

SOLDADOR



ELETRODOS
REVESTIDOS

SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

EROS NAKAZORA RIBEIRO

**SOLDADOR:
ELETRODOS REVESTIDOS**



2015

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n. 164, datada de 22 de julho de 1994, e junto a Fundação Biblioteca Nacional e Senar-PR.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio, sem a autorização do editor.

Autor: Eros Nakazora Ribeiro

Coordenação técnica: Néder Maciel Corso

Coordenação metodológica: Patrícia Lupion Torres

Normalização: Rita de Cassia Teixeira Gusso – CRB 9./647

Coordenação gráfica: Adilson Kussem

Diagramação: Sincronia Design

Capa: Adilson Kussem

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR-PR.

Ribeiro, Eros Nakazora

Soldador : eletrodos revestidos / Eros Nakazora Ribeiro. – Curitiba : SENAR - Pr.,
2015. – 32 p.

ISBN 978-85-7565-127-8

1. Agricultura. 2. Equipamentos. I. Título.

CDU63

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 HISTÓRICO	9
2 SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO COM ELETRODOS REVESTIDOS	10
3 MEDIDAS DE CONTROLE E UTILIZAÇÃO CORRETA DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI).....	11
3.1 RISCOS ASSOCIADOS AO PROCESSO DE SOLDAGEM	11
3.2 RELAÇÃO DE EPI COMPLETO PARA TRABALHOS DE SOLDAGEM	12
4 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA SOLDAGEM.....	15
4.1 MÁQUINAS DE SOLDAGEM	16
5 TÉCNICAS DE SOLDAGEM E ORIENTAÇÕES PARA O TRABALHO.....	19
5.1 IDENTIFICAÇÃO DE ELETRODOS	20
5.2 TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA E POLARIDADE	21
5.3 COLOCAÇÃO DO ELETRODO NO PORTA ELETRODO	22
5.4 IDENTIFICAÇÃO DO METAL DE BASE	23
5.5 ATIVIDADES DO PROCESSO DE SOLDAGEM	23
6 CARACTERÍSTICAS DE UMA BOA SOLDA	28
6.1 PROBLEMAS, CAUSAS E SOLUÇÕES	28
REFERÊNCIAS.....	31



INTRODUÇÃO

Soldagem é o processo que visa à união, ao revestimento e/ou à manutenção de materiais (metálicos, cerâmicos, poliméricos ou combinações destes). As etapas de planejamento da operação, preparação das peças, execução e inspeção do trabalho realizado fazem parte do processo de soldagem. O termo “solda” se aplica ao resultado final da soldagem.

A soldagem é a forma mais importante de união permanente de peças usadas industrialmente. Essa união localizada de materiais, similares ou não, é baseada na ação de forças em escala atômica semelhantes às existentes no interior do material.

São muitos os processos de soldagem existentes: eletrodo revestido (SMAW), oxiacetilênica (OAW), *laser* (LBW), eletrogás (EGW), arco submerso (SAW), plasma (PAW), eletrodos não consumíveis de tungstênio (TIG/GTAW), proteção gasosa (GMAW), arames tubulares (FCAW), etc.

O objetivo deste manual é auxiliar o produtor ou trabalhador rural nas operações de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW), realizadas em agroindústrias e na manutenção de equipamentos na propriedade rural, garantindo segurança e integridade física dos envolvidos direta e indiretamente.

1 HISTÓRICO

No início do século XX, Oscar Kjellberg, um engenheiro sueco, tinha um problema: ele precisava melhorar a qualidade dos trabalhos de reparo em navios e caldeiras em Gothenburg, resultando na invenção do primeiro eletrodo revestido. Nesse eletrodo, o revestimento era constituído de uma camada de material argiloso (cal), cuja função era facilitar a abertura do arco e aumentar sua estabilidade. Logo após, Oscar fundou a ESAB (primeiro fabricante de eletrodos revestidos) e, em 1907, patenteou esse processo de soldagem.

Esses esforços culminaram no eletrodo revestido extrudado¹ em meados dos anos 1920, melhorando muito a qualidade do metal de solda e proporcionando aquilo que muitos consideram o mais significativo avanço na soldagem por arco elétrico. A busca contínua do aumento da produtividade propiciou o desenvolvimento de novos processos de soldagem.

As desvantagens deste processo de soldagem – com eletrodo revestido – são a baixa produtividade, os cuidados especiais que são necessários no tratamento e manuseio dos eletrodos revestidos e o grande volume de gases e fumos gerados durante a soldagem. Mesmo assim, ainda continua a ser um processo de soldagem muito empregado na fabricação e montagem de equipamentos, na área de manutenção e reparos, em construções no campo.

A soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido é um processo muito empregado graças à sua grande versatilidade, ao baixo custo de operação, à simplicidade dos equipamentos necessários e à possibilidade de uso em locais de difícil acesso ou sujeitos a ventos.

