

GUIA DEFINITIVO: SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO

Do Iniciante ao Profissional

PRONAVI ENGENHARIA NAVAL



PRONAVI
— ENGENHARIA NAVAL —

GUIA DEFINITIVO: SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO

— DO INICIANTE AO PROFISSIONAL —

Técnicas, Normas e Práticas para Excelência Industrial



TÉCNICAS
PASSO A PASSO



NORMAS
ATUALIZADAS



PRÁTICAS
PROFISSIONAIS



EXCELÊNCIA
INDUSTRIAL

Sobre Este Curso

Este e-book foi desenvolvido pela PRONAVI ENGENHARIA NAVAL para capacitar profissionais e estudantes na arte e ciência da soldagem com eletrodo revestido (SMAW - Shielded Metal Arc Welding). Abordaremos desde os fundamentos básicos até as técnicas avançadas, sempre em conformidade com as normas e melhores práticas da indústria. Nosso objetivo é fornecer um guia completo que transforme iniciantes em soldadores profissionais, aptos a enfrentar os desafios do mercado de trabalho.

SOBRE ESTE CURSO

Este e-book foi desenvolvido para capacitar profissionais e empresas a otimizar a gestão de frotas através das melhores práticas e tecnologias disponíveis. Ao longo do conteúdo, você encontrará estratégias comprovadas para reduzir custos, aumentar a eficiência e garantir mais segurança nas operações.



GESTÃO INTELIGENTE

Técnicas e ferramentas para uma gestão de frotas mais eficiente e estratégica.



REDUÇÃO DE CUSTOS

Aprenda a identificar desperdícios e implementar ações que geram economia real.



MAIS SEGURANÇA

Boas práticas para proteção de condutores, veículos e cargas.



TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Como a tecnologia pode transformar sua operação e gerar resultados consistentes.



PRONAVI
— ENGENHARIA NAVAL —



021 97030-9258



contato@pronavi.com.br



www.pronavi.com.br



/pronavi

1. Introdução à Soldagem com Eletrodo Revestido (SMAW)

2. soldagem com eletrodo revestido, também conhecida como SMAW (Shielded Metal Arc Welding) ou soldagem manual a arco elétrico, é um dos processos de união de metais mais antigos, versáteis e amplamente utilizados na indústria. Sua popularidade se deve à simplicidade do equipamento, baixo custo e capacidade de ser empregado em diversas condições, incluindo ambientes externos e de difícil acesso.

Neste processo, um arco elétrico é estabelecido entre a ponta de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho. O calor gerado pelo arco funde tanto o eletrodo quanto as bordas do metal base, criando uma poça de fusão que, ao solidificar, forma a junta soldada. O revestimento do eletrodo desempenha um papel crucial, pois se decompõe sob o calor do arco, gerando gases que protegem a poça de fusão da contaminação atmosférica e produzindo uma escória que protege o metal de solda solidificado durante o resfriamento lento, além de adicionar elementos de liga e estabilizar o arco.

1. Segurança na Soldagem: EPIs e Normas

2. segurança é primordial em qualquer operação de soldagem. A exposição a fumos, radiação ultravioleta e infravermelha, calor intenso e riscos elétricos exige o uso rigoroso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e o cumprimento de normas de segurança.

2.1 Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

Todo soldador deve utilizar os seguintes EPIs:

- **Máscara de Solda:** Essencial para proteger os olhos e o rosto da radiação e respingos. Deve possuir filtro de luz adequado (geralmente tonalidade 10 a 14).
- **Luvas de Raspa:** Protegem as mãos do calor, faíscas e respingos.
- **Avental e Perneiras de Raspa:** Protegem o corpo e as pernas contra queimaduras e respingos.
- **Blusão de Couro ou Tecido Retardante de Chamas:** Para proteção adicional do tronco e braços.
- **Calçados de Segurança:** Botas com biqueira de aço para proteger os pés de quedas de objetos e choques elétricos.
- **Touca de Soldador:** Protege o cabelo e o couro cabeludo.
- **Protetor Auricular:** Em ambientes ruidosos.
- **Respirador:** Em locais com ventilação inadequada ou alta concentração de fumos de solda.

2.2 Normas de Segurança

É fundamental seguir as normas regulamentadoras (NRs) brasileiras, como a NR-6 (EPIs) e NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção), além de padrões internacionais como os da OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e AWS (American Welding Society) para garantir um ambiente de trabalho seguro.

