem entre 200 e 400 ampères

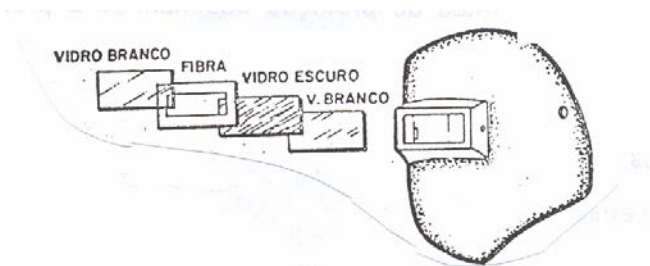
Nº 14 para soldagem acima de 400 ampères

Observações:

- 1) Os filtros devem ser protegidos em ambos os lados por um vidro comum incolor.
- 2) Obedecendo à classificação mencionada, a absorção dos raios infravermelhos e ultravioletas será de no mínimo 99,5%.

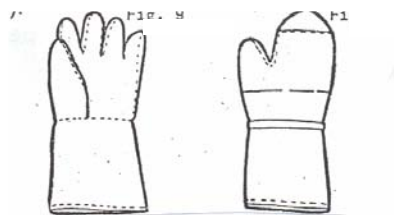
## Montagem dos vidros

A montagem dos vidros na máscara deve ser feita conforme mostra a figura abaixo.



## Luvas

Protegem as mãos.



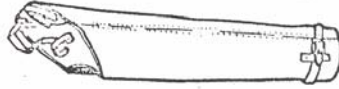
## Avental

Protege a frente do corpo.



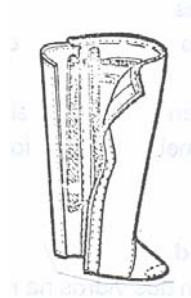
## Mangas ou Mangotes

Protegem os braços.



## Perneiras ou Polainas

Protegem as pernas e os pés do soldador.



Todos esses equipamentos de proteção destinam-se a proteger o soldador contra:

- calor;
- respingos;
- radiação emitida pelo arco.

Observações:

- 1) Luvas, avental, mangas e perneiras são feitas de raspa de couro.
- 2) Para trabalhos especiais, onde a temperatura é muito alta, usa-se equipamento de alumínio-amianto.



## Exercícios

Coloque “V” nas afirmativas verdadeiras e “F” nas falsas:

- 1) ( ) Ao soldar, o soldador deve evitar danos físicos ou prejuízos à saúde.
- 2) ( ) Ao soldar, o soldador deve proteger as pessoas que o rodeiam.
- 3) ( ) Ao soldar, o soldador deve executar o seu trabalho sem se preocupar com as pessoas que o ajudam ou rodeiam.

## BIBLIOGRAFIA

SENAI/SP. Soldagem. São Paulo, 1997. (Coleção Tecnologia SENAI). 553 p. v. a.

SENAI/DN. Noções de eletricidade aplicada a soldagem. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1983. (Unidade de Instrução 1).

SENAI/DN. Segurança e equipamento de proteção individual (EPI). Rio de Janeiro, 1ª Edição, 1983. (Unidade de Instrução 2).

SENAI/DN. Máquinas para soldagem. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1983. (Unidade de Instrução 4).

SENAI/DN. Variáveis que influenciam nas soldagens. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1983. (Unidade de Instrução 5).

SENAI/DN. Eletrodos para soldagem manual a arco. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1983. (Unidade de Instrução 9).

SENAI/DN. Classificação e armazenagem dos eletrodos. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1983. (Unidade de Instrução 10).

**Elaboração**

José Roberto de Souza

**Digitação**

Edna Maria dos Santos

**Diagramação**

Anna Daniella C. Teixeira

**Editoração**

Divisão de Educação e Tecnologia – DET.