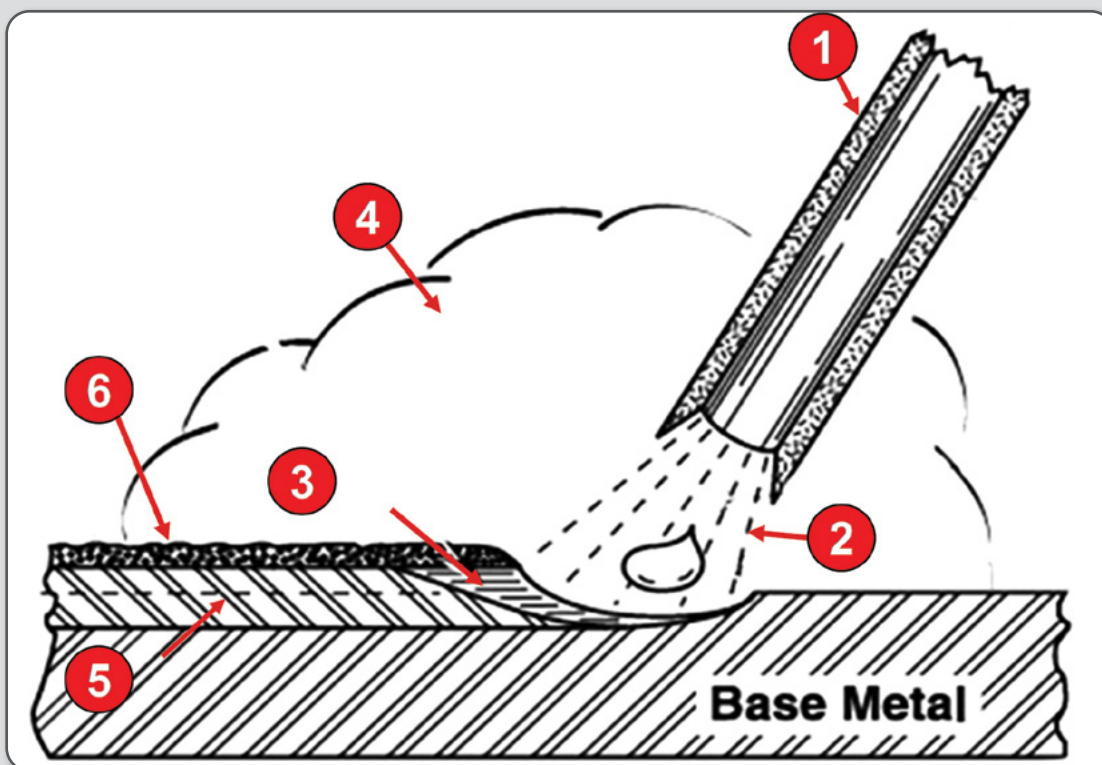
¹ A extrusão é um processo mecânico de produção de componentes de forma semicontínua, na qual o material é forçado através de uma matriz, adquirindo a forma predeterminada pela matriz projetada para a peça.

2 SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO COM ELETRODOS REVESTIDOS

A soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (*Shielded Metal Arc Welding – SMAW*), também conhecida como soldagem manual a arco elétrico, é o processo de soldagem mais largamente empregado entre os vários existentes.

A soldagem com eletrodos revestidos obtém a união das peças, pelo seu aquecimento localizado, com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico consumível, recoberto com um fluxo (eletrodo revestido), e as peças a soldar (Figura 1). O revestimento é consumido junto com o eletrodo pelo calor do arco, desempenhando uma série de funções fundamentais ao processo de soldagem, como, por exemplo, a estabilização do arco, a proteção do metal fundido pela formação de escória (resíduos) e de gases, e a adição de elementos de liga e de desoxidantes à poça de fusão.

Figura 1 – Região do arco na soldagem com eletrodo revestido (SMAW).



Fonte: Ribeiro, 2014.

Legenda:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 – Revestimento do eletrodo | 5 – Solda |
| 2 – Metal de adição (alma do eletrodo) | 6 – Escória (resíduos) |
| 3 – Poça de fusão do arco de solda | Base metal – metal de base |
| 4 – Atmosfera protetora de gás | |

3 MEDIDAS DE CONTROLE E UTILIZAÇÃO CORRETA DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

3.1 RISCOS ASSOCIADOS AO PROCESSO DE SOLDAGEM

Os principais riscos associados ao processo de soldagem a arco elétrico com eletrodos revestidos estão relacionados às altas temperatura e luminosidade, à liberação de fumos e gases e ao uso da eletricidade.

Alta temperatura

Em relação às altas temperaturas, há de se ter um cuidado maior com os respingos, que são as pequenas gotas de metal fundido, lançadas durante a execução da solda. Essas gotas podem chegar a 1500 °C e são responsáveis por queimaduras no soldador e incêndios, quando caem sobre material combustível. Nesse sentido, é muito importante manter o local destinado à solda sempre livre de qualquer material inflamável.

Ainda, não se deve soldar, cortar ou realizar qualquer operação a quente em uma peça que não tenha sido adequadamente limpa. Os produtos da decomposição dessas substâncias pelo calor do arco podem produzir vapores inflamáveis ou tóxicos.

Alta luminosidade

Em relação à radiação, destacam-se os raios ultravioleta e infravermelho, que são os mais nocivos, apesar de invisíveis. Ambos podem causar sérios danos, como queimaduras no globo ocular. Uma longa exposição a esses raios podem trazer danos irreversíveis à vista, inclusive cegueira. Recomenda-se que a cabina de solda seja pintada de cor escura e fosca, para reduzir a reflexão da luz.

Fumos e gases

Todos os fumos e gases desprendidos no processo de soldagem devem ser considerados como potencialmente nocivos. Remover toda e qualquer pintura ou revestimento de zinco de uma peça antes de soldá-la ou cortá-la. Uma posição de soldagem correta pode reduzir a exposição do soldador aos fumos.

Locais como poços, tanques, sótãos, etc. devem ser considerados espaços confinados. A soldagem ou o corte em áreas confinadas requer procedimentos específicos de ventilação e trabalho, com o uso eventual de capacetes ou máscaras especiais. Para saber mais, consulte a Norma Regulamentadora 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados.

Eletricidade

Choques elétricos podem ser fatais e devem ser evitados. Instalações elétricas defeituosas e aterramento ineficiente, assim como operação ou manutenção incorretas de um equipamento elétrico, são fontes comuns de acidentes. Realizar o aterramento dos equipamentos e acessórios usados na soldagem é medida básica de segurança.

Usar roupa e equipamentos de proteção individual adequados, em bom estado, também é uma regra simples e necessária à atividade. Procurar manter o local de trabalho limpo e seco, pois a umidade e a água são condutoras da eletricidade. Eliminar, de imediato, qualquer vazamento de água no local de trabalho. Evitar a utilização de qualquer objeto metálico ao soldar, como anéis, relógios, colares, etc. Em contato com partes energizadas, podem provocar graves acidentes.



PRECAUÇÃO

Deve sempre haver extintores de incêndio próximo ao local destinado à realização de soldas. No caso da realização de soldas em áreas abertas (campo) ou soldas de manutenção, o soldador deve sempre se precaver da presença de extintores de incêndio próximos ao local. O agente extintor recomendado é o dióxido de carbono (CO₂), indicado para combater focos de incêndios da classe B (líquidos inflamáveis) e C (equipamentos elétricos).