É Eletrodos Revestidos: Classificação e Tipos

Os eletrodos revestidos são o coração do processo SMAW. A escolha correta do eletrodo é fundamental para a qualidade da solda e deve considerar o tipo de metal base, a posição de soldagem, as propriedades mecânicas desejadas e o ambiente de trabalho.

3.1 Classificação AWS A5.1

A American Welding Society (AWS) estabelece padrões para a classificação de eletrodos. Para aços carbono, a norma mais comum é a AWS A5.1. A classificação de um eletrodo é geralmente representada por um código alfanumérico, como E7018, onde cada caractere tem um significado específico:

- **E:** Indica que é um eletrodo para soldagem elétrica.
- **70:** Representa a resistência à tração mínima do metal de solda depositado, em milhares de libras por polegada quadrada (psi). Neste caso, 70.000 psi.
- **1:** Indica as posições de soldagem em que o eletrodo pode ser utilizado. O '1' significa que pode ser usado em todas as posições (plana, horizontal, vertical e sobre-cabeça). '2' indicaria apenas plana e horizontal.
- **8:** Refere-se ao tipo de revestimento, tipo de corrente e características operacionais. O '8' indica um eletrodo de baixo hidrogênio, com pó de ferro no revestimento, que pode ser usado com corrente alternada (AC) ou corrente contínua com polaridade inversa (DC+).

Tabela 1: Tipos Comuns de Eletrodos e Suas Aplicações

Eletrodo	Tipo de Revestimento	Características Principais	Aplicações Típicas
E6010	Celulósico	Alta penetração, arco forçado, escória fina e de fácil remoção.	Passe de raiz em tubulações, soldagem em superfícies sujas ou enferrujadas.
E6011	Celulósico (com modificadores)	Similar ao E6010, mas pode ser usado com AC.	Reparos gerais, soldagem em campo.
E6013	Rutílico	Arco suave, pouca penetração, bom acabamento, fácil de operar.	Chapas finas, soldagem em todas as posições, uso geral.
E7018	Básico (baixo hidrogênio)	Alta qualidade de solda, boa tenacidade, baixa absorção de hidrogênio.	Estruturas sujeitas a cargas dinâmicas, vasos de pressão, aços de alta resistência.

1. Preparação da Junta

- preparação adequada da junta é crucial para garantir uma solda de qualidade, com boa penetração e propriedades mecânicas desejadas.

4.1 Limpeza do Metal Base

Antes de iniciar a soldagem, a superfície do metal base deve estar completamente limpa, livre de contaminantes como óleo, graxa, tinta, ferrugem, carepa de laminação e umidade. A limpeza pode ser feita por meios mecânicos (escova de aço, lixadeira, esmerilhadeira) ou químicos.



Figura 4.1: Exemplo de limpeza do metal base com escova de aço antes da soldagem.

4.2 Tipos de Juntas

Os tipos de juntas mais comuns incluem:

- **Junta de Topo:** Duas peças alinhadas no mesmo plano.
- **Junta de Ângulo:** Peças formando um ângulo, geralmente 90 graus.
- **Junta Sobreposta:** Uma peça sobreposta à outra.
- **Junta de Canto:** Peças formando um canto externo.
- **Junta de Borda:** Bordas das peças unidas.

4.3 Preparação de Chanfros

Para chapas mais espessas, como a de $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm), é necessário preparar um chanfro para permitir a penetração total da solda e garantir a resistência da junta. Os tipos de chanfros incluem V simples, V duplo, U simples, U duplo, J simples e J duplo.