Figura 2 – Modelo de extintor de incêndio que deve estar presente nas áreas de soldagem.



Fonte: Corso, 2014.

3.2 RELAÇÃO DE EPI COMPLETO PARA TRABALHOS DE SOLDAGEM

Durante o processo de soldagem, o soldador deve estar atento às normas de segurança e utilizar os equipamentos de proteção individual corretamente.

Máscara de solda e touca: proteção do rosto e do pescoço do soldador.

Filtro lux e lente incolor: absorção da radiação emitida durante a soldagem.

Protetor auricular: proteção da audição do soldador.

Calçados de segurança: proteção dos pés do soldador.

Avental de raspa tipo barbeiro: proteção frontal do corpo do soldador.

Mangotes de raspa: proteção dos braços do soldador (pode vir no avental).

Perneiras de raspa: proteção das pernas e dos pés do soldador.

Luvas de raspa (cano longo): proteção das mãos do soldador.

Óculos incolores: proteção dos olhos.

Máscara respiratória para fumos metálicos: absorção de substâncias nocivas presentes nos fumos e gases desprendidos durante a soldagem.

Protetor facial tipo viseira: proteção do rosto durante a limpeza de peças e soldas.

Figura 3 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI) que devem ser utilizados durante a soldagem.



Fonte: Corso, 2014.

Para soldar, é necessário utilizar uma máscara com filtro lux ou dispositivo de opacidade adequado ao processo e à aplicação prevista. A Tabela 1 recomenda a opacidade adequada para a proteção do soldador em função do processo e da faixa de corrente elétrica usados.

Tabela 1 – Recomendação da opacidade do filtro da máscara de soldador em função do processo de e da faixa de corrente elétrica utilizada.

PROCESSO	CORRENTE	OPACIDADE
Golvagem a arco	até 500 A	12
	de 500 até 1000 A	14
Plasmacorte	até 300 A	9
	de 300 até 400 A	12
	de 400 até 800 A	14
Soldagem a plasma	até 100 A	10
	de 100 até 400 A	12
	de 400 até 800 A	14
Soldagem com eletrodo revestido	até 160 A (até 4 mm)	10
	de 160 até 250 A (de 4 a 6 mm)	12
	de 250 até 550 A (acima de 6 mm)	14
Soldagem MIG/MAG	de 60 até 160 A	11
	de 160 até 250 A	12
	de 250 até 500 A	14
Soldagem TIG	até 50 A	10
	de 50 até 150 A	12
	de 150 até 500 A	14

Fonte: ESAB, 2014a.

Para soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido, recomenda-se o uso de filtros de opacidade 10, 12 ou 14. Como regra geral, iniciar com uma opacidade mais alta. No caso de ficar muito difícil de visualizar a região do arco, reduzir a opacidade para que se tenha uma visão adequada da área de soldagem.



ATENÇÃO

Para o bom desempenho do trabalho, lembre-se de treinar antes de executar a atividade de soldagem. Como o soldador acaba permanecendo muito tempo na mesma posição, também é importante realizar alongamentos prévios e pausas periódicas para descanso.

4 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA SOLDAGEM

Os equipamentos e materiais para os trabalhos de soldagem com eletrodos revestidos para área rural compreendem, em geral, o seguinte memorial descritivo:

- bancada ou mesa de soldagem;
- fonte de energia (CC – corrente contínua ou CA – corrente alternada) com ajuste para a variação de corrente de soldagem;
- máquina de soldagem;
- cabo de solda especificado para a potência do equipamento de solda;
- porta-eletrodo;
- garra ou grampo terra;
- cochicho (estufa portátil para eletrodos);
- picadeira (martelo picador);
- esmerilhadeira com discos *flap* e de desbaste;
- eletrodos diversos para cada aplicação de soldagem;
- ferramentas para limpeza e preparação das peças;
- sistema de exaustão/ventilação apropriado ao trabalho.

Figura 4 – Bancada com ferramentas e materiais para trabalhos de soldagem.



Fonte: Ribeiro, 2014.

Figura 5 – Equipamentos e ferramentas utilizados na soldagem com eletrodos revestidos.V

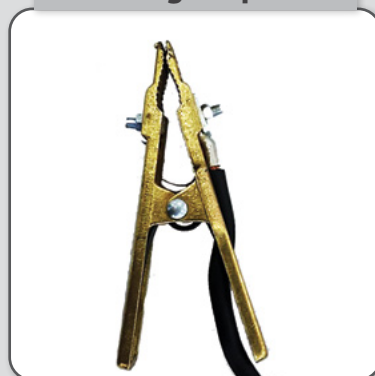
Eletrodos revestidos



Porta-eletrodo



Garra ou grampo terra



Picadeira



Cochicho (estufa portátil)



Cabo de solda



Fonte: Reis, 2014.



PRECAUÇÃO

A garra terra deve ser colocada o mais próximo possível da peça a ser soldada, garantindo um bom aterramento. O cabo terra deverá ser substituído se danificado.

4.1 MÁQUINAS DE SOLDAGEM

Atualmente, encontram-se diversas marcas e modelos de máquinas de soldagem no mercado, como aparelhos geradores, transformadores, retificadores e inversores. A aquisição de um aparelho de soldagem deve ser baseada na finalidade principal do trabalho de soldagem a ser realizado, visando maior desempenho e facilidade na operação. Cada modelo de equipamento tem uma determinada capacidade de trabalho, de acordo com suas características.

Máquina geradora

É uma máquina elétrica rotativa (com partes móveis) destinada a alimentar um arco elétrico com corrente contínua (CC). Pode ser de pequeno, médio e grande porte, dependendo da exigência do trabalho a ser realizado.

Os geradores são largamente empregados, pois permitem o uso de todos os tipos de eletrodo devido à corrente contínua (CC); geram sua própria energia quando acoplados a um dispositivo girante (trator, motor a combustão ou motor elétrico trifásico); e resistem bem a trabalhos de longa duração. São muito usados em locais com dificuldade de locomoção das partes/peças a soldar ou quando não há disponibilidade de energia elétrica.

Máquina transformadora

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis), destinada a alimentar um arco elétrico com corrente alternada (CA). Pode ser do tipo monofásico ou trifásico, alimentado com tensões de 110, 220, 380 e 440 volts.

Geralmente são máquinas mais baratas e de menor custo de manutenção, mas como os transformadores soldam em corrente alternada (sem polaridade definida), só permitem a utilização de eletrodos específicos para este tipo de corrente (CA).



ATENÇÃO

Para trabalhos de longa duração e eletrodos de maior diâmetro, deve-se ter o cuidado de utilizar máquinas transformadoras com potência adequada.

Máquina retificadora

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis), destinada a alimentar um arco elétrico com corrente contínua (CC). Pode ser do tipo monofásico ou trifásico, alimentado com tensões de 220, 380 e 440 volts.

Suporta bem os trabalhos de longa duração devido a um dispositivo de resfriamento (ventilador) acoplado ao seu próprio gabinete. Permitem o uso de todos os tipos de eletrodos.

As máquinas retificadoras são muito utilizadas onde existe rede elétrica de alimentação devido ao menor consumo de energia elétrica quando comparadas às máquinas geradoras e transformadoras; além de apresentarem menor ruído e manutenção, pois não possuem partes móveis.

Máquina inversora

É uma máquina elétrica estática (não tem partes móveis), capaz de alimentar um arco elétrico tanto em corrente contínua (CC), quanto alternada (CA). Podem trabalhar com todos os tipos de eletrodos revestidos.

A frequência de trabalho das máquinas inversoras hoje em dia (100 kHz) é mil vezes superior à das máquinas transformadoras e retificadoras. Esse aumento de velocidade de operação permite que a fonte de potência seja reduzida consideravelmente. Por economizar matéria-prima na sua construção, são considerados equipamentos mais ecológicos.

Além do menor consumo de energia elétrica, em função da mudança de circuitos analógicos para digitais, os principais benefícios das máquinas inversoras de solda são a maior opção e precisão de regulagens e resposta mais rápida na mudança de carga, que influi diretamente na qualidade da solda. São máquinas práticas, com excelentes características para o trabalho rural.

Figura 6 – Modelos de máquinas de solda do tipo inversoras.



Fonte: CEA, 2014.



ATENÇÃO

Independente do tipo de máquina utilizada, lembre-se que a seleção dos cabos, do porta-eletrodo e dos filtros de proteção da máscara de solda deve estar adequada ao nível de corrente elétrica utilizado.

5 TÉCNICAS DE SOLDAGEM E ORIENTAÇÕES PARA O TRABALHO

A correta seleção dos parâmetros de soldagem é essencial para a obtenção de uma junta soldada de qualidade. Na soldagem manual com eletrodos revestidos, esses parâmetros compreendem características como:

- tipo e diâmetro do eletrodo;
- tipo, polaridade e ajuste da corrente de soldagem;
- tensão de entrada;
- comprimento do arco;
- velocidade de soldagem;
- técnica de movimento do eletrodo.

Para um determinado tipo de eletrodo, o seu diâmetro define a faixa de corrente em que este pode ser usado. A seleção desse diâmetro para uma dada aplicação depende de fatores sensíveis à corrente de soldagem (espessura do material e a posição de soldagem) e de fatores que controlam a facilidade de acesso do eletrodo ao fundo da junta (chanfro a ser utilizado).

A soldagem fora da posição plana exige, em geral, eletrodos de diâmetro menor do que os usados na posição plana devido à maior dificuldade de se controlar a poça de fusão. Na soldagem em chanfro, as características deste são muito importantes para a escolha do diâmetro do eletrodo. Por exemplo, na execução do passe de raiz (primeiro passe de solda), o diâmetro do eletrodo deve permitir que este atinja a raiz da junta minimizando a chance de ocorrência de falta de penetração e de outras descontinuidades nessa região.

Em princípio, para garantir uma maior produtividade ao processo, recomenda-se utilizar eletrodos com o maior diâmetro possível (e a maior corrente), desde que não ocorram problemas com a geometria do cordão ou com as suas características metalúrgicas. Para um determinado diâmetro de eletrodo, a faixa de corrente em que este pode ser usado depende do tipo e da espessura do seu revestimento.

A Tabela 2 apresenta faixas usuais de corrente em função do diâmetro, para eletrodos rútilicos e básicos. O valor mínimo de corrente é, em geral, determinado pelo aumento da instabilidade do arco, o que torna a soldagem impossível, e o valor máximo, pela degradação do revestimento durante a soldagem devido ao seu aquecimento excessivo por efeito Joule. A forma ideal de se obter a faixa de corrente para um eletrodo é por meio da consulta do certificado do eletrodo emitido por seu fabricante.

Tabela 2 – Eletrodos revestidos comumente utilizados em soldagem e suas principais características.

Eletrodo OK	Metal depositado	Aplicações	Propriedades mecânicas	Posição soldagem	Tensão/Tipo corr.	Diâm. (mm)	Compr. (mm)	Faixa de corrente (A)
48.04 básico E 7018	C 0,07 Si 0,50 Mn 1,30	Uso geral em soldagem de grande responsabilidade, depositando metal de alta qualidade; todos os tipos de juntas; alta velocidade e boa economia de trabalho, indicado para estruturas rígidas, vasos de pressão, construções navais, aços fundidos, aços não ligados e composição desconhecida, etc. HOMOLOGAÇÕES: ABS, BV, CNV, LB, FBTS	T530-590 MPa A 27-32% Ch V (-29°C) 90-120 J		20-30V CA ≥ 70 V CC+	2 2,5 3,25 4 5 6	300 350 350 450 450 450	50 - 90 65 -105 110-150 140-195 185-270 225-355
46.00 rutílico E 6013	C 0,07 Si 0,20 Mn 0,35	Uso geral, todos os tipos de juntas em todas as posições, produzindo cordões de excelente acabamento; soldagem de chapas navais, estruturas metálicas, construções em geral; bom desempenho em chapas galvanizadas, juntas mal preparadas e ponteamto. HOMOLOGAÇÕES: ABS, BV, DNV, LR	T480-520 MPa A 22-24%		18-28V CA ≥ 50 V CC+ ou -	2 2,5 3,25 4 5 6	300 350 350 350 350 450	50 - 70 60 -100 80 -150 105-205 155-300 195-350
68.81 rutílico E 312-17	C 0,07 Si 0,70 Mn 1,40 Cr 29,30 Ni 9,45	Deposita aço inox, tipo 29/9; especialmente indicado na soldagem de aços de composição desconhecida, de escassa soldabilidade ou dissimilares; empregado também em aços inoxidáveis, aços ao manganês, aços para molas, aços ferramenta, etc; ideal para a camada de amanteigamento antes do revestimento duro.	T780-830 MPa A 22-24%		21-30V CA ≥ 65 V CC+	2,5 3,25 4	300 350 350	50 - 85 80 -125 110-175