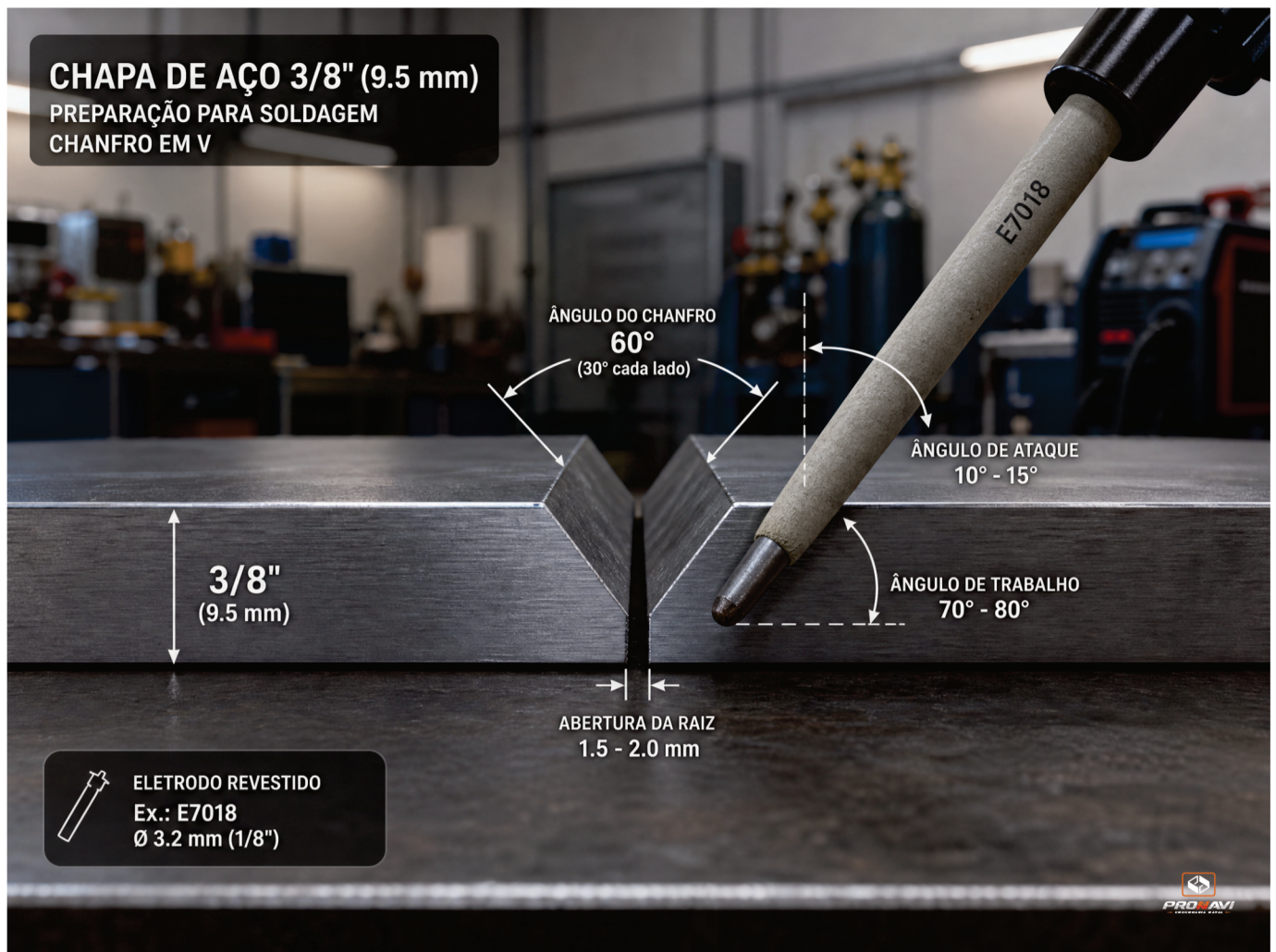


Figura 4.2: Preparação de chapa de $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) com chanfro em V para soldagem.

1. Técnicas de Soldagem

Dominar as técnicas de soldagem é essencial para produzir cordões de solda uniformes e com as propriedades desejadas.

5.1 Parâmetros de Soldagem

Os principais parâmetros a serem controlados são:

- **Corrente de Soldagem:** Ajustada de acordo com o diâmetro do eletrodo e a espessura da peça. Uma corrente muito baixa resulta em falta de fusão; muito alta, em superaquecimento e furos.
- **Tensão do Arco:** Influencia o comprimento do arco. Um arco muito longo é instável; muito curto pode causar inclusões de escória.

- **Velocidade de Soldagem:** Afeta a penetração e o perfil do cordão. Muito rápida, pouca penetração; muito lenta, excesso de deposição e superaquecimento.
- **Ângulo do Eletrodo:** O ângulo de ataque e o ângulo de trabalho são cruciais para o controle da poça de fusão e penetração.

5.2 Posições de Soldagem

As posições de soldagem são classificadas de acordo com a orientação da junta e do soldador.

A AWS define as seguintes posições para chapas e tubulações:

Para Chapas:

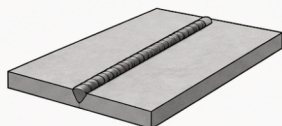
- **1G (Plana):** A soldagem é realizada na superfície plana, com a solda na posição horizontal. É a posição mais fácil.
- **2G (Horizontal):** A soldagem é realizada em uma junta horizontal, em parede vertical.
- **3G (Vertical):** A soldagem é realizada em uma junta vertical, com a progressão para cima ou para baixo.
- **4G (Sobre-cabeça):** A soldagem é realizada na parte inferior de estruturas ou tubulações, com o soldador trabalhando abaixo da junta.