Fonte: ESAB, 2014b.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DE ELETRODOS

Os eletrodos são classificados por uma combinação de números e letras, de acordo com parâmetros, tais como: resistência à tração, posições de soldagem, tipo de corrente elétrica e tipo de revestimento.

Exemplo: **E XX(X) YZ**, onde:

E – Eletrodo

X – Indica a resistência à tração (*1000 pol²)

Y – Refere-se à posição de soldagem

(1 = todas as posições / 2 = posições horizontal e plana / 3 = somente na posição plana / 4 = posições horizontal, sobre a cabeça, plana, vertical descendente).

YZ – indica o grau de utilização do eletrodo (tipo de corrente e de revestimento).

Para o eletrodo “**E 6013**” teremos as seguintes características:

- resistência à tração de 60000 lb/pol² (E **60** 13)
- eletrodo que solda em todas as posições (E 60 **13**)
- eletrodo com revestimento rutílico e corrente tipo CA ou CC (+ ou -)
- (E 60 **13**)

Dicas de utilização dos principais eletrodos

E 6013 – possui excelente característica para seu manuseio e são os mais utilizados em reparos e manutenções mais simples. Sua aplicação rural ocorre na fabricação e manutenção de grades, portões, etc.

E 7018 – é utilizado em soldas de grande responsabilidade, tem melhor característica mecânica em resistência, sendo conhecido como o eletrodo de solda forte.

E 312-17 – será utilizado para soldagem em materiais como inox e para ajudar na solda para sacar parafusos e outros. Seu uso também é recomendado para soldagem de aços de composição desconhecida.



ATENÇÃO

Para a soldagem vertical, a corrente de soldagem deve ser inferior à usada na posição plana, situando-se na porção inferior da faixa de corrente recomendada pelo fabricante. A corrente de soldagem deve ser escolhida de modo a se conseguir uma fusão e penetração adequadas da junta para tornar fácil o controle da poça de fusão.

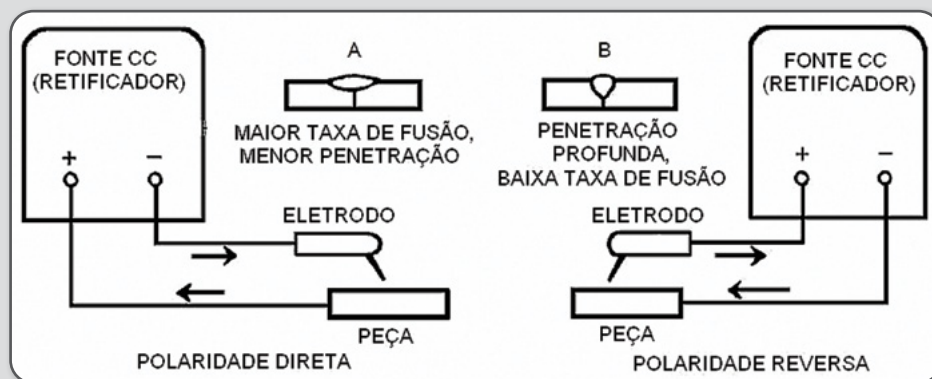
5.2 TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA E POLARIDADE

O tipo de corrente e a sua polaridade afetam a forma e as dimensões da poça de fusão. Quando se emprega uma fonte de corrente contínua (CC), surge a questão do uso da polaridade negativa (CC-) ou positiva (CC+). Alguns eletrodos funcionam com CC+ e com CC-, e outros somente com CC+ ou somente com CC-.

Em geral, a soldagem manual com **polaridade reversa** (porta-eletrodo no polo positivo da máquina) produz uma maior penetração.

Já na soldagem com **polaridade direta** (porta eletrodo no polo negativo da máquina), a penetração é menor, mas a taxa de fusão é maior, como pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Conexões e efeitos da corrente contínua na penetração da solda: (A) polaridade direta (CC-) e (B) polaridade reversa (CC+).



Fonte: ESAB, 2014b.

Com corrente alternada (CA), a penetração e a taxa de fusão tendem a ser intermediárias, mas a estabilidade do processo pode ser inferior. Por outro lado, a soldagem com CA apresenta menos problemas de sopro magnético (desvio do arco de sua posição). É importante lembrar que nem todo tipo de eletrodo permite o uso de diferentes tipos de corrente e polaridade.

Velocidade de soldagem

A velocidade de soldagem deve ser escolhida de forma que o arco fique ligeiramente à frente da poça de fusão. Uma velocidade muito alta resulta em um cordão estreito com um aspecto superficial inadequado, com mordeduras e escória de remoção mais difícil. Velocidades muito baixas resultam em um cordão largo, convexidade excessiva e, eventualmente, baixa penetração.

5.3 COLOCAÇÃO DO ELETRODO NO PORTA ELETRODO

A manipulação correta do eletrodo é fundamental em todas as etapas da execução da solda, seja na abertura do arco, na deposição do cordão ou na extinção do arco. Para a abertura do arco, primeiramente cola-se o eletrodo no porta-eletrodo, conforme mostrado na figura 8. Há possibilidade de se trabalhar com o eletrodo em diversas posições: formando um ângulo de 90° ou 180° com o porta-eletrodo e em ranhuras específicas do porta-eletrodo, inclinadas para frente ou para trás do mesmo.

Figura 8 – Colocação do eletrodo revestido no porta-eletrodo e diferentes posições de trabalho.



Fonte: Ribeiro, 2014.

5.4 IDENTIFICAÇÃO DO METAL DE BASE

Para seleção adequada do eletrodo a utilizar, há necessidade de identificar o tipo de metal de base. Os metais podem ser ferrosos e não ferrosos. Dentro do grupo dos metais ferrosos, temos o aço, que é uma liga composta de ferro e carbono (este último variando de 0,05% a 1,5%). Quanto maior a porcentagem de carbono, mais duros são os aços.

Diversos fatores podem ser considerados na identificação do metal de base:

- aparência, coloração e peso do material;
- faiscamento (permite caracterizar aços de baixo, médio e alto teor de carbono);
- testes magnéticos.

5.5 ATIVIDADES DO PROCESSO DE SOLDAGEM

Antes de realizar a sua soldagem, o soldador rural deverá estar atento à sequência abaixo para preparação do dimensional e posterior execução da solda.

1. Colocação de todos os equipamentos de proteção individual (EPI) necessários ao processo de soldagem.
2. Verificação da presença de extintor do tipo B/C (CO_2 ou pó químico) na área de soldagem para garantir sua segurança, bem como a retirada de materiais combustíveis próximos ao local de trabalho.
3. Limpeza do metal de base, que consiste na retirada de óleos, tintas, ferrugem e outros. Para limpeza, recomenda-se utilizar esmerilhadeira com discos abrasivos (Figura 9) ou escovas trançadas adequadas para preparação da peça a ser soldada.

Figura 9 – Esmerilhadeira e discos abrasivos, indicados para a limpeza das peças a soldar.



Fonte: Ribeiro, 2014.

4. É importante realizar o pré-aquecimento dos eletrodos para retirada da umidade. Também é recomendado aquecer as peças a soldar, quando estas estiverem úmidas. Para isso, armazenar os eletrodos em estufas portáteis (cochicho) ou de manutenção; e usar um maçarico para aquecimento das peças (Figura 10).

Figura 10 – Estufa portátil para pré-aquecimento dos eletrodos revestidos (esquerda) e aquecimento de peça com maçarico (direita).



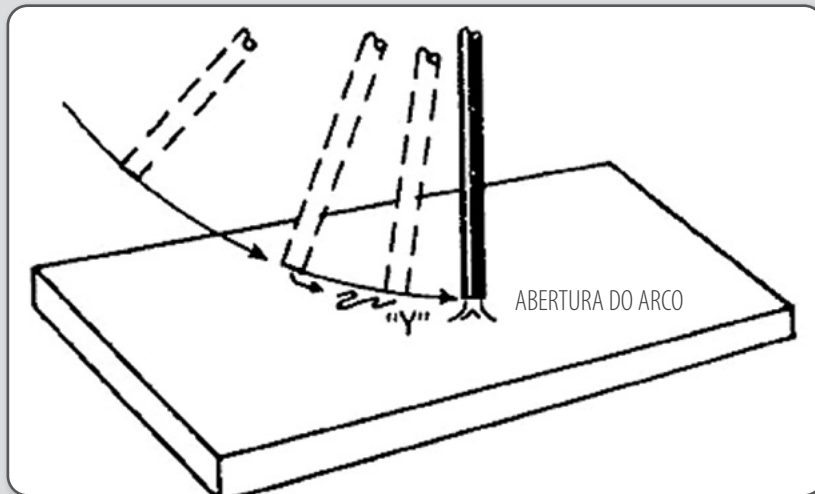
Fonte: Ribeiro, 2014.

5. Realizar uma soldagem teste para regulagem e aferição do equipamento.
6. Limpeza do interpasse dos cordões e retirada de qualquer defeito no decorrer da soldagem, até o término do trabalho.

Abertura do arco

Durante a deposição do cordão, o soldador deve executar movimentos para o seu controle no deslocamento de soldagem, mas antes é necessário realizar a abertura de arco de soldagem. Para iniciar, o arco o soldador deve estabelecer corretamente a corrente de soldagem em função do tipo e diâmetro do eletrodo e, em seguida, executar um golpe ou mesmo riscar o eletrodo ao metal de base (Figura 11). Após o golpe, é importante estabelecer a altura ideal e continuar o deslocamento do eletrodo com o arco normalizado. É comum que o soldador menos experiente apresente dificuldade nas primeiras tentativas de abertura do arco. Praticar é fundamental para se familiarizar com a distância adequada entre o eletrodo e o metal de base durante o processo de soldagem.

Figura 11 – Técnica para abertura do arco elétrico para soldagem com eletrodo revestido.



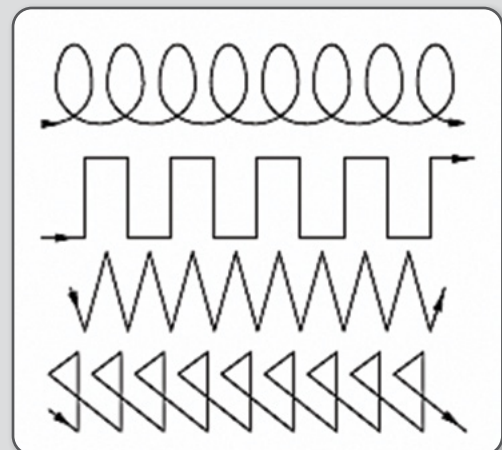
Fonte: adaptado de Smith, 1984.