AS 4 POSIÇÕES PRINCIPAIS DE SOLDAGEM EM CHAPAS

Norma de referência: AWS A3.0 / ASME Seção IX

1 1G PLANA

DIAGRAMA



A soldagem é realizada na superfície plana, com a solda na posição horizontal.

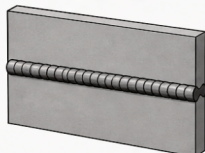
EXEMPLO REAL



Exemplo: Solda de chapas na posição plana (piso ou bancada).

2 2G HORIZONTAL

DIAGRAMA



A soldagem é realizada em uma junta horizontal, em parede vertical.

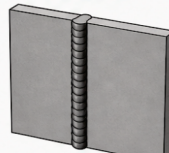
EXEMPLO REAL



Exemplo: Solda de costura horizontal em tanques ou estruturas.

3 3G VERTICAL

DIAGRAMA



A soldagem é realizada em uma junta vertical, com a solda na direção vertical.

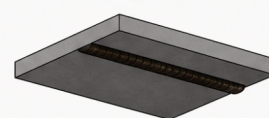
EXEMPLO REAL



Exemplo: Solda vertical em chapas ou perfis estruturais.

4 4G SOBRE-CABEÇA

DIAGRAMA



A soldagem é realizada com a tocha abaixo da junta, na posição sobre-cabeça.

EXEMPLO REAL



Exemplo: Solda na parte inferior de estruturas ou tubulações.



DICA IMPORTANTE: Dominar as posições de soldagem é essencial para garantir qualidade, segurança e produtividade em qualquer projeto.



SEGURANÇA SEMPRE: Use EPIs adequados, verifique o ambiente e siga os procedimentos corretos.

Figura 5.1: As 4 posições principais de soldagem em chapas.

Para Tubulações:

- **1G (Rotativa):** O tubo gira enquanto o soldador permanece em uma posição fixa.
- **2G (Horizontal Fixa):** O tubo está fixo na posição horizontal, e a soldagem é feita ao redor do tubo.
- **5G (Eixo Horizontal Fixo):** O tubo está fixo na posição horizontal, e a soldagem é feita ao redor do tubo, exigindo que o soldador mude de posição (plana, vertical, sobre-cabeça).
- **6G (Eixo Inclinado 45° Fixo):** O tubo está fixo em um ângulo de 45 graus, sendo a posição mais desafiadora, pois exige que o soldador execute soldas em todas as posições.



Figura 5.2: Detalhes da soldagem de tubulação em posição 5G.

5.3 Sequência de Soldagem (Passe de Raiz)

- **passe de raiz** é a primeira camada de solda e é crucial para a integridade da junta. Uma boa penetração e fusão são essenciais.
- **Início do Arco:** Estabeleça o arco com um movimento rápido e preciso.
- **Formação da Poça de Fusão:** Mantenha um arco curto para controlar a poça de fusão.
- **Penetração na Raiz:** Garanta a fusão completa da raiz da junta.
- **Alimentação Constante:** Mantenha uma velocidade de avanço constante para um cordão uniforme.
- **Conclusão do Passe:** Finalize o cordão com um preenchimento adequado.

1. Detecção de Descontinuidades e Defeitos

Mesmo com as melhores práticas, descontinuidades podem ocorrer. É vital saber identificá-las e corrigi-las.

6.1 Tipos Comuns de Defeitos

- **Falta de Fusão:** O metal de solda não se funde completamente com o metal base ou com os passes anteriores.
- **Falta de Penetração:** A solda não atinge a profundidade total da junta.
- **Porosidade:** Pequenas cavidades causadas por gases aprisionados na solda.
- **Inclusões de Escória:** Partículas de escória aprisionadas no metal de solda.
- **Trincas:** Fraturas no metal de solda ou na zona afetada pelo calor (ZAC).
- **Mordeduras:** Rebaixamento do metal base na margem do cordão de solda.
- **Reforço Excessivo:** Excesso de metal de solda na superfície do cordão.

6.2 Ensaios Não Destrutivos (END)

Para garantir a qualidade da solda sem danificar a peça, são utilizados os Ensaios Não Destrutivos:

- **Inspeção Visual (IV):** O método mais básico e fundamental, identificando defeitos superficiais.
- **Líquido Penetrante (LP):** Detecta descontinuidades superficiais abertas à superfície.
- **Partículas Magnéticas (PM):** Detecta descontinuidades superficiais e subsuperficiais em materiais ferromagnéticos.
- **Ultrassom (US):** Detecta descontinuidades internas.
- **Radiografia (RX):** Detecta descontinuidades internas, como porosidade, inclusões e falta de fusão.

1. Qualificação de Soldadores e Procedimentos

2. qualificação de soldadores e procedimentos de soldagem é um requisito essencial para garantir a integridade e a segurança de estruturas e equipamentos soldados.

7.1 Qualificação de Soldadores

Soldadores são qualificados de acordo com normas específicas (ex: ASME Seção IX, AWS D1.1) que avaliam sua habilidade em produzir soldas de qualidade em diferentes posições, materiais e processos. A qualificação geralmente envolve a execução de corpos de prova que são submetidos a ensaios destrutivos e não destrutivos.

7.2 Qualificação de Procedimentos de Soldagem (EPS)

Uma Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento que detalha todas as variáveis de soldagem (processo, material, eletrodo, parâmetros, preparação da junta, etc.) para uma aplicação específica. A EPS é qualificada através da soldagem de corpos de prova e sua posterior inspeção e ensaios, garantindo que o procedimento produza soldas com as propriedades mecânicas e metalúrgicas exigidas.

1. Soldagem Profissional: Dicas e Boas Práticas

Para se tornar um soldador profissional de excelência, é preciso ir além do básico. Aqui estão algumas dicas e boas práticas:

- **Prática Constante:** A soldagem é uma habilidade que se aprimora com a prática contínua.
- **Conhecimento de Materiais:** Entenda as propriedades dos diferentes metais e como eles reagem à soldagem.
- **Manutenção de Equipamentos:** Mantenha seus equipamentos limpos e em bom estado de funcionamento.
- **Leitura de Desenhos Técnicos:** Saiba interpretar desenhos e especificações de soldagem.
- **Atualização Contínua:** Acompanhe as novas tecnologias, materiais e normas da indústria.
- **Atenção aos Detalhes:** Pequenos detalhes podem fazer uma grande diferença na qualidade final da solda.



Figura 8.1: Soldador da PRONAVI Engenharia Naval em ambiente de trabalho, exemplificando a postura profissional e o uso correto de EPIs.

Conclusão

A soldagem com eletrodo revestido é uma habilidade valiosa e uma carreira promissora. Com dedicação, estudo e prática, é possível dominar este processo e alcançar a excelência profissional. A PRONAVI ENGENHARIA NAVAL se orgulha de contribuir para a formação de soldadores qualificados, que impulsionam a indústria com segurança e qualidade.

Esperamos que este guia seja uma ferramenta fundamental em sua jornada de aprendizado e aprimoramento. Lembre-se sempre: a segurança em primeiro lugar e a busca pela perfeição em cada cordão de solda.

Referências

- [1] American Welding Society (AWS). AWS A5.1/A5.1M: Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. Miami, FL: AWS.
- [2] American Welding Society (AWS). AWS A5.5/A5.5M: Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. Miami, FL: AWS.
- [3] American Welding Society (AWS). AWS A5.36/A5.36M: Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding. Miami, FL: AWS.

PRONAVI SOLDA TIG. Disponível em: <https://pronavi.com.br/pronavi/e-book/e-book-pronavi-eletrodo.pdf>.

Acesso em: 08 jul. 2026.

- [4] PRONAVI ENGENHARIA SOLDA ELETRODO Disponível em: <https://pronavi.com.br/pronavi/e-book/e-book-pronavi-eletrodo.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2026.
- [5] PRONAVI SOLDA MIG.
Disponível em: <https://pronavi.com.br/pronavi/e-book/e-book-pronavi-eletrodo.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2026.



PRONAVI
— ENGENHARIA NAVAL —

E-BOOK

SOLDA COM ELETRODO REVESTIDO

TÉCNICAS, PARÂMETROS
E BOAS PRÁTICAS



QUALIDADE
EM CADA JUNTA



SOLUÇÕES
NAVAIS



SEGURANÇA
EM PRIMEIRO LUGAR



TECNOLOGIA
E EXCELÊNCIA



FOCADO NA
INDÚSTRIA NAVAL



QUALIDADE E SEGURANÇA
EM CADA DETALHE