Movimentos de soldagem

Durante a soldagem, podem ser realizados vários movimentos de oscilação ou tecimento com o eletrodo (*wave*). A seguir, são apresentadas algumas regras para um bom desempenho do trabalho:

1. Realizar o movimento de mergulho do eletrodo em direção à poça de fusão, com o objetivo de manter o comprimento de arco constante. Para isso, a velocidade de mergulho deve ser igualada à velocidade de fusão do eletrodo (derretimento), que depende da corrente de soldagem.
2. Translação do eletrodo ao longo do eixo do cordão, de acordo com a velocidade de soldagem. Na ausência do movimento de oscilação (*wave*), a largura do cordão deve ser cerca de 2 a 3 mm maior que o diâmetro do eletrodo, quando a velocidade de soldagem adequada é usada.
3. Deslocamento lateral do eletrodo em relação ao eixo do cordão (*wave*). Esse movimento é utilizado para se depositar um cordão mais largo, fazer flutuar a escória, garantir a fusão das paredes laterais da junta e tornar mais suave a variação de temperatura durante a soldagem. Essa oscilação deverá ser, de maneira geral, restrita a uma amplitude de até três vezes o diâmetro do eletrodo. O número de padrões de movimentos é muito grande. A Figura 12 mostra alguns exemplos de movimentos de soldagem.

Figura 12 – Exemplos de movimentos de soldagem.



Fonte: Smith, 1984.



ATENÇÃO

Grande parte da qualidade de uma solda dependerá do perfeito domínio, pelo soldador, da execução destes movimentos de oscilação/tecimento.

Posicionamento correto do eletrodo em relação à peça a soldar

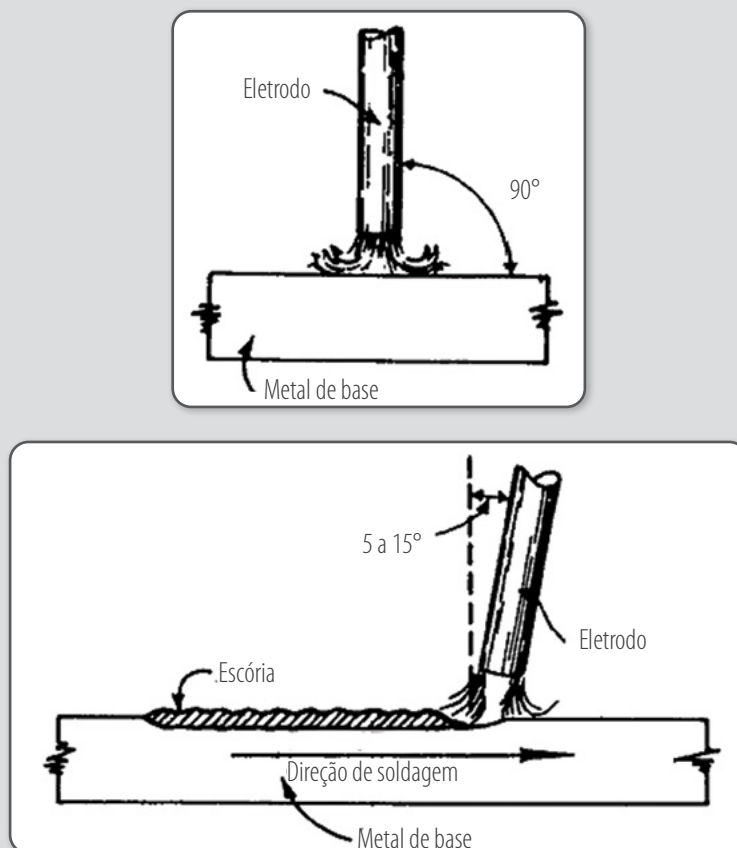
Além do domínio dos movimentos de oscilação, é importante um posicionamento correto do eletrodo em relação à peça. Esse posicionamento varia de acordo com o tipo e espessura do revestimento, com as características da junta da peça a soldar e com a posição de soldagem.

Os principais objetivos de um bom posicionamento do eletrodo em relação à peça são:

- evitar que a escória flua à frente da poça de fusão, o que facilitaria o seu aprisionamento na solda;
- controlar a repartição de calor nas peças que compõem a junta (importante na soldagem de juntas formadas por peças de espessuras diferentes);
- facilitar a observação da poça de fusão;
- minimizar os efeitos do sopro magnético (quando presente).

O posicionamento do eletrodo e sua movimentação em uma aplicação dependerão das características desta e da experiência do próprio soldador. A Figura 13 orienta em relação a isso.

Figura 13 – Posicionamento correto do eletrodo em relação à peça a soldar e sua movimentação.



Fonte: adaptado de Smith, 1984.

Para interromper a soldagem, basta afastar o eletrodo da peça, apagando-se o arco. Entretanto, para se evitar a formação de uma cratera muito pronunciada, o eletrodo deve ser mantido parado sobre a poça de fusão por algum tempo permitindo o seu enchimento antes da interrupção do arco. Para evitar desperdício, tentar sempre que possível, consumir o máximo do eletrodo. O ideal é que sobre, no máximo, 25 mm de comprimento de sua parte final.

Após uma interrupção, a escória deve ser removida e limpa, pelo menos na região em que a soldagem será continuada. Ao final da soldagem, o restante da escória é removido e a solda inspecionada visualmente para a detecção de eventuais descontinuidades.



ALERTA ECOLÓGICO

O processo de soldagem gera diversos resíduos (sucata metálica) e deve haver uma preocupação para o destino correto deles. Nesse sentido, é importante armazenar os resíduos resultantes da solda em local adequado (tambor de latão, por exemplo), para posterior recolhimento por empresas especializadas e destinação adequada, sem prejuízo para o meio ambiente.



LEMBRETE

Para soldagens de alta responsabilidade na propriedade rural, é recomendável recorrer a uma empresa especializada com equipe técnica de soldagem para realizar a atividade com a precisão e a qualidade necessária.

6 CARACTERÍSTICAS DE UMA BOA SOLDA

De maneira geral, uma boa solda é caracterizada por uma deposição e penetração adequada, ausência de escavações, porosidade ou rachaduras.

Algumas terminologias de soldagem requerem interpretação para bom entendimento de seu significado. Em relação às características de uma boa solda, os seguintes termos são muito empregados para evidenciar falhas: descontinuidade e defeito.

Descontinuidade: interrupção da estrutura típica de uma peça, no que se refere à homogeneidade de características físicas, mecânicas e/ou metalúrgicas.

Defeito: descontinuidade que por, sua natureza, tipo, dimensões, localização ou efeito acumulado, torna a peça imprópria para uso, por não satisfazer os requisitos mínimos de aceitação da norma aplicável.



ATENÇÃO

As descontinuidades nem sempre precisam ser removidas, ou seja, não são motivo para se rejeitar uma peça. Já os defeitos de uma peça sempre deverão ser removidos, pois levam à sua rejeição.

Apenas a larga experiência com o processo de soldagem e realização de cursos qualificados para inspetores de solda garantem maior critério na execução, classificação e inspeção de serviços de solda. Como o assunto “avaliação de solda” é complexo, a seguir são apresentados alguns defeitos e descontinuidades rotineiras ao trabalho do soldador rural para ajudar no seu desempenho e interpretação do aceitável.

6.1 PROBLEMAS, CAUSAS E SOLUÇÕES

Presença de porosidade

A presença de porosidade necessita de critério para enquadramento em defeito ou descontinuidade (inspetor de solda). Nesse sentido, sempre que possível, deve-se remover a porosidade da peça.

Principais causas: umidade no eletrodo, comprimento do arco muito longo na sua transferência ou limpeza inadequada.

Soluções: controlar a temperatura adequada do eletrodo, utilizar a técnica correta para o deslocamento do eletrodo e realizar a limpeza entre passes.

Figura 14 – Presença de porosidade na solda.



Fonte: Ribeiro, 2014.

Deposição insuficiente

O problema de deposição insuficiente é classificado como defeito. Uma peça soldada que apresente esse problema (depósito insuficiente na junta) estará imprópria para uso e deverá ser rejeitada.

Soluções: sempre realizar o deslocamento do eletrodo em toda junta, até completar e preencher o chanfro.

Figura 15 – Deposição insuficiente durante a soldagem (defeito).



Fonte: Ribeiro, 2014.

Dificuldade para abertura do arco

Problemas na abertura do arco marcam a peça e a danificam, sendo classificado como defeito. Em equipamentos e peças de precisão é inaceitável a abertura do arco fora do local de soldagem.

Soluções: regular a máquina com a amperagem adequada para o início de solda; precisão ao tocar ou riscar o eletrodo para sua ignição. Escolher a bitola do eletrodo mais adequada ao tipo de junta para facilitar seu manuseio. Sempre que possível, remover com esmerilhadeira os resíduos provenientes de aberturas não desejáveis, garantindo um melhor visual da peça.

Figura 16 – Defeitos em função da dificuldade de abertura de arco durante a soldagem.



Fonte: Ribeiro, 2014.

A presença de pequenas discontinuidades, como respingos, ocorrem inclusive em peças com soldas classificadas como boa, conforme apresentado na Figura 17. Apesar da presença de respingos, é visível a sequência correta de soldagem.

Figura 17 – Solda boa em junta em ângulo.



Fonte: Ribeiro, 2014.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTE n. 202: NR33 – Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM n. 3.214: NR10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 jul. 1978.

CEA. Costruzioni Elettromeccaniche Annettoni S.p.A. **Máquinas de soldagem para eletrodos revestidos**. Disponível em <<http://www.ceaweld.com/portal/cea/products/detail?path=1/1/0&-tipolinea=1&linea=1&lingua=2&prod=000&prodSelector=ajaxCall&lineaDescr=MMA>>. Acesso em 6 nov. 2014.

CEA BRASI. Indústria e Comércio de Máquinas LTDA – São Carlos/SP. Disponível em <<http://www.ceabrasil.com.br/produtos>> Acesso em: 6 nov. 2014.

ESAB. **Apostila de eletrodos revestidos**. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901097rev1_apostilaeletrodosrevestidos_ok.pdf> Acesso em: 6 nov. 2014b.

ESAB. **Regras para segurança em soldagem, goivagem e corte ao arco elétrico**. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/apostila_seguranca_na_soldagem_rev1.pdf> Acesso em: 6 nov. 2014a.

GETMANETS, S. M. **Arc welding technology for carbon and low alloy steels**. Kiev (Ucrânia), Naukova Dumka, 1983.

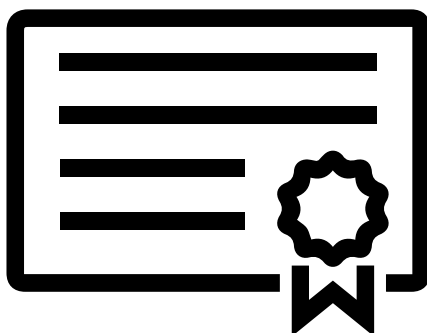
MARQUES, P. V. **Tecnologia da soldagem**. Belo Horizonte: ESAB, UFMG, 1991.

PIRES, J. A. S.; HELDT, P. H.; GARCIA, T. R. **Soldador rural – básico**. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Administração Regional do Rio Grande do Sul, 2014 (prelo).

QUITES, A. M.; DUTRA, J. C. Tecnologia da soldagem a arco voltáico. Florianópolis: EDEME, 1979, pp. 129-171.

SMITH, D. Welding: skills and technology. Nova Iorque: Mc Graw-Hill, 1984, p. 364-419. The Procedure Handbook – #1 Choice among Welding Instructors.

CERTIFICADO DO CURSO



O certificado de conclusão é emitido, no mínimo, 30 dias após encerramento do curso, tempo necessário para o instrutor realizar a análise de desempenho de cada aluno, para que, posteriormente, a área de certificação do Sistema FAEP/SENAR-PR realize a emissão.

Você pode acompanhar a emissão de seu certificado em nosso site ***sistemafaep.org.br***, na seção Cursos SENAR-PR > Certificados ou no QRCode ao lado.



Consulte o catálogo de curso e a agenda de datas no sindicato rural mais próximo de você, em nosso site ***sistemafaep.org.br***, na seção Cursos ou no QRCode abaixo.



***Esperamos encontrar você novamente
nos cursos do SENAR-PR.***

SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP