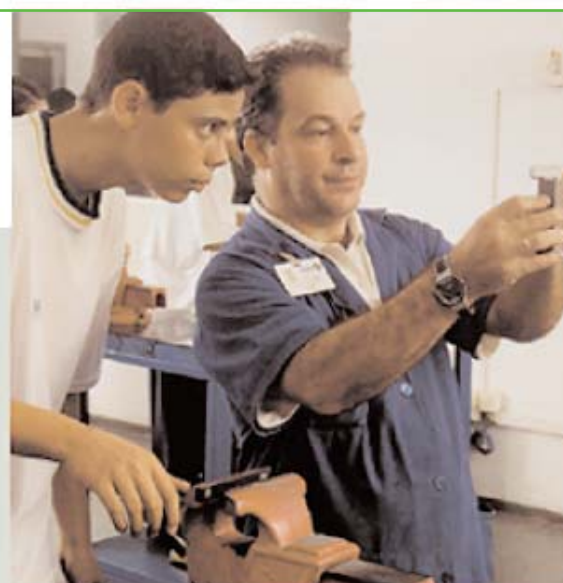


## Soldagem Industrial I

---



PROJETO  
**FORMARE**

Coordenação do Programa Formare **Beth Callia**

Coordenação Pedagógica **Zita Porto Pimentel**

Coordenação da Área Técnica – UTFPR **Alfredo Vrubel**

Elaboração **GIPE** Projetos Educativos Ltda.  
Av. Imperial, 407 / Ipanema  
91760-400 – Porto Alegre, RS  
g.i.p.e@terra.com.br

Coordenação Geral **Ana Mariza Ribeiro Filipouski e  
Diana Maria Marchi**

Produção Gráfica **Marta Castilhos**

Autoria deste caderno **Mauro César Rabuski Garcia**

Apoio **MEC** – Ministério da Educação  
**FNDE** – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação  
**PROEP** – Programa de Expansão da Educação Profissional

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(William Okubo, CRB-8/6331, SP, Brasil)

---

GARCIA, Mauro César Rabuski

**Soldagem industrial I** / Mauro César Rabuski Garcia ;  
Projeto Formare. - São Paulo : Fundação Iochpe, 2006.  
96p. (Cadernos Formare, 53)

Inclui: Exercícios; Glossário; Bibliografia.  
ISBN 85-98169-53-6

1. Ensino Profissional 2. Soldagem industrial  
3. Prática de soldagem e corte I. Projeto Formare  
II. Título III. Série

---

CDD-371.426

Iniciativa

F U N D A Ç Ã O  
  
**IOCHPE**

Realização

  
**FORMARE**

**Fundação IOCHPE**

Al. Tietê, 618, casa 3, Cep 01417-020, São Paulo, SP  
[www.formare.org.br](http://www.formare.org.br)

## Formare: uma escola para a vida

Ensinar e aprender não podem dar-se fora da procura,  
fora da boniteza e da alegria.  
A alegria não chega apenas com o encontro do achado,  
mas faz parte do processo de busca.

Paulo Freire

**Hoje a educação** é concebida em uma perspectiva ampla de desenvolvimento humano e não apenas como uma das condições básicas para o crescimento econômico.

O propósito de uma escola é muito mais o desenvolvimento de competências pessoais para o planejamento e realização de um projeto de vida do que apenas o ensino de conteúdos disciplinares.

Os conteúdos devem ser considerados na perspectiva de meios e instrumentos para conquistas individuais e coletivas nas áreas profissional, social e cultural.

A formação de jovens não pode ser pensada apenas como uma atividade intelectual. É um processo global e complexo, onde conhecer, refletir, agir e intervir na realidade encontram-se associados.

Ensina-se pelos desafios lançados, pelas experiências proporcionadas, pelos problemas sugeridos, pela ação desencadeada, pela aposta na capacidade de aprendizagem de cada um, sem deixar de lado os interesses dos jovens, suas concepções, sua cultura e seu desejo de aprender.

Aprende-se a partir de uma busca individual, mas também pela participação em ações coletivas, vivenciando sentimentos, manifestando opiniões diante dos fatos, escolhendo procedimentos, definindo metas.

O que se propõe, então, não é apenas um arranjo de conteúdos em um elenco de disciplinas, mas a construção de uma prática pedagógica centrada na formação.

Nesta mudança de perspectiva, os conteúdos deixam de ser um fim em si mesmos e passam a ser instrumentos de formação.

Essas considerações dão à atividade de aprender um sentido novo, onde as necessidades de aprendizagem despertam o interesse de resolver questões desafiadoras. Por isso uma prática pedagógica deve gerar situações de aprendizagem ao mesmo tempo reais, diversificadas e provocativas. Deve possibilitar, portanto, que os jovens, ao dar opiniões, participar de debates e tomar decisões, construam sua individualidade e se assumam como sujeitos que absorvem e produzem cultura.

Segundo Jarbas Barato, a história tem mostrado que a atividade humana produz um saber "das coisas do mundo", que garantiu a sobrevivência do ser humano sobre a face da Terra e, portanto, deve ser reconhecido e valorizado como a "sabedoria do fazer".

O conhecimento proveniente de uma atividade como o trabalho, por exemplo, nem sempre pode ser traduzido em palavras. Em geral, peritos têm dificuldade em descrever com clareza e precisão sua técnica. É preciso vê-los trabalhar para "aprender com eles".

O pensar e o fazer são dois lados de uma mesma moeda, dois pólos de uma mesma esfera. Possuem características próprias, sem pré-requisitos ou escala de valores que os coloquem em patamares diferentes.

Teoria e prática são modos de classificar os saberes insuficientes para explicar a natureza de todo o conhecimento humano. O saber proveniente do fazer possui uma construção diferente de outras formas que se valem de conceitos, princípios e teorias, nem sempre está atrelado a um arcabouço teórico.

Quando se reconhece a técnica como conhecimento, considera-se também a atividade produtiva como geradora de um saber específico e valoriza-se a experiência do trabalhador como base para a construção do conhecimento naquela área. Técnicas são conhecimentos processuais, uma dimensão de saber cuja natureza se define como seqüência de operações orientadas para uma finalidade.

O saber é inerente ao fazer, não uma decorrência dele.

Tradicionalmente, os cursos de educação profissional eram rigidamente organizados em momentos prévios de "teoria" seguidos de momentos de "prática". O padrão rígido "explicação (teoria) antes da execução (prática)" era mantido como algo natural e inquestionável. Profissões que exigem muito uso das mãos eram vistas como atividades mecânicas, desprovidas de análise e planejamento.

Autores estão mostrando que o aprender fazendo gera trabalhadores competentes e a troca de experiências integra comunidades de prática nas quais o saber "distribuído por todos" eleva o padrão da execução. Por isso, o esforço para o registro, organização e criação de uma rede de apoio, uma teia comunicativa de "relato de práticas" é fundamental.

Dessa forma, o uso do paradigma da aprendizagem corporativa faz sentido e é muito mais produtivo. A idéia da formação profissional no interior do espaço de trabalho é, portanto, uma proposição muito mais adequada, inovadora e ousada do que a seqüência que propõe primeiro a teoria na sala de aula, depois a prática.

Atualmente, as empresas têm investido na educação continuada de seus funcionários, na expectativa de que este esforço contribua para melhorar os negócios. A formação de quadros passou a ser, nesses últimos anos, atividade central nas organizações que buscam o conhecimento para impulsionar seu desenvolvimento. No entanto, raramente se percebe que um dos conhecimentos mais importantes é aquele que está sendo construído pelos seus funcionários no exercício cotidiano de suas funções, é aquele que está concentrado na própria empresa.

A empresa contrata especialistas, adquire tecnologias, desenvolve práticas de gestão, inaugura centros de informação, organiza banco de dados, incentiva

inovações. Vai acumulando, aos poucos, conhecimento e experiências que, **se forem apoiadas com recursos pedagógicos**, darão à empresa a condição de excelência como "espaço de ensino e aprendizagem".

Criando condições para identificar, registrar, organizar e difundir esse conhecimento, a organização poderá contribuir para o aprimoramento da formação profissional.

Convencionou-se que a escola é o lugar onde se ensina e a empresa é onde se produz bens, produtos e serviços. Deste ponto de vista, o conhecimento seria construído na escola, e caberia à empresa o aprimoramento de competências destinadas à produção. Esta é uma visão acanhada e restritiva de formação profissional que não reconhece e não explora o potencial educativo de uma organização.

Neste cenário, a Fundação IOCHPE, em parceria com a UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, desenvolve a proposta pedagógica Formare, que apresenta uma estrutura curricular composta de conteúdos integrados: um conjunto de disciplinas de formação geral (Higiene, Saúde e Segurança; Comunicação e Relacionamento; Fundamentação Numérica; Organização Industrial e Comercial; Informática e Atividades de Integração) e um conjunto de disciplinas de formação específica.

O curso Formare pretende ser uma **escola que oferece ao jovem uma preparação para a vida**, propõe-se a desenvolver não só competências técnicas, mas também habilidades que lhes possibilitem estabelecer relações harmoniosas e produtivas com todas as pessoas, que os tornem capazes de construir seus sonhos e metas, além de buscar as condições para realizá-los no âmbito profissional, social e familiar.

A proposta curricular tem a intenção de fortalecer, além das competências técnicas, outras habilidades:

- 1) Comunicabilidade** – capacidade de expressão (oral e escrita) de conceitos, idéias e emoções de forma clara, coerente e adequada ao contexto;
- 2) Trabalho em equipe** – capacidade de levar o seu grupo a atingir os objetivos propostos;
- 3) Solução de problemas** – capacidade de analisar situações, relacionar informações e resolver problemas;
- 4) Visão de futuro** – capacidade de planejar, prever possibilidades e alternativas;
- 5) Cidadania** – capacidade de defender direitos de interesse coletivo.

Cada competência é composta por um conjunto de habilidades que serão desenvolvidas durante o ano letivo, por meio de todas as disciplinas do curso.

Para finalizar, ao integrar o ser, o pensar e o fazer, os cursos Formare ajudam os jovens a desenvolver competências para um bom desempenho profissional e, acima de tudo, a dar sentido à sua própria vida. Dessa forma, esperam contribuir para que eles tenham melhores condições para assumir uma postura ética, colaborativa e empreendedora em ambientes instáveis como os de hoje, sujeitos a constantes transformações.

Equipe FORMARE

## Sobre o caderno

Você, educador voluntário, sabe que boa parte da performance dos jovens no mundo do trabalho dependerá das aprendizagens adquiridas no espaço de formação do Curso em desenvolvimento em sua empresa no âmbito do Projeto Formare.

Por isso, os conhecimentos a serem construídos foram organizados em etapas, investindo na transformação dos jovens estudantes em futuros trabalhadores qualificados para o desempenho profissional.

Antes de esse material estar em suas mãos, houve a definição de uma proposta pedagógica, que traçou um perfil de trabalhador a formar, depois o delineamento de um plano de curso, que construiu uma grade curricular, destacou conteúdos e competências que precisam ser desenvolvidos para viabilizar o alcance dos objetivos estabelecidos e então foram desenhados planos de ensino, com vistas a assegurar a eficácia da formação desejada.

À medida que começar a trabalhar com o Caderno, perceberá que todos os encontros contêm a pressuposição de que você domina o conteúdo e que está recebendo sugestões quanto ao modo de fazer para tornar suas aulas atraentes e produtoras de aprendizagens significativas. O Caderno pretende valorizar seu trabalho voluntário, mas não ignora que o conhecimento será construído a partir das condições do grupo de jovens e de sua disposição para ensinar. Embora cada aula apresente um roteiro e simplifique a sua tarefa, é impossível prescindir de algum planejamento prévio. É importante que as sugestões não sejam vistas como uma camisa de força, mas como possibilidade, entre inúmeras outras que você e os jovens do curso poderão descobrir, de favorecer a prática pedagógica.

O Caderno tem a finalidade de oferecer uma direção em sua caminhada de orientador da construção dos conhecimentos dos jovens, prevendo objetivos, conteúdos e procedimentos das aulas que compõem cada capítulo de estudo. Ele trata também de assuntos aparentemente miúdos, como a apresentação das tarefas, a duração de cada atividade, os materiais que você deverá ter à mão ao adotar a atividade sugerida, as imagens e os textos de apoio que poderá utilizar.

No seu conjunto, propõe um jeito de fazer, mas também poderá apresentar outras possibilidades e caminhos para dar conta das mesmas questões, com vistas a encorajá-lo a buscar alternativas melhor adequadas à natureza da turma.

Como foi pensado a partir do planejamento dos cursos (os objetivos gerais de formação profissional, as competências a serem desenvolvidas) e dos planos de ensino disciplinares (a definição do que vai ser ensinado, em que seqüência e intensidade e os modos de avaliação), o Caderno pretende auxiliá-lo a realizar

um plano de aula coerente com a concepção do Curso, preocupado em investir na formação de futuros trabalhadores habilitados ao exercício profissional.

O Caderno considera a divisão em capítulos apresentada no Plano de Ensino e o tempo de duração da disciplina, bem como a etapa do Curso em que ela está inserida. Com esta idéia do todo, sugere uma possibilidade de divisão do tempo, considerando uma aula de 50 minutos.

Também há avaliações previstas, reunindo capítulos em blocos de conhecimentos e oferecendo oportunidade de síntese do aprendido. É preciso não esquecer, no entanto, que a aprendizagem é avaliada durante o processo, através da observação e do diálogo em sala de aula. A avaliação formal, prevista nos cadernos, permite a descrição quantitativa do desempenho dos jovens e também do educador na medida em que o "erro", muitas vezes, é indício de falhas anteriores que não podem ser ignoradas no processo de ensinar e aprender.

Recomendamos que, ao final de cada aula ministrada, você faça um breve registro reflexivo, anotando o que funcionou e o que precisou ser reformulado, se todos os conteúdos foram desenvolvidos satisfatoriamente ou se foi necessário retomar algum, bem como outras sugestões que possam levar à melhoria da prática de formação profissional e assegurar o desenvolvimento do trabalho com aprendizagens significativas para os jovens. Esta também poderá ser uma oportunidade de você rever sua prática como educador voluntário e, simultaneamente, colaborar para a permanente qualificação dos Cadernos. É um desafio-convite que lhe dirigimos, ao mesmo tempo em que o convidamos a ser co-autor da prática que aí vai sugerida.

## Características do caderno

Cada capítulo ou unidade possui algumas partes fundamentais, assim distribuídas:

**Página de apresentação do capítulo:** apresenta uma síntese do assunto e os objetivos a atingir, destacando o que os jovens devem saber e o que se espera que saibam fazer depois das aulas. Em síntese, focaliza a relevância do assunto dentro da área de conhecimento tratada e apresenta a relação dos saberes, das competências e habilidades que os jovens desenvolverão com o estudo da unidade.

A seguir, as aulas são apresentadas através de um breve resumo dos conhecimentos a serem desenvolvidos em cada aula. Sua intenção é indicar aos educadores o âmbito de aprofundamento da questão, sinalizando conhecimentos prévios e a contextualização necessária para o tratamento das questões da aula. No interior de cada aula aparece a seqüência de atividades, marcadas pela utilização dos ícones que seguem:



Indica, passo a passo, as atividades propostas para o educador. Apresenta as informações básicas, sugerindo uma forma de desenvolvê-las. Esta seção apresenta conceitos relativos ao tema tratado, imagens que têm a finalidade de se constituírem em suporte para as explicações do educador (por esse motivo todas elas aparecem em anexo num cd, para facilitar a impressão em lâmina ou a sua reprodução por recurso multimídia), exemplos das aplicações dos conteúdos, textos de apoio que podem ser multiplicados e entregues aos jovens, sugestões de desenvolvimento do conteúdo e atividades práticas, criadas para o estabelecimento de relações entre os saberes. No passo a passo, aparecem oportunidades de análise de dados, observação e descrição de objetos, classificação, formulação de hipóteses, registro de experiências, produção de relatórios e outras práticas que compõem a atitude científica frente ao conhecimento.



Indica a duração prevista para a realização do estudo e das tarefas de cada passo. É importante que fique claro que esta é uma sugestão ideal, que abstrai quem é o sujeito ministrante da aula e quem são os sujeitos que aprendem, a rigor os que mais interessam nesse processo.

Quando foi definida, só levou em consideração o que era possível no momento: o conteúdo a ser desenvolvido, tendo em vista o número de aulas e o plano de ensino da disciplina. No entanto você, juntamente com os jovens que compõem a sua turma, têm liberdade para alterar o que foi sugerido, adaptar as sugestões para o seu contexto, com as necessidades, interesses, conhecimentos prévios e talentos especiais do seu grupo.



O glossário contém informações e esclarecimentos de conceitos e termos técnicos. Tem a finalidade de simplificar o trabalho de busca do educador e, ao mesmo tempo, incentivá-lo a orientar os jovens para a utilização de vocabulário apropriado referente aos diferentes aspectos da matéria estudada. Aparece ao lado na página em que é utilizado e é retomado ao final do Caderno, em ordem alfabética.



Remete para exercícios que objetivam a fixação dos conteúdos desenvolvidos. Não estão computados no tempo das aulas, e poderão servir como atividade de reforço extraclasse, como revisão de conteúdos ou mesmo como objeto de avaliação de conhecimentos.



Notas que apresentam informações suplementares relativas ao assunto que está sendo apresentado.



Idéias que objetivam motivar e sensibilizar o educador para outras possibilidades de explorar os conteúdos da unidade. Têm a preocupação de sinalizar que, de acordo com o grupo de jovens, outros modos de fazer podem ser alternativas consideradas para o desenvolvimento de um conteúdo.



Traz as idéias-síntese da unidade, que auxiliam na compreensão dos conceitos tratados, bem como informações novas relacionadas ao que se está estudando.

Em síntese, você educador voluntário precisa considerar que há algumas competências que precisam ser construídas durante o processo de ensino-aprendizagem, tais como:

- conhecimento de conceitos e sua utilização;
- análise e interpretação de textos, gráficos, figuras e diagramas;
- transferência e aplicação de conhecimentos;
- articulação estrutura-função;
- interpretação de uma atividade experimental.

Em vista disso, o conteúdo dos Cadernos pretende favorecer:

- conhecimento de propriedades e de relações entre conceitos;
- aplicação do conhecimento dos conceitos e das relações entre eles;
- produção e demonstração de raciocínios demonstrativos;
- análise de gráficos;
- resolução de problemas;
- identificação de dados e de evidências relativas a uma atividade experimental;
- conhecimento de propriedades e relações entre conceitos em uma situação nova.

Como você já deve ter concluído, o Caderno é uma espécie de obra aberta, pois está sempre em condições de absorver sugestões, outros modos de fazer, articulando os educadores voluntários do Projeto Formare em uma rede que consolida a tecnologia educativa que o Projeto constitui. Desejamos que você possa utilizá-lo da melhor forma possível e que tenha a oportunidade de refletir criticamente sobre eles, registrando sua colaboração e interagindo com os jovens de seu grupo a fim de investirmos todos em uma educação mais efetiva e na formação de profissionais mais competentes e atualizados para os desafios do mundo contemporâneo.

GIPE – Gestão e Inovação em Projetos Educativos

## Introdução

A soldagem está ligada às mais importantes atividades industriais que existem no mundo moderno.

Como qualquer outro processo de fabricação, a soldagem está em constante avanço, em decorrência dos progressos obtidos nas áreas da física, química, eletricidade, eletrônica, metalurgia, resistência dos materiais e ensaios mecânicos.

Os processos de soldagem são largamente utilizados nas indústrias metal-mecânica, para a fabricação ou manutenção de equipamentos. Por isso, o conhecimento dos conceitos, técnicas, materiais e equipamentos, bem como os riscos durante operação e manuseio, são imprescindíveis a todo bom profissional dessa área.

O estudo da soldagem industrial está baseado no desenvolvimento de conceitos iniciais relativos a este processo de fabricação, com vistas a favorecer a construção do conhecimento por meio de embasamento técnico para o exercício da prática da soldagem.

Este caderno tem a proposta de apresentar ao educador subsídios para desenvolver os conceitos teóricos iniciais da soldagem industrial. Em vista disso, apresenta o conceito de solda, suas aplicações e os equipamentos utilizados neste processo, salientando sempre condições de manuseio que preservem a saúde do trabalhador.

Serão estudados os vários processos de soldagem em suas características básicas e funcionamento, destacando a soldagem por fusão a arco (eletrodo revestido, TIG, plasma, MIG/MAG, eletrodo tubular e arco submerso) e por pressão a resistência elétrica (pontos e costura).

Para que o aprendiz tenha condições de iniciar o desenvolvimento da habilidade de soldador, serão sugeridas tarefas que abordem os vários processos de soldagem.

Ainda, tendo em vista as necessárias condições de segurança e eficiência do trabalho de soldador, será apresentada a norma ABNT NBR 5874, que trata das especificações de soldas, principalmente as mais utilizadas, como topo, sobrepostas e em ângulo.



# Sumário

## 1 Soldagem

<b>Primeira Aula</b>	
Conceito .....	17
Aplicações .....	18
<b>Segunda Aula</b>	
Equipamentos .....	18
Cuidados necessários na área de soldagem .....	19
<b>Terceira Aula</b>	
Processos de soldagem .....	20
Soldagem por fusão a arco .....	20
Eletrodo revestido .....	20
TIG .....	21
Plasma .....	21
<b>Quarta Aula</b>	
MIG/MAG .....	23
Eletrodo tubular .....	23
Arco submerso .....	24
<b>Quinta Aula</b>	
Soldagem por pressão .....	25
Soldagem por costura .....	25
<b>Sexta Aula</b>	
Simbologia e especificação de soldas .....	26
Norma ABNT NBR 5874 .....	26

## 2 Prática de Soldagem

<b>Primeira Aula</b>	
Equipamento de proteção individual .....	31
Perigos ocupacionais .....	31
<b>Segunda Aula</b>	
Máquinas de solda e eletrodos .....	34
Máquinas de solda: funcionamento, regulagem e manutenção .....	34
Eletrodos: tipos, nomenclatura e conservação .....	36
<b>Terceira Aula</b>	
Preparação de juntas .....	39
<b>Quarta e Quinta Aulas</b>	
Prática de preparação de juntas .....	40
<b>Sexta Aula</b>	
Demonstração de soldagem na posição horizontal .....	41
Prática de soldagem na posição horizontal .....	41
<b>Sétima Aula</b>	
Execução de cordão de solda horizontal .....	42
<b>Oitava à Décima Aula</b>	
Exercícios de soldagem: cordão de solda horizontal .....	42

<b>Décima Primeira à Décima Quarta Aula</b>	
Demonstração de soldagem na posição vertical .....	<b>43</b>
Exercícios de soldagem: cordão de solda vertical .....	<b>43</b>
<b>Décima Quinta à Décima Oitava Aula</b>	
Execução de solda em componentes .....	<b>44</b>
<b>Décima Nona Aula</b>	
Revisão de aprendizagens e troca de experiências .....	<b>44</b>
<b>3 Qualidade de Soldas</b>	
<b>Primeira Aula</b>	
Procedimentos e indicadores para qualificação de soldadores .....	<b>50</b>
<b>Segunda Aula</b>	
Visita ao setor de qualidade da empresa .....	<b>53</b>
<b>Terceira Aula</b>	
Defeitos de soldagens .....	<b>55</b>
<b>Quarta Aula</b>	
Principais ensaios mecânicos de soldas: ensaios destrutivos .....	<b>61</b>
<b>Quinta Aula</b>	
Principais ensaios mecânicos de soldas: ensaios não destrutivos .....	<b>67</b>
<b>Sexta Aula</b>	
Visita ao laboratório da fábrica .....	<b>72</b>
<b>Sétima Aula</b>	
Avaliação teórica .....	<b>72</b>
<b>Oitava Aula</b>	
Avaliação prática .....	<b>75</b>
<b>Exercícios</b> .....	<b>77</b>
<b>Gabarito dos exercícios</b> .....	<b>83</b>
<b>Glossário</b> .....	<b>87</b>
<b>Referências</b> .....	<b>89</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>91</b>

# 1 Soldagem

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos relacionados a uma junta soldada, bem como os tipos de juntas, as características dos principais processos de soldagem e os equipamentos necessários para realização da solda. É imprescindível a vivência da prática destes processos, para que o aprendiz saiba fazer coisas diferentes a partir do conhecimento desenvolvido, tais como preparar uma junta, ou escolher os materiais e equipamentos para a realização de uma solda de qualidade. A habilidade de um soldador é adquirida com o exercício da profissão, com o fazer, mas esta não está isolada da necessidade de possuir uma sólida base teórica.

## Objetivos

- Conceituar soldagem;
- Compreender o mecanismo da solda e os elementos relacionados no processo de soldagem;
- Conhecer os principais métodos de soldagem;
- Relacionar os diferentes métodos de soldagem com os equipamentos utilizados;
- Conhecer os riscos à saúde do trabalhador nos processos de soldagem;
- Interpretar as especificações de soldas segundo a norma ABNT NBR 5874.



# Primeira Aula

Nesta aula, serão estudados os primeiros conceitos relativos à soldagem. Os jovens devem aprender como ocorre a soldagem entre duas chapas metálicas e quais elementos são necessários para a realização da mesma.



## Passo 1 / Aula teórica



15min

### Conceito

Soldagem é o processo de união de materiais usado para obter a **coalescência** localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou **material de adição**.



#### Coalescência

União de partes que se encontravam separadas.

#### Material de adição

Metal a ser fundido e adicionado à junção soldada.

#### Fusão

Passagem do estado sólido para o estado líquido ou fundido.

Observe duas peças unidas por soldagem.

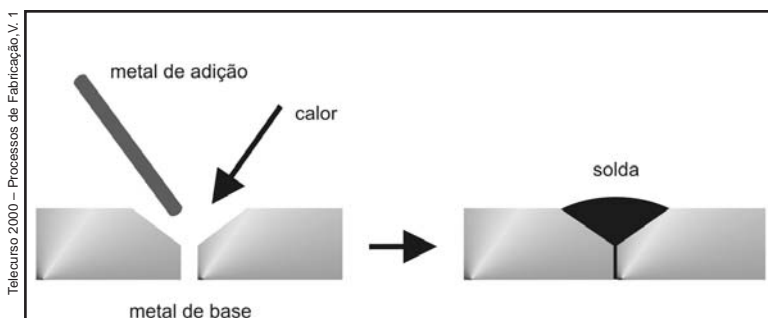


Fig. 1 – Processos de soldagem.



Lembrar de diferentes maneiras possíveis de unir duas partes de materiais. Iniciar com a simples cola, fazer analogia entre a colagem de papéis, papelões, com a soldagem de chapas. Comentar que há outras formas de unir metais por meio de rebites, parafusos. Chamar a atenção do jovem para a vantagem da solda em relação a esses métodos.

A vantagem da soldagem em relação a outras técnicas de união de materiais é a possibilidade de obter uma união em que os materiais têm uma continuidade não só na aparência externa, mas também nas suas características e propriedades mecânicas e químicas, relacionadas à sua estrutura interna.

O calor é necessário porque grande parte dos processos de soldagem envolve a **fusão** dos materiais, ou do material de adição, no local da solda. Mesmo quando se

usa pressão e, às vezes, o ponto de fusão não é atingido, o aquecimento facilita a plasticidade do metal e favorece a ação da pressão para a união dos metais.

## Aplicações

Os processos de soldagem são utilizados para fabricar produtos e estruturas metálicas, aviões e veículos espaciais, navios, veículos rodoviários e ferroviários, pontes, prédios, oleodutos, gasodutos, plataformas marítimas, reatores nucleares, trocadores de calor, utilidades domésticas, componentes eletrônicos etc. A soldagem também tem grande aplicação em manutenção industrial.



### Passo 2 / Observação



35min

Realizar uma visita na área industrial ou trazer para a sala objetos que possibilitem aos jovens perceberem as diversas formas através das quais os metais podem ser unidos. Mostrar juntas rebitadas, parafusadas e principalmente a união por soldas. Examinar o acabamento no processo de soldagem, destacar que, conforme a qualidade da solda realizada, nem é possível distinguir a peça da solda. Este é o caso de peças que, após a operação de soldagem, recebem acabamento da junta soldada.

Ao retornarem para a classe, finalizada a exposição, peça que aos jovens que dêem exemplos de peças soldadas por rebite, por parafuso e por solda, indicando os traços de acabamento de cada uma delas.

## Segunda Aula

Nesta aula, os jovens conhecerão os equipamentos utilizados e perceberão os cuidados necessários durante os processos de soldagem.



### Passo 1 / Aula teórica



15min

## Equipamentos

Existem vários tipos de equipamentos utilizados na soldagem. Quando ela ocorre por eletrodo revestido,

por exemplo, utiliza-se uma máquina de solda, eletrodos, grampo de retorno, cabo, picadeira, escova de fios de aço e equipamentos de proteção individuais, ou EPIs.



EPI

Sigla que indica equipamento de proteção individual tais como: aventais, luvas, perneiras (raspas de couro ou aluminizadas), máscaras protetoras, botas de segurança, óculos de segurança.



Fig. 2 – EPIs de um soldador.



Os equipamentos relacionados a cada processo serão conhecidos nas aulas práticas, quando os aprendizes estiverem se apropriando da habilidade e das técnicas de soldagem.

## Cuidados necessários na área de soldagem

Os cuidados que devem ser tomados na área de soldagem são muitos. Os principais estão relacionados à radiação, à corrente elétrica e à emissão de gases.

Quanto à radiação, o processo de soldagem emite dois tipos: a infravermelha (calor) e a ultravioleta (luz).

Ambas são nocivas ao corpo humano, já que o calor pode causar queimaduras e desidratação e a luz expõe a problemas de visão. Também a corrente elétrica apresenta o risco de choques, caso o operador não esteja bem protegido ou desconheça o manuseio adequado do equipamento.

Outro problema é o risco de inalação de fumos metálicos e gases nocivos, devido à vaporização de muitos metais pesados oriundos das altas temperaturas na região da solda. Para evitá-lo, é importante a utilização de máscara.



**Passo 2 / Atividade prática**



35min

## Feira de EPIs

Em uma bancada, o educador pode reunir a maior variedade possível de EPIs utilizados pelos soldadores, organizando uma mostra. É imprescindível que estejam

expostas: luvas de raspa de couro, avental de raspa de couro ou aluminizado, mangas e ombreiras de raspa de couro, touca para proteção da cabeça e pescoço, botinas de segurança com biqueira de aço, perneira com polainas, máscara ou escudo de proteção facial com lentes de proteção contra radiação e máscaras respiratórias. Os objetos serão manuseados livremente pelos jovens e, em diferentes manifestações, eles serão estimulados a inferir a respeito da necessidade de sua utilização.



Um soldador antigo da empresa, que conheça bem a profissão e a importância do uso dos EPIs, poderá ser convidado para esta atividade, apresentando-se devidamente paramentado. Ele apresentará cada EPI, mostrará a sua aplicação, o uso correto, e destacará a importância dos equipamentos de proteção individual à saúde do soldador.

## Terceira Aula

Nesta aula, serão abordados os conceitos teóricos relativos aos processos de soldagem, a serem vivenciados na prática pelos aprendizes. É importante que apreendam os conceitos fundamentais e façam distinção entre os diversos processos de soldagem.



### Passo 1 / Aula teórica



30min

## Processos de soldagem

Os processos de soldagem classificam-se, basicamente, em processos por  *fusão a arco*  e por  *pressão a resistência elétrica* .

### Soldagem por fusão a arco

#### Eletrodo revestido

Dentre os diferentes processos de soldagem, a fusão a arco com eletrodo revestido é o mais utilizado e foi o primeiro a ser desenvolvido. Consiste na soldagem por fusão em que a fonte de calor é gerada por um arco elétrico, formado entre um  **eletrodo**  e a peça a ser soldada.

O arco de soldagem é formado quando uma corrente elétrica passa entre uma barra de metal, que é o eletrodo e pode corresponder ao pólo negativo (ou catodo), e o metal de base, que pode corresponder ao pólo positivo (ou ânodo).



#### Eletrodo

Eletrodo é constituído de um núcleo metálico chamado alma, que pode ser ou não da mesma natureza do metal-base, pois é possível que o revestimento, entre outras coisas, complemente sua composição química.

Para dar origem ao arco, é necessária uma diferença de potencial entre o eletrodo e a peça. O metal fundido do eletrodo é transferido para a peça, formando uma poça de fusão. Esta é protegida da atmosfera por gases, formados pela combustão do revestimento do eletrodo<sup>1</sup>.

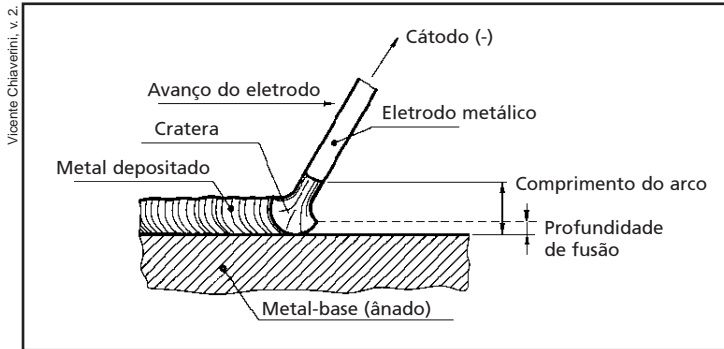


Fig. 3 – Soldagem por fusão a arco.

## TIG

O processo TIG (*Tungsten Inert Gas*) refere-se ao processo de soldagem a arco elétrico, com ou sem metal de adição, que usa um eletrodo não-consumível de tungstênio envolto numa cortina de gás protetor.

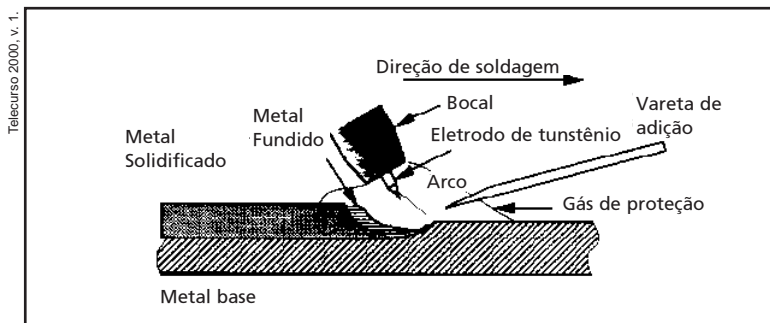


Fig. 4 – Processo TIG.

## Plasma

Embora o arco voltaico seja um plasma, somente um dos processos recebe o nome de soldagem plasma. A particularidade que levou a esta designação é o fato de o calor chegar até a peça sem a existência de um arco conectado a ela. O arco existente é estabelecido dentro de uma tocha, entre um eletrodo de tungstênio e um bocal de cobre que o circunda. O processo consiste em provocar, numa coluna de gás (pode ser argônio), com o auxílio de um arco elétrico, o aumento de temperatura até que os impactos entre as moléculas de gás



<sup>1</sup> Quando em presença de uma tensão elétrica, os elétrons de um condutor, chamados de elétrons livres, assumem um movimento ordenado, ao qual se dá o nome de corrente elétrica. A diferença de potencial entre dois pontos de um circuito elétrico, a voltagem, é relativamente baixa entre os eletrodos, para corrente contínua, de 40 a 50 volts, e para corrente alternada, de 50 a 60 volts.

promovam, entre si, certo grau de ionização. O fluxo de argônio é forçado para dentro da tocha e se ioniza continuamente ao passar pelo arco, tornando-se plasma e carreando calor para a peça a ser soldada. Esta é uma das versões do processo plasma, denominada *arco não transferido*. A versão *arco transferido* utiliza um segundo arco, estabelecido entre o eletrodo e a peça.

**Educador**, para aprofundar o conhecimento sobre estes processos de soldagem, sugere-se consulta ao livro *Soldagem, Processos e Metalurgia*, de Emílio Wainer (dados bibliográficos indicados nas referências no final do caderno).



## Passo 2 / Exercício



20min

### Quadro comparativo

Realizar um quadro comparativo entre os três processos vistos nesta aula. O quadro deverá contemplar os seguintes itens:

- Nome do processo;
- Tipo de processo (fusão ou pressão) com ou sem material de adição;
- Tipo de eletrodo;
- Tipo de gás;
- Breve descrição do processo, indicando modo de fazer, aplicações especiais, principais indicações e benefícios, cuidados, etc.

**Educador**, se o tempo for insuficiente, sugere-se a conclusão como tarefa de casa. A atividade também poderá dividir a turma em 3 grupos e sugerir a retomada mais aprofundada de cada processo. Ao final, em grande grupo, farão a montagem de um painel comparativo, onde serão destacadas as aplicações preferenciais e as menos aconselhadas para cada uma das soldagens.

## Quarta Aula

Esta aula dá continuidade à apresentação dos processos de soldagem iniciados na aula anterior.



### Passo 1 / Aula teórica



20min

#### MIG/MAG

MIG/MAG são processos de soldagem por fusão que utilizam o calor de um arco elétrico formado entre um eletrodo metálico consumível e a poça. O arco e a poça de fusão são protegidos contra a contaminação pela atmosfera por um gás ou uma mistura de gases. MIG significa *Metal Inert Gas* e MAG *Metal Active Gas*. Nestes processos, o eletrodo não tem revestimento e é alimentado mecanicamente. O processo MIG é usado na soldagem de **materiais ferrosos** e o MAG na soldagem de materiais não-ferrosos, como o alumínio, cobre, níquel, magnésio e respectivas ligas.



#### Materiais ferrosos

Materiais que apresentam o ferro na sua constituição, tais como aços e ferros fundidos.

#### Eletrodo tubular

Basicamente, o processo de soldagem com eletrodos tubulares é o mesmo que o MIG/MAG e utiliza os mesmos equipamentos do eletrodo sólido. Algumas diferenças situam-se em relação ao seu desempenho em termos de produtividade, características de soldagem e integridade do metal de solda. Na soldagem com eletrodos tubulares, são empregados invólucros metálicos com um pó em seu interior em vez dos eletrodos sólidos que unem metais ferrosos no processo MIG/MAG. O fluxo em seu interior pode conter minerais, ferroliga e materiais que forneçam gases desoxidantes e materiais formadores de escória. Os ingredientes do fluxo promovem estabilidade ao arco, influenciando as propriedades mecânicas do metal de solda, bem como o perfil da solda. Muitos eletrodos tubulares são desenvolvidos para serem usados com uma proteção externa adicional. Os gases ricos em CO<sub>2</sub> são os mais comuns. O metal de solda pode ser depositado a taxas de deposição maiores, e os cordões de solda podem ser mais largos e com melhor perfil do que os produzidos com eletrodos sólidos, mesmo tendo como gás de proteção o CO<sub>2</sub>.

## Arco submerso

O processo de soldagem a arco submerso acontece entre os metais por aquecimento e fusão obtidos de um arco elétrico, estabelecido entre um eletrodo metálico, sem revestimento, e a peça que se quer soldar. A diferença deste para os outros métodos é que o arco se forma sob uma camada protetora de material granular, ou seja, em forma de grãos, chamada de fluxo, que é colocada sobre a região da solda. Essa proteção impede a contaminação da solda pela atmosfera. As principais vantagens são: o rendimento, pois praticamente não há perda por respingos, e a alta taxa de deposição. É um processo rápido, pois exige apenas um terço do tempo normalmente necessário para outros processos, e econômico, graças a sua alta produtividade.



### Passo 2 / Visita aos processos na empresa



30min

A fim de se familiarizarem com os processos de soldagem vistos nesta aula, sugere-se uma visita aos processos descritos acima. Durante a visita, o educador poderá esclarecer dúvidas e aprofundar conhecimentos. Entrevistas a soldadores experientados podem auxiliar, motivar e contextualizar as aprendizagens.

É importante lembrar sempre o agendamento prévio das visitas, deixando tudo organizado com as pessoas que serão envolvidas nas atividades fora da sala de aula. Também convém recomendar que os jovens façam perguntas e inferências e anotem suas conclusões, de modo a poderem retomá-las quando estiverem em classe.

**Educador**, providencie, para a próxima aula, o equipamento e o vídeo "Versatilidade, ainda que tardia" do Telecurso 2000, Processos de Fabricação, volume 1, aula 18.

## Quinta Aula

Nesta aula iniciam-se os processos de soldagem por pressão: a solda ponto e por costura, com vistas a estabelecer semelhanças e diferenças entre os processos por fusão e por pressão.



## Soldagem por pressão

### Solda ponto

Neste processo de soldagem, as superfícies são unidas por um ou mais pontos pelo calor gerado pela resistência à corrente elétrica, que passa através das peças mantidas em contato por pressão. Essa região é aquecida por um reduzido espaço de tempo, enquanto dura a passagem da corrente. Os eletrodos são afastados da superfície depois que se obtém cada ponto.

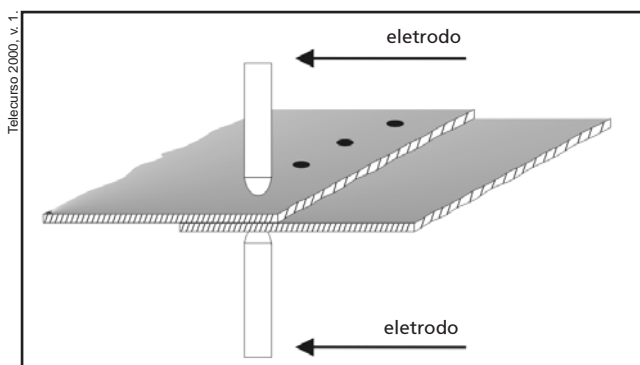


Fig. 5 – Soldagem por pressão.

### Soldagem por costura

Dois eletrodos circulares, ou um eletrodo circular e outro em barra, transmitem a corrente combinada com a pressão e produzem uma costura de solda, que consiste em uma série de pontamentos sobrepostos. A série de pontos de solda é obtida sem a retirada dos eletrodos, embora também seja possível avançar os eletrodos de forma intermitente.

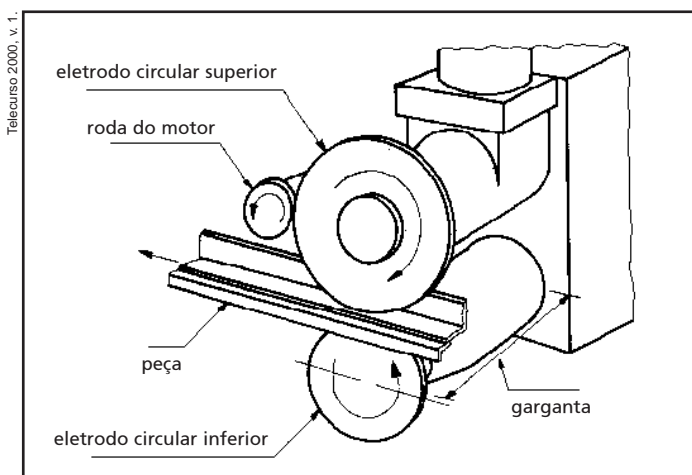


Fig. 6 – Soldagem por costura.



## Passo 2 / Vídeo



30min

Apresentar o vídeo do Telecurso 2000, Processos de fabricação, volume 1, aula 18, com o título "Versatilidade, ainda que tardia". No vídeo, os jovens poderão ver os processos acontecendo, além de obterem informações adicionais sobre os mesmos, reforçando com comentários o que foi aprendido nos encontros anteriores.

O benefício do vídeo está na possibilidade de parar sempre que necessário, retroagir, refazer percursos simultaneamente aos comentários. Caso não haja disponibilidade do vídeo, rememorar a visitação anterior ou voltar com os jovens para o chão de fábrica, focalizando agora os processos de soldagem. Nesse caso, não deixe de combinar antecipadamente o foco da visitação com o responsável pelo setor.

## Sexta Aula

O objetivo desta aula é mostrar a simbologia utilizada na soldagem, a qual tem como objetivo padronizar as representações de soldas e tipos de juntas nos desenhos mecânicos. O jovem deve conhecer e interpretar cada tipo de junta.



## Passo 1 / Aula teórica



15min

### Simbologia e especificação de soldas Norma ABNT NBR5874

A NBR 5874 indica a terminologia que tem por finalidade definir os termos e expressões técnicas usadas em soldagem elétrica. Dentre essas expressões, estão os tipos de **juntas** utilizadas em soldagem.

A seguir são mostrados os tipos de juntas mais comuns.



#### Junta

Região onde duas ou mais peças serão unidas por soldagem. Podemos ter: junta de topo, sobrepostas e em ângulo.

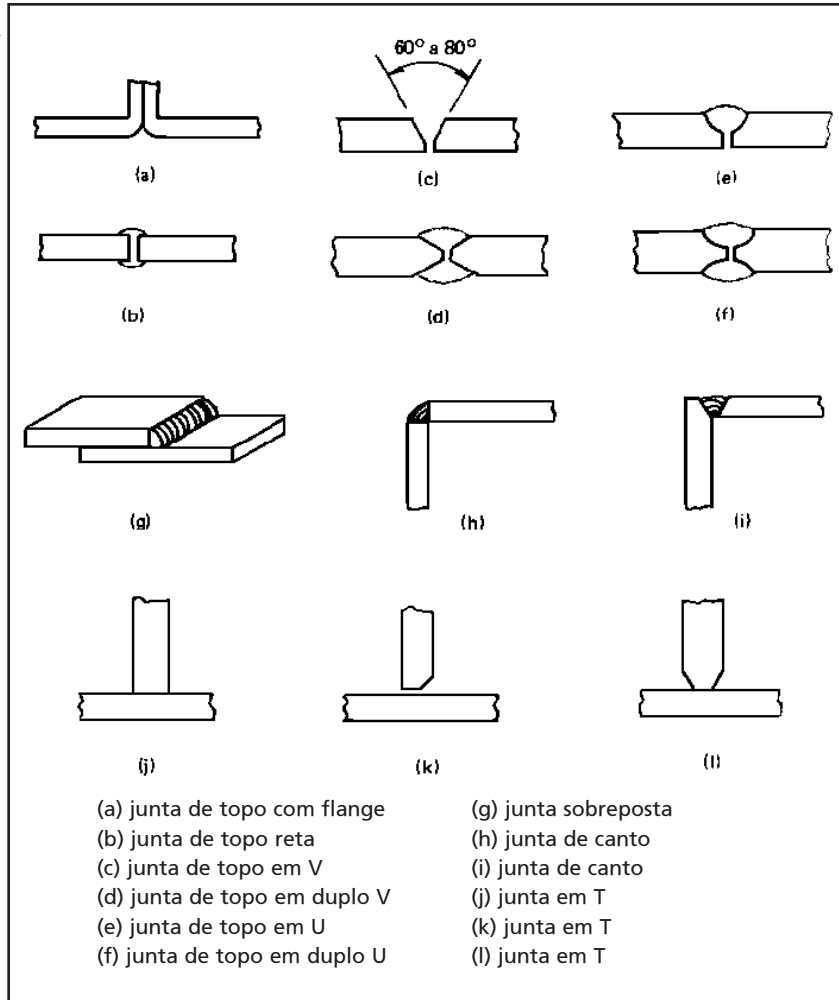


Fig. 7 – Tipos de juntas.



A figura acima, mostrada no retroprojetor, possibilitará maior familiaridade com os diferentes tipos de junta. Também a apresentação de algumas peças para exame possibilita melhor visualização. A consulta à norma ABNT NBR 5874 poderá familiarizar os jovens com as normas técnicas.



## Passo 2 / Atividade prática



35min

Para exercitar as aprendizagens sobre juntas, providencie sabão em barra, isopor, massa de modelar ou argila e proponha que os jovens, com o auxílio de um estilete, preparem diferentes tipos de juntas. Cuide para que todos tenham material de trabalho e proponha uma aula descontraída, onde possam comentar a respeito das juntas enquanto as constroem.

**Educador,** há um questionário proposto sobre este capítulo no final do caderno. Você poderá executá-lo em sala de aula ou solicitar que o mesmo seja realizado em casa.



## 2 Prática de Soldagem

No capítulo anterior os jovens aprenderam os conceitos iniciais referentes a vários processos de soldagem industrial. Entretanto, apenas a teoria não permite um conhecimento integral de uma área do conhecimento, o ideal é aliá-la à prática.

Neste capítulo, a partir de orientações e demonstrações do educador, executará soldagem a arco (eletrodo revestido) de chapas e peças metálicas, de acordo com critérios e padrões normatizados de segurança e qualidade.

É importante que, durante o processo de aprendizagem, eles observem soldadores experientes realizando soldagens na área industrial para, num segundo momento, receberem instruções relativas à técnica de soldagem.

Salientam-se os cuidados em relação à segurança e saúde dos aprendizes e a correta utilização dos EPIs.

### Objetivos

- Desenvolver habilidade prática no processo de soldagem a arco com eletrodo revestido;
- Conhecer os equipamentos de proteção individual (EPI) e sua utilização;
- Regular as máquinas de solda e conhecer a sua manutenção;
- Conhecer os tipos de eletrodos revestidos e sua conservação;
- Executar cordões de solda horizontais e verticais e soldagem de componentes;
- Desenvolver a percepção na observação de profissionais da área de soldagem;
- Registrar e relatar procedimentos a respeito das técnicas aprendidas.



# Primeira Aula

Os jovens já conhecem alguns EPIs usados pelos soldadores no capítulo anterior. Nessa aula, eles devem aprender as funções, tipos e utilização dos EPIs, além das formas de usá-los. Vão também experimentá-los, pois, no momento da prática, obrigatoriamente deverão estar familiarizados com eles.



## Passo 1 / Aula teórico-prática



25min

### Equipamento de proteção individual

Equipamento de proteção individual é o que se destina à proteção do operador. Consiste, no caso mais simples, de:

- capacete equipado com filtros protetores contra radiação;
- roupas para proteção do corpo, incluindo aventais, jaquetas, mangotes, luvas, polainas e gorros;
- sapatos industriais.



Fig. 1 – Máscara com filtro.

A seleção de filtros de proteção depende dos parâmetros de soldagem, sendo recomendados os seguintes números:

Diâmetro do eletrodo (mm)	Número do filtro
1,6 a 4,0	10
4,0 a 6,4	12
6,4 a 9,5	14

Tabela 1 – Escolha do número do filtro dos protetores contra radiação em função do diâmetro do eletrodo utilizado.

### Perigos ocupacionais

Como todas as técnicas de soldagem elétrica, o processo com eletrodo revestido oferece um número de **perigos ocupacionais bastante sérios**. Por isso, é fundamental que os jovens sejam alertados para os procedimentos que seguem:

- É responsabilidade do projetista da fonte limitar a tensão em aberto a um mínimo praticável, promover o isolamento interno adequado e garantir contra o superaquecimento sob as condições previstas de uso.
- Dispositivos para locomoção manual e para içamento do conjunto devem ser também previstos pelo projetista.
- É responsabilidade do usuário certificar-se de que a ligação ao suprimento elétrico está efetuada corretamente por um técnico electricista qualificado. É necessário que a fonte seja aterrada através de um único terminal, que deverá ser utilizado somente para este fim, para que nenhuma parte exposta venha a ser acidentalmente energizada.
- Ambos os cabos de interligação devem ser dimensionados corretamente para a aplicação pretendida. Quaisquer conexões no circuito de solda devem ser realizadas antes da ligação da fonte, executando-se somente as operações de troca de eletrodos.
- O isolamento elétrico de todos os cabos deve ser sempre garantido, realizando-se no mínimo uma inspeção visual antes da soldagem. Cabos danificados precisam ser trocados. O cabo terra deve sempre ser o mais curto possível e de especificação igual a do cabo porta-eletrodos.
- Partes estranhas, como tiras metálicas, tubos ou qualquer outra ligação metálica, além do próprio cabo, não devem ser utilizadas.
- A pinça de contato deve estar o mais próximo do chanfro de solda.
- Tanto o eletrodo como a peça a ser soldada não deverão estar conectados ao cabo terra da rede.
- Sempre que possível, a peça será aterrada em uma ligação independente e isolada de qualquer contato com terminais energizados ou outros aterramentos.



Fig. 2 – Soldador com EPIs.

Uma desvantagem do processo com eletrodo revestido é o volume de fumos gerado, um dos maiores entre todos os processos de soldagem.

Os fumos são originados da decomposição do revestimento, da vaporização de elementos metálicos e da decomposição de impurezas superficiais no metal-base. Há suspeitas de que esses fumos metálicos sejam cancerígenos devido à presença do cromo hexavalente (CrVI), motivo pelo qual recomenda-se seguir rigorosamente os cuidados de uso.



## Passo 2 / Aula prática



25min

### Usando os EPIs

Os jovens utilizarão todos os EPIs quando em aula prática ou no desempenho futuro da profissão. Eles precisam vestir o equipamento inúmeras vezes para desenvolver a coordenação motora, pois quem não está acostumado tem movimentos e visão dificultados devido aos óculos escuros ou máscaras com viseiras para bloquear a luz ultravioleta. É importante que, antes de executarem cordões de solda, eles tenham essa percepção.

Conforme a disponibilidade de EPIs, este espaço deve ser utilizado para a sua experimentação.

## Segunda Aula

Nesta aula o jovem conhecerá a máquina de solda e os acessórios necessários à realização de soldagem a arco com eletrodo revestido. Também terá noções do seu funcionamento e regulagem, conhecendo os tipos de eletrodos e sua classificação.



## Passo 1 / Aula teórica



50min

### Máquinas de solda e eletrodos

**Educador,** é importante que os equipamentos e acessórios sejam mostrados junto com a descrição dos mesmos, o que facilita o aprendizado do jovem.



Amplie e projete as ilustrações, dando mais dinamismo à aula. Sugere-se que os jovens sejam orientados a fazer perguntas e a anotar a respeito dos conteúdos tratados. Você poderá distribuir o texto anexo aos jovens, o que possibilitará que complementem suas anotações e sistematizem suas aprendizagens.

## Máquina de solda

O equipamento de soldagem consiste na fonte de energia, no porta-eletrodos (tenaz), nos cabos e conexões.

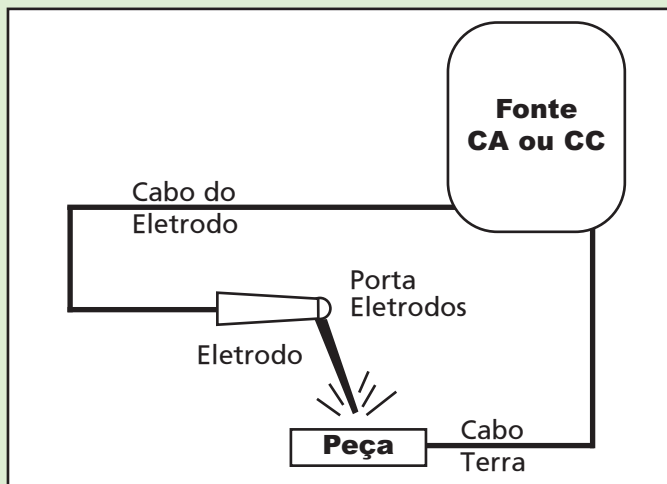


Fig. 3 – Representação esquemática da soldagem.



Fig. 4 – Acessórios para soldagem.



Fig. 5 – Máquina de solda.

## Funcionamento e regulagem da máquina de solda

O **porta-eletrodos** (ou tenaz) conecta o cabo de solda e conduz a corrente de soldagem até o eletrodo. O punho isolado é usado para guiar o eletrodo sobre a junta de solda e alimentá-lo até a poça de fusão, à medida que ele é consumido.

O **terminal terra** é utilizado para conectar o cabo terra à peça. Pode ser conectado diretamente à peça ou à bancada ou dispositivo ao qual a peça está posicionada.

O **cabo do eletrodo** e o cabo terra são partes importantes do circuito de soldagem. Eles devem ser muito flexíveis e ter um bom isolamento, resistente ao calor.

**As conexões** no porta-eletrodo, o terminal terra e os terminais da fonte de energia devem ser soldados ou bem prensados para assegurar baixa resistência elétrica.

**As ferramentas de limpeza** são a picadeira, a escova de aço, a escova rotativa, a lixadeira e a maquina.

A soldagem com eletrodos revestidos pode empregar tanto corrente alternada (CA) quanto corrente contínua (CC), porém, em qualquer caso, a fonte selecionada deve ser do tipo corrente constante. Esse tipo de fonte fornecerá uma corrente de soldagem relativamente constante, independentemente das variações do comprimento do arco causadas pelas oscilações da mão do soldador.

A corrente de soldagem determina a quantidade de calor proveniente do arco elétrico e, desde que ele permaneça relativamente constante, os cordões de solda serão uniformes em tamanho e em forma.

A **tensão em vazio** do equipamento de soldagem deve ficar preferencialmente na faixa de 50 V a 100 V. Quanto maior for a tensão em vazio, maior será a facilidade de abertura do arco.

Os transformadores fornecem somente corrente alternada. Os retificadores transformam a corrente alternada da rede em corrente contínua disponível para a soldagem. Os geradores podem fornecer corrente contínua ou corrente alternada. Os inversores fornecem corrente contínua e podem ser portáteis.

O emprego de uma fonte CA, CC ou CC/CA depende do tipo de soldagem a ser realizada e dos eletrodos utilizados. Os seguintes fatores devem ser considerados:

**Seleção do eletrodo** – o uso de uma fonte CC permite o emprego de uma faixa maior de tipos de eletrodos. Enquanto a maioria dos eletrodos é designada para ser utilizada com CC ou CA, alguns só funcionarão apropriadamente com CC.

**Espessura do metal de base** – fontes CC podem ser utilizadas para a soldagem tanto de seções espessas quanto de peças finas. Chapas finas são soldadas mais facilmente com CC, porque é mais fácil abrir e manter o arco a níveis baixos de corrente.

**Distância à peça** – se a distância entre a peça e a fonte for grande, CA é a melhor escolha, visto que a queda de tensão pelos cabos é menor que CC. Mesmo que os cabos sejam fabricados em cobre ou em alumínio (ambos bons condutores), a resistência neles torna-se maior quando seu comprimento aumenta. Em outras palavras, uma leitura de tensão tomada entre o eletrodo e a peça será bem menor do que a leitura tomada nos terminais de saída da fonte. Esse fenômeno é conhecido como queda de tensão.

**Posição de soldagem** – como CC pode ser operada a correntes de soldagem mais baixas, é mais adequado para a soldagem nas posições "sobre cabeça" e vertical que a soldagem com CA. Esse tipo de corrente pode ser empregada para a soldagem fora de posição, caso sejam selecionados eletrodos adequados.

**Sopro magnético** – quando se solda com CC, campos magnéticos são originados através da solda. Em soldas que apresentam variações na espessura e formas irregulares, esses campos magnéticos podem afetar o arco, tornando-o fora de controle em termos de direção. Essa condição é especialmente incômoda quando se soldam cantos. CA raramente causa esse problema por causa do campo magnético com rápida reversão produzido.

Combinações de fontes que produzam CA e CC estão disponíveis e proporcionam a versatilidade necessária para selecionar a corrente de soldagem adequada para a aplicação.

Quando se emprega uma fonte CC aparece a questão do uso da polaridade negativa ou positiva.



**Tensão em vazio** – Tensão entre os terminais de saída de uma máquina de soldadura, quando não existe fluxo de corrente no circuito.

O eletrodo no pólo negativo (CC-) produz soldas com menor penetração; no entanto, a taxa de fusão do eletrodo é alta. O cordão de solda é largo e raso. Por sua vez, o eletrodo no pólo positivo (CC+) produz soldas com maior penetração e um cordão de solda mais estreito.

## Manutenção da máquina de solda

- É apenas necessário limpá-la internamente pelo menos uma vez por mês com ar comprimido sob baixa pressão, seco e isento de óleo.
- Após a limpeza com ar comprimido, verificar o aperto das conexões elétricas e a fixação dos componentes.
- Verificar a existência de rachaduras na isolação de fios ou cabos elétricos, inclusive de soldagem, ou em outros isolantes e substituí-los se defeituosos.

## Eletrodos

Eletrodos revestidos para **aços carbono** consistem de apenas dois elementos principais: a alma metálica, normalmente de aço de baixo carbono, e o revestimento. A alma metálica contém alguns elementos residuais, porém os teores de fósforo e enxofre devem ser muito baixos para evitar fragilização no metal de solda. A matéria-prima para a alma metálica é um **fio-máquina laminado** a quente na forma de bobinas, que é posteriormente **trefilado** a frio até o diâmetro adequado do eletrodo, retificado e cortado no comprimento adequado. A alma metálica tem as funções principais de conduzir a corrente elétrica e fornecer metal de adição para a junta.



Fig. 6 – Eletrodos de solda.

Os ingredientes do **revestimento**, dos quais existem literalmente centenas para livre escolha, são cuidadosamente pesados, misturados a seco – mistura seca – e então é adicionado o silicato de sódio e/ou potássio – mistura úmida – que é compactada em um cilindro e alimentada à prensa extrusora. O revestimento é extrudado sobre as varetas metálicas que são alimentadas através da prensa extrusora a uma velocidade muito alta. O revestimento é removido da extremidade do eletrodo – a ponta de pega – para garantir o contato elétrico, e também da outra extremidade, para assegurar uma abertura de arco fácil.

## Tipos de eletrodos

### Celulósico

O revestimento celulósico apresenta as seguintes características:

- tem elevada produção de gases, resultantes da combustão dos materiais orgânicos (principalmente a celulose);
- gera principalmente os seguintes gases: CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (vapor);
- não devem ser ressecados;



**Aços carbono** – São ligas de ferro e carbono com até 2% de carbono e mais elementos residuais como enxofre, manganês, fósforo e silício. Podem conter elementos de liga.

**Fio-máquina** – Produto obtido pelo processo de laminação destinado à produção de arames e fios por trefilação.

**Laminado** – É um produto que passou pelo processo de laminação, como, por exemplo, chapas e fio-máquina. O processo de laminação consiste em passar um tarugo de aço entre dois cilindros laminadores com o objetivo de diminuir sua espessura e aumentar o seu comprimento.

**Trefilado** – É um produto que passou pelo processo de trefilação, como, por exemplo, arames. O fio-máquina é forçado a passar pela trefila, que diminui o diâmetro do mesmo até torná-lo um arame.

- a atmosfera redutora formada protege o metal fundido;
- o alto nível de hidrogênio no metal de solda depositado impede o uso em estruturas muito restritas ou em materiais sujeitos a trincas por hidrogênio;
- possui alta penetração;
- produz pouca escória, facilmente destacável;
- é muito utilizado em tubulações na progressão descendente;
- operando em CC+, assegura transferência por spray.

## Rutílico

O revestimento rutílico apresenta as seguintes características:

- é consumível de uso geral;
- seu revestimento apresenta até 50% de rutilo (TiO<sub>2</sub>);
- possui média penetração;
- produz escória de rápida solidificação, facilmente destacável;
- o metal de solda pode apresentar um nível de hidrogênio alto (até 30 ml/100g);
- requer ressecagem a uma temperatura relativamente baixa, para que o metal de solda não apresente porosidades grosseiras.

## Básico

O revestimento básico apresenta as seguintes características:

- apresenta geralmente as melhores propriedades mecânico-metalúrgicas entre todos os eletrodos, destacando-se a tenacidade;
- elevados teores de carbonato de cálcio e **fluorita** geram um metal de solda altamente desoxidado e com muito baixo nível de inclusões complexas de sulfetos e fosfetos;
- não opera bem em CA, quando o teor de fluorita é muito elevado;
- produz escória fluida e facilmente destacável;
- possui cordão de média penetração e perfil plano ou convexo;
- requer ressecagem a temperaturas relativamente altas;
- após algumas horas de contato com a atmosfera, requer ressecagem por ser altamente **higroscópico**.

## Altíssimo rendimento

O revestimento de altíssimo rendimento apresenta as seguintes características:

- tem adição de pó de ferro (rutílico/básico);
- aumenta a taxa de deposição;
- pode ou não ser ligado;
- produz óxido de ferro, que aumenta a fluidez da escória;
- melhora a estabilidade do arco e reduz a penetração, principalmente com alta intensidade de corrente, o que pode minimizar a ocorrência de mordeduras;
- apresenta possibilidade de soldar por gravidade (arraste);
- reduz a tenacidade do metal de solda.

Os eletrodos de altíssimo rendimento possuem uma aplicação com altas taxas de deposição, que é a soldagem por gravidade em estaleiros navais com o dispositivo (tripé).



**Fluorita** – É o mineral de minério de flúor mais importante, usado diretamente como fundente em metalurgia; como adorno; nas fundições de ferro; no tratamento dos minérios de ouro, prata, cobre e chumbo e antimônio; como gema, etc.

**Higroscópico** – Capacidade do eletrodo de absorver umidade do meio ambiente.

## Nomenclatura dos eletrodos

A especificação da (AWS) *American Welding Society* foi desenvolvida ao longo dos anos por um comitê composto de membros que representam os fabricantes de consumíveis, usuários da indústria de soldagem e membros independentes de universidades e laboratórios. Os eletrodos para aços carbono são classificados pelos fabricantes de consumíveis, em conformidade com a especificação acima, com base nas propriedades mecânicas (também conhecidas como propriedades físicas) do metal de solda, no tipo de revestimento, na posição de soldagem, e no tipo de corrente (CA ou CC).

O sistema de classificação é elaborado para fornecer certas informações sobre o eletrodo e o metal de solda depositado. O significado das designações da AWS é mostrado abaixo.

ASME / AWS SFA – 5.1	aços carbono
ASME / AWS SFA – 5.4	aços inoxidáveis
ASME / AWS SFA – 5.5	aços de baixa liga
ASME / AWS SFA – 5.15	ferro fundido
DIN 8555	revestimentos duros

## Conservação de eletrodos

Devem ser tomadas certas precauções na armazenagem dos eletrodos revestidos, principalmente os eletrodos básicos de baixo teor de hidrogênio, que são muito higroscópicos e necessitam de cuidados especiais para que suas características não sejam afetadas.

Um eletrodo úmido poderá causar inúmeros defeitos na solda: porosidade no início ou mesmo em todo o cordão de solda, trincas ao lado e sob o cordão, porosidade **vermiforme**, arco instável, respingos abundantes e acabamento ruim. É importantíssimo, pois, que todos os usuários saibam cuidar convenientemente dos eletrodos revestidos.

As latas, por ocasião de sua abertura, ficam inutilizadas para posterior armazenagem dos eletrodos remanescentes, os quais deverão ser imediatamente colocados numa estufa apropriada.

A forma ideal de transporte e armazenagem de eletrodos revestidos é em paletes. Tal sistema evitará choques e danos às embalagens, garantindo sua **estanqueidade** original. As latas deverão ser sempre guardadas na posição vertical, com as pontas de pega voltadas para baixo, visando preservar as pontas de arco, parte mais sensível dos eletrodos revestidos.

É recomendável que a abertura seja feita pela remoção do fundo da lata, o que facilita seu manuseio, pois a ponta de pega estará a descoberto. A tampa remanescente será aquela que identifica o conteúdo em tipo, diâmetro, comprimento e número de produção.

O local de armazenagem dos eletrodos em suas embalagens originais deverá ser adequadamente preparado para permitir a manutenção das suas propriedades.

Dois aspectos deverão ser considerados e bem controlados: a temperatura e a umidade relativa do ar.



**Vermiforme** – Uma forma típica de inclusão na solda é aquela que tem a aparência de um galho ramificado, chamada, também, de porosidade vermiforme.

**Estanqueidade** – É o instrumento da passagem de umidade do ambiente para o interior da embalagem (lata) que contém os elementos revestidos.

## Terceira Aula

Esta aula destina-se à preparação de juntas a serem soldadas, introduzindo os jovens à prática de soldagem.



### Passo 1 / Aula teórica



15min

### Preparação de juntas

A preparação de juntas pelos jovens favorece o desenvolvimento da experiência com equipamentos e procedimentos práticos necessários para que venha a ser um bom profissional.

No primeiro capítulo de soldagem industrial, os jovens conheceram os tipos de juntas conforme a norma ABNT NBR 5874. Agora necessitam conhecer a preparação dos diversos tipos de juntas.



No primeiro capítulo, sexta aula, foi mostrada a figura 7, que traz tipos de juntas e suas respectivas nomenclaturas. Convém trazer novamente esta imagem, como transparência, para que os jovens possam recordar aqueles conteúdos.

As juntas de topo são formadas pela soldagem das superfícies externas ou cantos dos membros e podem ser:

**Junta de topo com flange** – utiliza-se um tipo de flange, para metais até 3 mm de espessura, sendo que a altura da flange deverá ser o dobro da espessura do metal.

**Junta de topo reta** – simplesmente uma chapa é cortada sem haver nenhum tipo de preparação especial, juntas deste tipo são convenientes para espessuras de 3 a 8 mm.

**Junta de topo em V** – aplicável a espessuras de 14 a 16 mm.

**Junta de topo em duplo V** – para espessuras superiores a 16 mm.

**Juntas de topo em U e duplo U** – recomendadas para espessuras superiores a 20 mm.

**Juntas sobrepostas** – correspondem à soldagem em ângulo; os dois membros sendo soldados se sobrepõem de uma quantidade equivalente de 3 a 5 vezes sua espessura.

**Juntas de canto** – podem ser executadas com ou sem preparo das extremidades.

**Juntas em T** – são produzidas pela soldagem de um elemento no outro a um ângulo de 90°.

**Juntas chanfradas simples** – são empregadas para elementos estruturais críticos, em que os membros apresentam uma espessura de 10 a 20 mm.

**Juntas chanfradas duplas** – são utilizadas para espessuras maiores.



## Passo 2 / Atividade prática



35min

### Prática de preparação de juntas

A partir da caracterização das juntas e do conhecimento teórico para a sua preparação, os jovens podem iniciar a preparação das mesmas nesta aula, prolongando-se por mais duas aulas.



Use sucata de aço carbono, geradas na empresa, para preparar as juntas. Após as aulas de preparação, peça que os jovens guardem as juntas para serem utilizadas na soldagem em aulas futuras. Isso facilita o trabalho de preparação das aulas de execução da soldagem e desenvolve no grupo o senso de organização e responsabilidade pelo material.

- Utilize guilhotinas e maçarico para cortar as chapas conforme a sua espessura.
- Execute alguns cortes com os equipamentos para que os jovens percebam como utilizá-los.
- A seguir, coloque equipamentos e restos de chapas (sucatas) à disposição dos jovens e supervise o trabalho dos mesmos.
- Sugira aos jovens que preparem juntas dos mais diversos tipos.



Lembre-se de que os jovens devem utilizar os EPIs apropriados.

## Quarta e Quinta Aulas

Nestas aulas, as atividades práticas iniciadas na aula anterior serão continuadas, com a obtenção de juntas preparadas para a soldagem.

**Educador**, é importante incentivar o registro escrito por parte dos jovens, fazendo com que criem o hábito de anotar os passos das atividades práticas realizadas, os problemas, as dúvidas e as descobertas, para posterior debate. Portanto, sempre, ao final, reserve um espaço para que esse trabalho individual seja realizado.

## Sexta Aula

Nesta aula os jovens iniciam a prática da soldagem propriamente dita. As diversas juntas preparadas nas aulas anteriores serão agora soldadas, iniciando com a execução de cordões horizontais.



### Passo 1 / Aula prática



25min

### Demonstração de soldagem na posição horizontal

A soldagem deve ser realizada em bancadas específicas. Nesta aula, o jovem observará o educador manuseando e executando cordões de solda na posição horizontal.

Para melhor orientação do educando, a seguinte ordem pode ser seguida:

- 1 vestir o EPI, salientando sempre a sua importância;
- 2 regular a máquina de solda;
- 3 colocar o eletrodo no porta-eletrodo e realizar as conexões dos terminais;
- 4 abrir o arco elétrico com uma rápida aproximação;
- 5 manter o eletrodo a uma posição suficiente para que o mesmo seja fundido;
- 6 manter uma velocidade constante de deposição, lembrando que isso deve ser realizado para que o eletrodo não cole na peça.



Os passos acima são uma sugestão para o jovem aprender a técnica da soldagem a arco com eletrodo revestido.



### Passo 2 / Aula prática



25min

**Educador**, os jovens deverão receber uma **Folha de Tarefas** (sugestão em anexo p. ) onde estarão as instruções e procedimentos, desenhos e seqüências a serem adotadas por eles para a execução dos exercícios práticos de soldagem.

### Prática de soldagem na posição horizontal

Conforme o número de equipamentos disponíveis, os jovens poderão ser divididos em duplas ou, no máximo, em grupos de até 4 jovens.

Peça que sigam a ordem mencionada acima para a execução do seu trabalho.



As etapas para soldagem a arco podem ser colocadas num cartaz, elaborado pelos próprios jovens, para orientá-los no decorrer das atividades.



Esta atividade é perigosa! Se necessário, conforme o número de jovens, solicite o auxílio de monitores.

## Sétima Aula

Para que o jovem desenvolva a habilidade de soldagem, são necessárias várias aulas. Nesta aula eles continuarão a prática de soldagem a arco com eletrodo revestido, executando cordões horizontais.



### Passo 1 / Aula prática



50min

### Execução de cordão de solda horizontal

É importante que os jovens realizem cordão de solda horizontal com diversos tipos de juntas. Utilize nas aulas de soldagem as juntas preparadas nas aulas anteriores.



www.rfo-tech.com.br

Fig. 9 – Soldas.

## Oitava à Décima Aula

Nestas aulas os jovens prosseguirão o exercício de soldagem, executando o cordão de solda horizontal.

## Décima Primeira à Décima Quarta Aula

Nestas aulas os jovens farão exercícios de soldagem, executando o cordão de solda vertical.



### Passo 1 / Aula prática



25min

### Demonstração de soldagem na posição vertical

A soldagem deve ser realizada em bancadas específicas. Nesta aula o jovem observará o educador manuseando e executando cordões de solda na posição vertical.

Para melhor orientação do educando, o procedimento deverá ser o mesmo adotado na sexta aula. Alerta os jovens para o fato de que, nesse caso, as juntas devem ser mais robustas para serem colocadas na posição vertical e serem soldadas. Enquanto solda, inquirir os jovens a respeito do que observam, levando-os a descrever os procedimentos do soldador na posição vertical de forma semelhante à seqüência abaixo representada. Faça os jovens anotarem a seqüência observada.

- 1 vestir o EPI, salientando sempre a sua importância;
- 2 regular a máquina de solda;
- 3 colocar o eletrodo no porta-eletrodo e realizar as conexões dos terminais;
- 4 abrir o arco elétrico com uma rápida aproximação;
- 5 manter o eletrodo a uma posição suficiente para que o mesmo seja fundido;
- 6 manter uma velocidade constante de deposição, lembrando que isso deve ser realizado para que o eletrodo não cole na peça.



### Passo 2 / Exercícios práticos



50min  
cada aula

### Exercícios de soldagem: cordão de solda vertical

Os jovens, a partir da observação, executarão a soldagem de cordões na posição vertical.

## Décima Quinta à Décima Oitava Aula

Estas aulas estão destinadas à execução de soldagem em componentes.



**Passo 1** / Aula prática



200min

### Execução de solda em componentes

Os jovens precisam ter contato com a soldagem de componentes mecânicos, como, por exemplo, tubos e conexões, cantoneiras, flanges, etc.

Proponha que executem um estágio de um turno em alguma empresa que utilize este processo. Prepare o



esboço de um pequeno relatório (sugestão anexa) a ser preenchido pelo técnico responsável pelo jovem e, se possível, visite o local do estágio para verificar o progresso do aprendiz

Fig. 10 – Soldagem.

## Décima Nona Aula

Após a experimentação da soldagem a arco com eletrodo revestido, esta aula está reservada para discussões e troca de experiências entre os jovens.



**Passo 1** / Atividade em grupo



25min

### Revisão de aprendizagens e troca de experiências

Dividir a turma em grupos de, no máximo, quatro jovens. Os grupos devem desenvolver as seguintes questões, com base nas anotações individuais realizadas no decorrer das aulas práticas:

- Enumerar as etapas para a soldagem a arco com eletrodo revestido;

- Indicar e descrever as EPIs que devem ser utilizados pelo soldador;
- Anotar os cuidados que o soldador deve ter para evitar os perigos a que está exposto;
- Listar as dificuldades na soldagem;
- Descrever os possíveis defeitos na soldagem, apontando formas de evitá-los ou corrigi-los;
- Refletir sobre a experiência de soldar e registrar aspectos mais importantes.



## Passo 2 / Discussão com a turma



25min

Este espaço está reservado para a socialização das idéias dos grupos.

**Educador,** nesse momento é importante promover o debate entre os grupos para tornar a aula dinâmica. Cuide para que não haja dispersão dos jovens e fuga dos temas a serem discutidos e valorize os relatos de experiências dos jovens.



## 3 Qualidade de Soldas

Este capítulo apresenta os defeitos em peças soldadas, suas causas e implicações no desempenho de uma junta soldada. Destaca os ensaios destrutivos e não destrutivos que são realizados nas soldas para verificar sua qualidade.

Quem já experimentou o processo de soldagem na prática sabe que a principal variável que define um trabalho de qualidade é a habilidade do soldador. Por isso, o capítulo também aborda os requisitos de um bom soldador e aponta indicadores para a sua contínua qualificação.

### Objetivos

- Conhecer os requisitos de um bom soldador;
- Apontar indicadores para a qualificação de soldadores;
- Conhecer os tipos de defeitos na soldagem;
- Relacionar as causas de defeitos com as possíveis soluções;
- Conhecer os ensaios destrutivos e não destrutivos aplicados em juntas soldadas.



# Primeira Aula

Nesta aula os jovens irão conhecer os requisitos para um bom soldador.



## Passo 1 / Aula teórica



50min

### Procedimentos e indicadores para a qualificação de soldadores

Apresente os conteúdos que seguem em forma dialogada, motivando que os jovens expressem o que pensam ser necessário a um bom soldador e complementando com as mais recentes exigências do mercado, decorrentes da constante atualização da área.

Peça que anatem a síntese de sua exposição e, ao final, distribua e leia com eles o texto de apoio, retomando os aspectos mais importantes e remetendo ao Registro de Teste de Qualificação de Soldador, usualmente utilizado para a seleção de profissionais em diversas empresas.

## Procedimentos e indicadores para qualificação de soldadores

A soldagem de metais é uma técnica de união de metais em constante desenvolvimento, tanto pela crescente diversificação dos aços como também pela sua aplicação a construções de alto risco.

Dois aspectos devem ser considerados na técnica de soldagem:

- é baseada em princípios empíricos e está condicionada a um grande número de parâmetros;
- depende quase que totalmente do homem e sua verificação total é impossível, o que a torna um processo de difícil controle.

O segundo aspecto é o mais importante, pois é necessário para a obtenção de soldas confiáveis e de qualidade e traduz-se como a habilidade do soldador. A questão é avaliar se o profissional de soldagem é um bom soldador.

As operações de soldagem para diversas aplicações são reguladas por diferentes códigos segundo a aplicação específica. Como exemplo de códigos e especificações importantes ligados à soldagem é possível citar:

<b>ASME</b> Boiler and Pressure Vessel Code	vasos de pressão
<b>API STD 1104</b> , Standard for Welding Pipelines and Related Facilities	tubulações e dutos na área de petróleo
<b>AWS D1.1</b> , Structural Welding Code	estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga
<b>DNV</b> , Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures	estruturas marítimas de aço
Especificações diferentes de associações como a <i>International Organization for Standardization</i> (ISO), <i>American Welding Society</i> (AWS), <i>British Standard Society</i> (BS), <i>Deustches Institute fur Normung</i> (DIN), <i>Association Francaise de Normalisation</i> (NF), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.	

Tabela 1 – Códigos e especificações da soldagem.

Estes códigos e especificações podem cobrir as mais diferentes etapas de soldagem, incluindo, por exemplo, a especificação de material (metal de base e consumíveis), projeto e preparação da junta, qualificações de procedimento e de operador e procedimento de inspeção.



Fig. 1 – ABNT



Fig. 2 – ISO



Fig. 3 - ASME



Fig. 4 - DIN



Empíricos – Conhecimento que provém, sob perspectivas diversas, da experiência prática.

Para diversas aplicações, as normas relevantes exigem que, antes da execução da soldagem de produção, especificações dos procedimentos que serão adotados para a sua execução sejam preparadas e qualificadas. Este processo visa demonstrar que, através do procedimento proposto, soldas adequadas, de acordo com os requisitos colocados pela norma ou estabelecidos em contrato, possam ser obtidas. Além disto, ele permite uniformizar e manter registro das condições especificadas de soldagem para controle do processo e eventual determinação de causas de falha.

A *Especificação de Procedimento de Soldagem* (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma dada junta soldada.

Variáveis importantes de um procedimento de soldagem que podem fazer parte de uma EPS incluem, por exemplo, a composição, classe e espessura do(s) metal(is) de base, processo(s) de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número aproximado de passes e técnica operatória.

A forma exata de uma dada *Especificação de Procedimento de Soldagem* e as variáveis por ela consideradas dependem da norma técnica que está sendo aplicada.

Para que possa ser utilizada na produção, uma EPS deve ser antes qualificada. Para isto, amostras adequadas devem ser preparadas e soldadas de acordo com a EPS. Corpos de prova devem ser retirados destas amostras, testados ou examinados e seus resultados devem ser avaliados. Com base nos requerimentos estabelecidos pela norma, projeto ou contrato, o procedimento deve ser aprovado ou rejeitado (neste caso, poderá ser convenientemente modificado e testado novamente).

Os testes a serem realizados na qualificação de uma EPS, assim como o seu número, dimensões e posição no corpo de prova, dependem da aplicação e da norma considerada.

### Os testes que podem ser requeridos são:

- Ensaio de dobramento;
- Ensaio de tração;
- Ensaio de impacto (ou outro ensaio para determinação de tenacidade);
- Ensaio de dureza;
- Macrografia;
- Ensaio não destrutivo (por exemplo, radiografia);
- Testes de corrosão.

Os resultados dos testes devem ser colocados em um *Registro de Qualificação de Procedimento* (RQP) a ser referido pela EPS, servindo como um atestado de sua adequação aos critérios de aceitação estabelecidos.

Enquanto os originais da EPS e RQP devem permanecer guardados, cópias da EPS já qualificada serão encaminhadas para o setor de produção e colocadas próximas das juntas a serem fabricadas de acordo com a EPS. Durante a fabricação, os valores indicados na EPS deverão ser seguidos, com inspeções periódicas de verificação.

Dependendo do serviço a ser executado, um grande número de juntas soldadas pode vir a exigir qualificação. Nestas condições, o processo de qualificação poderá ter um custo relativamente elevado e demandar um longo tempo para execução. Por isso é recomendável utilizar, quando possível, procedimentos de soldagem previamente qualificados, juntamente com a facilidade de acessá-los (em um banco de dados) e selecioná-los de acordo com os critérios dos códigos que estão sendo usados. Esta é uma importante estratégia para manter a própria competitividade da empresa. Existem disponíveis, atualmente, programas de computador específicos para o armazenamento e seleção de procedimentos de soldagem.

Para diversas aplicações, o soldador (ou operador) precisa demonstrar, antes de poder realizar um dado tipo de soldagem na produção, que possui a habilidade necessária para executar aquele serviço, isto é, ele precisa ser qualificado de acordo com requisitos de um código previamente apresentado.

Para isto, ele deverá soldar corpos de prova específicos, sob condições preestabelecidas e baseadas em uma EPS qualificada ou em dados de produção.

Estes corpos de prova serão examinados para a determinação de sua integridade e da habilidade de quem o soldou.

Como é impossível avaliar o soldador em todas as situações de produção, o exame de qualificação geralmente engloba uma determinada condição de soldagem e não uma situação específica (tal como a qualificação para a soldagem em uma determinada posição, com um dado processo).

Segundo o código ASME, as variáveis que determinam a qualificação de um soldador são:

- Processo de soldagem,
- Tipo de junta;
- Posição de soldagem;
- Tipo de eletrodo;
- Espessura da junta;
- Situação da raiz.

Ensaio comumente usados na qualificação do soldador (ou operador) incluem, por exemplo, a inspeção visual da junta, ensaio de dobramento, macrografia, radiografia e ensaios práticos de fratura. Os resultados dos testes de qualificação são colocados em um documento chamado *Registro de Teste de Qualificação de Soldador*

**Educador**, no final deste caderno encontra-se anexo um exemplo de *Registro de Teste de Qualificação de Soldador* (Anexo 1).



Como no caso de procedimentos de soldagem, a manutenção de uma equipe de soldadores devidamente qualificada para os tipos de serviços que a empresa realiza é um importante fator para manter sua competitividade. Portanto, o desenvolvimento de programas para o treinamento e aperfeiçoamento constante da equipe de forma a atender às demandas dos diferentes códigos e clientes não deve ser relegado a um segundo plano de prioridades.

## Segunda Aula

Nesta aula, os jovens realizarão uma breve visita ao setor de qualidade da empresa, com o objetivo de observar como a documentação é organizada.



### Passo 1 / Visita ao setor de qualidade da empresa



50min

A visita objetiva o entendimento da organização de um sistema da qualidade. Na oportunidade, serão mostradas aos jovens peças soldadas com defeitos, tais como as que foram rejeitadas nas qualificações de soldadores, por exemplo.

Esta visita servirá como introdução ao próximo item, que estudará os defeitos em soldas.

**Educador**, não esqueça de organizar antes a visita, conversando com os funcionários do setor de qualidade e laboratório da empresa.



Para agilizar a visita, dependendo do espaço do setor visitado, os jovens podem ser divididos em dois grupos, por exemplo: um grupo visitará a área de documentação da qualidade, enquanto que o outro grupo examinará defeitos em soldas. Peça que todos anotem o que observarem (forneça um roteiro dos aspectos que precisarão ter atenção, adequado à natureza e às condições das empresas a serem visitadas) e, nas aulas subsequentes, valorize estas observações, recorrendo aos registros para caracterizar defeitos de soldagem ou habilidades necessárias ao soldador.

## Terceira Aula

Esta aula é dedicada aos defeitos de soldagem. Na aula anterior, os jovens tiveram contato com os defeitos em algumas peças. Agora eles irão aprofundar este conhecimento, relacionando as causas e às conseqüências.



### Passo 1 / Atividade em grupo



50min

### Defeitos de soldagens

Este assunto, se desenvolvido apenas de maneira teórica, será de pouco rendimento. Recorra a exemplos da visita anterior, traga peças com defeitos e solicite, à medida que expõe, que os jovens identifiquem causas e soluções. Ao final, como forma de fixação, sugere-se que:

- Divida a turma em 8 grupos. Cada grupo ficará encarregado de estudar um tipo de defeito de soldas.
- As tabelas abaixo devem ser ampliadas na forma de cartazes. É importante que estejam em branco.
- Amplie cada frase de causa e conseqüência e imprima cada uma individualmente.
- Distribua as "causas" e "conseqüências" de cada defeito para o grupo respectivo.
- Os jovens procurarão relacionar a causa com o defeito.
- Feito isso no pequeno grupo, eles afixarão as frases no quadro respectivo e procurarão justificar os motivos de sua inferência. Aproveite esse momento para corrigir e fazer as observações pertinentes!
- Se desejar, copie as tabelas e, depois do exercício, distribua-as entre os jovens como reforço.

## Defeitos de soldagens

Defeitos de soldagens acontecem mesmo com soldadores experientes e qualificados. Os defeitos podem ser visíveis durante o trabalho ou podem apenas ser detectados por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos.

A seguir são mostrados vários quadros que relacionam o tipo de defeito com as causas e possíveis soluções.

**Tabela 2 – Superfície irregular**

Causas	Soluções
Escolha do tipo de corrente ou polaridade errada	Verificar as especificações do eletrodo.
Amperagem inadequada	Ajustar a amperagem.
Utilização do eletrodo úmido ou de má qualidade	Ressecar os eletrodos segundo recomendações.
Manuseio incorreto	Aprimorar o manuseio do eletrodo.



Leve para a aula peças com diversos tipos de defeitos e, à medida que os jovens vão apresentando seus trabalhos, peça para que eles identifiquem quais das peças expostas têm o defeito que eles estão estudando.

**Tabela 3 – Mordedura ou falta de fusão na face**

Causas	Soluções
Amperagem muito alta	Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda.
Arco muito longo	Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem.
Manuseio incorreto do eletrodo	Melhorar o manuseio do eletrodo depositando mais nas laterais.
Velocidade de soldagem muito alta	Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar.
O arco apresenta sopro lateral (sopro magnético)	Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. Evitar ou modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (use um transformador).
Ângulo incorreto do eletrodo	Inclinar o eletrodo no ângulo correto.
Eletrodo com revestimento excêntrico	Trocar o eletrodo.

**Tabela 4 – Poros visíveis**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Utilização de eletrodos úmidos	Usar somente eletrodos secos.
Ponta de eletrodo danificado (sem revestimento)	Utilizar somente eletrodos perfeitos.
Em C.C., polaridade invertida	Inverter a polaridade na máquina de solda.
Velocidade de soldagem muito alta	Diminuir a velocidade de soldagem.
Arco muito longo	Diminuir o comprimento do arco elétrico, aproximando o eletrodo da peça.
Amperagem inadequada	Ajustar a amperagem da máquina para o intervalo recomendado pelo fabricante para o tipo de bitola do eletrodo em questão.
Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado	Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem.
Manuseio inadequado do eletrodo na posição vertical ascendente	Executar a movimentação adequada com tecimento lento e compassado, mantendo o arco elétrico constantemente curto.
Irregularidade no fornecimento de energia elétrica	Dimensionar a rede adequadamente.
Preparação inadequada da junta	Obter uma fresta constante e dentro dos limites da posição de trabalho.
Metal de base impuro ou defeituoso	Rejeitar o metal de base.

**Tabela 5 – Inclusão de escória visível**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Não remoção da escória do passe anterior	Remover a escória do passe anterior antes de reiniciar a soldagem.
Chanfro irregular	A preparação das bordas deve sempre ser realizada de maneira a obter paredes lisas sem falhas.
Chanfro muito estreito	Aumentar o ângulo do chanfro.
Manuseio incorreto do eletrodo	Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe à frente da poça de fusão (aumentar a velocidade de soldagem e diminuir o ângulo de ataque). Evitar mordeduras laterais onde a escória é de difícil remoção, realizar passe de raiz o mais largo possível com transição suave com o metal de base.
Sobreposição erradas dos passes	A seqüência dos passes deve ser tal que evite a formação de bolsas de escória. Não soldar sobre passes de grande convexidade.
Amperagem baixa	Aumentar a amperagem.
Velocidade de soldagem muito alta	Diminuir a velocidade de soldagem.

**Tabela 6 – Respingos**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Amperagem muito elevada	Diminuir a amperagem da máquina.
Arco muito longo	Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem.
Em C.C. polaridade invertida	Inverter a polaridade.
Arco com sopro magnético	Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. Evitar e modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis.
Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado	Limpar o metal de base, eliminando poeiras, óleos, graxas, tintas, oxidação, etc.
Utilização de eletrodo úmido de má qualidade	Secar os eletrodos, segundo as recomendações do fabricante. Trocar os eletrodos por outros de melhor qualidade.

**Tabela 7 – Falta de penetração ou falta de fusão na raiz**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Uso de eletrodo de diâmetro muito grande impedindo sua descida até a raiz	Utilizar eletrodo de maior diâmetro ou eletrodo de revestimento mais fino.
Fresta muito pequena ou mesmo inexistente; fresta irregular	Boa preparação da junta a soldar; realizar a montagem respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro e da posição de soldagem. Procurar tornar a fresta a mais constante possível, através de um ponteamto adequado.
Presença de nariz ou nariz muito grande	Verificar se é realmente necessária a existência de nariz. Procurar tornar o nariz o mais constante possível, e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definidos.
Falha no manejo do eletrodo	Dirigir sempre o arco elétrico de modo a aquecer apropriadamente ambas as bordas do chanfro. Realizar as retomadas/reacendimentos de forma correta.
Ângulo de ataque incorreto, principalmente com eletrodos básicos	Utilizar o ângulo adequado.
Falta de calor na junta	Aumentar a amperagem se ele estiver baixa. Usar eletrodo de maior diâmetro, se o material for espesso. Diminuir a velocidade de soldagem. Pré-aquecer a peça de trabalho, se ela estiver fria. Soldar em posição vertical ascendente.
Penetração da escória, entre os dois membros da junta na região da raiz impede uma fusão completa dos materiais	Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe da poça de fusão.
Alta velocidade de soldagem	Diminuir a velocidade de soldagem.

**Tabela 8 – Trincas**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Soldagem defeituosa, contendo inclusões de escória, falta de penetração, mordeduras, etc.	Soldar corretamente evitando a descontinuidade.
Cratera final com mau acabamento	Interromper a soldagem de forma adequada, fazendo com que a extinção do arco ocorra sobre o passe recém executado.
Calor excessivo na junta causando excesso de contração e distorção	Reduzir a corrente ou a tensão ou ambas, aumentar também a velocidade de soldagem.
Metal de base sujo de óleo, tintas ou molhado	Limpar ou secar o metal de base.
Trincas devido ao ponteamto fraco	Remover as soldas de fixação à medida que o trabalho for progredindo. Nos casos possíveis executar o ponteamto do lado que não será executada a soldagem. Substituir o ponteamto por outros sistemas de fixação ("cachorros", "batoques", "pontes", etc.).
Cordão de solda muito pequeno (particularmente passe de raiz ou de filete)	Reduzir a velocidade de soldagem, o cordão deve ter uma secção transversal suficientemente robusta para suportar os esforços a que estará submetido.
Teor de enxofre alto no metal de base	Utilizar eletrodos com manganês alto. Usar arco mais curto para minimizar a queima do manganês. Ajustar o chanfro de modo a permitir adequada diluição e utilização do eletrodo. Alterar a seqüência de passes de forma a reduzir a restrição da solda no resfriamento. Mudar o material a fim de obter adequada relação %Mn / %S.
Têmpera da zona termicamente afetada	Fazer pré-aquecimento para retardar o resfriamento. Usar eletrodos ressecados conforme recomendações do fabricante.
Fragilização pelo hidrogênio	Remover contaminantes (óleos, umidades, etc.). Manter a solda a temperaturas elevadas por um período longo para permitir a saída do hidrogênio através da difusão (pós-aquecimento).
Projeto de junta adequado	Preparar os chanfros com dimensões adequadas.
Montagem muito rígida	Escolher uma seqüência de soldagem que acarrete as menores tensões possíveis na junta. Controlar a distribuição de calor na peça de trabalho, aquecendo-a ou resfriando-a em todo ou em partes.
Tensões residuais muito elevadas	Usar tratamento térmico de alívio de tensões.

**Tabela 9 – Mordedura na raiz**

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Amperagem muito alta	Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda.
Arco muito longo	Encurtar o arco.
Manuseio incorreto do eletrodo	Melhorar o manuseio do eletrodo.
Velocidade de soldagem muito alta	Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar.
Sopro magnético	Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. Evitar ou modificar a posição dos objetos. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador).

## Quarta Aula

Os jovens já conhecem defeitos e estudarão, nesta aula, diversos ensaios mecânicos destrutivos aplicados à soldagem e a macrografia.



**Passo 1** / Aula teórica



50min

### Principais ensaios mecânicos de solda

#### Ensaio destrutivo

**Educador,** o caráter teórico dessa aula poderá ser atenuado com exemplos e demonstrações que você, experiente no chão de fábrica, com certeza imprimirá a sua exposição. Recorra a exemplos, demonstrações e entrevistas para dar dinamismo ao encontro, peça que os jovens façam perguntas sempre que não compreenderem alguma explicação. Distribua o texto de apoio que segue e exponha ou leia com eles, organizando um esquema do seu conteúdo à medida que lêem.



Para chegar a conclusões confiáveis a respeito do material ensaiado, é recomendável fazer o ensaio em pelo menos três corpos de prova.

## Principais ensaios mecânicos de solda

Para que a qualidade da solda possa ser avaliada, utilizam-se ensaios mecânicos destrutivos, de inspeção visual e não destrutivos.

A determinação das propriedades mecânicas de um material metálico é realizada por meio de vários ensaios. Geralmente são ensaios *destrutivos*, pois promovem a ruptura ou a inutilização do material.

Existem também ensaios *não destrutivos*, utilizados para a determinação de algumas propriedades físicas do metal, bem como para detectar falhas internas do mesmo.

Na categoria de ensaios destrutivos, estão classificados os ensaios de tração, dobramento, flexão, torção, fadiga, impacto, compressão e outros. O ensaio de dureza, que, em certos casos, não inutiliza a peça ensaiada, também está incluído nessa categoria.

Dentre os ensaios *não destrutivos*, estão os ensaios com raios X, ultra-som, partículas magnéticas e outros.

Os *ensaios mecânicos* são largamente utilizados para verificar a qualidade de uma solda e, conseqüentemente, avaliar a qualificação de um soldador.

Os ensaios mais freqüentemente aplicados às soldas são:

### Ensaio destrutivo

#### ■ Ensaio de tração

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma força num corpo sólido que promove uma deformação longitudinal do material na direção do esforço.

Geralmente, o ensaio é realizado num corpo de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Este corpo de prova é fixado numa máquina de ensaio que aplica esforços crescentes na sua direção axial, sendo medidas as deformações correspondentes por intermédio de um **extensômetro**. Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio e o corpo de prova é levado até a sua ruptura.



Fig. 5 – Máquina de tração.

A máquina de ensaio de tração fornece um gráfico: carga aplicada x deformação. Este gráfico é transformado num gráfico tensão x deformação, de onde se verifica várias propriedades mecânicas dos materiais, tais como limite de escoamento, tensão de ruptura, limite de resistência, etc.

Chapas ou tubos soldados são ensaiados geralmente conforme as normas ASME ou ABNT. Nestas normas constam desenhos dos corpos de prova a serem retirados, bem como os locais de retirada. O limite de resistência ou a carga máxima atingida são os únicos valores calculados.



**Extensômetros** – São instrumentos que medem a deformação.

### ■ Ensaio de dobramento

O dobramento fornece uma indicação qualitativa da ductilidade do material. Por ser um ensaio de realização muito simples, ele é largamente utilizado nas indústrias e laboratórios. O ensaio de dobramento comum não determina nenhum valor numérico, havendo, porém, variação do ensaio que permite obter valores de certas propriedades mecânicas do material.

O ensaio, de um modo geral, consiste em dobrar um corpo de prova de eixo retilíneo e secção circular, tubular, retangular ou quadrada, assentado em dois apoios afastados a uma distância especificada, de acordo com o tamanho do corpo de prova, por intermédio de cutelo, que aplica um esforço de flexão no centro do corpo de prova até que seja atingido um ângulo de dobramento especificado.

O ensaio de dobramento em corpos de prova soldados retirados de chapas ou tubos soldados é realizado geralmente para a qualificação de soldadores e de processos de solda e o método usado é o dobramento guiado. Para a avaliação da qualidade de solda, emprega-se mais o dobramento livre. Nesse último caso, as normas especificam que a largura do corpo de prova deva ser no mínimo igual a uma vez e meia a espessura do mesmo, e o ângulo é sempre de 180°.

A observação de fissuras ou fendas na zona tracionada continua válida para juntas soldadas. No caso de corpos de prova soldados, fendas ou fissuras que apareçam nas arestas do corpo de prova não são consideradas, desde que elas não demonstrem que esses defeitos são provenientes de inclusões de escória ou outros defeitos internos ocorridos durante a soldagem.

Os resultados são avaliados pela aparição ou não de fendas, fissuras ou ruptura na zona tracionada do corpo de prova dobrado até 180°.

### ■ Ensaio de impacto

Um dos ensaios que permitem estudar os efeitos das cargas dinâmicas é o ensaio de impacto. Este ensaio é usado para medir a tendência de um metal de se comportar de maneira frágil.

O choque ou impacto representa um esforço de natureza dinâmica, porque a carga é aplicada repentina e bruscamente.

No impacto, não é apenas a aplicação da força que conta, mas a velocidade de aplicação da força. Força associada com velocidade traduz-se em energia.

O ensaio de impacto consiste em medir a quantidade de energia absorvida por uma amostra do material, quando submetida à ação de um esforço de choque de valor conhecido.

O método mais comum para ensaiar metais é o do golpe desferido por um peso em oscilação. A máquina correspondente é o martelo pendular, cujo pêndulo é levado a uma certa posição,

onde adquire uma energia inicial. Ao cair, ele encontra no seu percurso o corpo de prova, que se rompe. A sua trajetória continua até certa altura, que corresponde à posição final, onde o pêndulo apresenta uma energia final.

A diferença entre as energias inicial e final corresponde à energia absorvida pelo material.

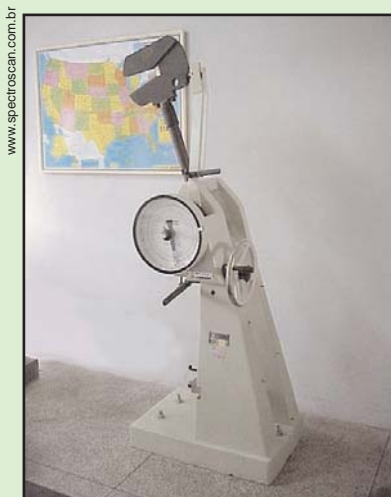


Fig. 6 – Máquina ensaio de impacto.

No ensaio de impacto, a massa de martelo e a aceleração da gravidade são conhecidas. A altura inicial também é conhecida. A única variável desconhecida é a altura final, obtida pelo ensaio.

O mostrador da máquina registra a diferença entre a altura inicial e altura final, após o rompimento do corpo de prova, numa escala relacionada com a unidade de medida de energia adotada.

Há uma variação no ensaio de impacto nos modos Charpy e Izod. No ensaio Charpy, o golpe é desferido na face oposta ao entalhe e no Izod, é desferido no mesmo lado do entalhe. Além disso, há variações também nos corpos de prova.

A energia medida é um valor relativo, e serve apenas para comparar resultados obtidos nas mesmas condições de ensaio.

Mesmo tomando-se todos os cuidados para controlar a realização do ensaio, os resultados obtidos com vários corpos de prova de um mesmo metal são bastante diversos.

Os resultados do ensaio variam consideravelmente à temperatura ambiente, por isso é mais seguro e confiável realizá-lo a baixa temperatura, uma vez que ela influencia no comportamento frágil dos metais.

### ■ Ensaio de dureza

A dureza pode ser definida como a resistência à penetração de um material no outro. Há várias definições de dureza, conforme o contexto no qual ela é empregada. A dureza pode ser definida também como resistência à deformação plástica permanente (metalurgia) ou como resistência ao corte do metal (usinagem). Dependendo da área que se estuda, a dureza apresenta diferentes conceitos.

Há três tipos de ensaio de dureza, denominados, respectivamente de dureza Brinell, Rockwell e Vickers.

**Ensaio de dureza Brinell** – consiste em comprimir lentamente uma esfera de aço temperado, de diâmetro conhecido, sobre a superfície plana, polida e limpa de um metal, por meio de uma força, durante um tempo, produzindo uma calota esférica com determinado diâmetro. Quanto maior a impressão da calota obtida, mais macio é o material; quanto menor a impressão da calota obtida, mais duro é o metal.

A medição dessa calota é difícil de ser obtida com precisão. Então, recorre-se a expressões matemáticas que relacionam a profundidade e o diâmetro da calota para obter-se a dureza HB (dureza Brinell).

Tabelas fornecem a dureza do material a partir do diâmetro de impressão da calota, a força empregada na realização do ensaio e o diâmetro da esfera do penetrador. Tal ensaio é usado principalmente para avaliação de dureza de metais não ferrosos, ferro fundido, aço, produtos siderúrgicos em geral e de peças não temperadas.

É possível medir dureza de até 500 HB. Durezas maiores danificariam a esfera.

A recuperação elástica é uma fonte de erros, pois o diâmetro da impressão não é o mesmo quando a esfera está em contato com o metal e depois de aliviada a carga.

Este ensaio não deve ser realizado em superfícies cilíndricas com raio de curvatura menor que 5 vezes o diâmetro da esfera utilizada, porque haveria escoamento lateral do material e a dureza medida seria menor que a real.

Em alguns materiais podem ocorrer deformações no contorno da impressão, ocasionando erros de leitura.



Fig. 7 – Durômetros.

**Ensaio de dureza Rockwell** – a carga do ensaio é aplicada em etapas, ou seja, primeiro se aplica uma pré-carga, para garantir um contato firme entre o penetrador e o material ensaiado, e depois aplica-se a carga do ensaio propriamente dita.

A leitura do grau de dureza é feita diretamente num mostrador acoplado à máquina de ensaio, de acordo com uma escala predeterminada, adequada à faixa de dureza do material.

Os penetradores utilizados na máquina de ensaio de dureza Rockwell são do tipo esférico (esfera de aço temperado) ou cônico (cone de diamante com 120° de conicidade).

O valor indicado na escala do mostrador é o valor da dureza Rockwell. Este valor corresponde à profundidade alcançada pelo penetrador, subtraídas a recuperação elástica do material, após a retirada da carga maior, e a profundidade decorrente da aplicação da pré-carga.

**Ensaio de dureza Vickers** – baseia-se na resistência que o material oferece à penetração de uma pirâmide de diamante de base quadrada e ângulo entre faces de 136°, sob determinada carga.

O valor da dureza Vickers é a razão da carga aplicada pela área de impressão deixada no corpo de prova ensaiado.

A máquina que faz o ensaio Vickers não fornece o valor da área de impressão da pirâmide, mas permite obter, por meio de um microscópio acoplado, as medidas das diagonais formadas pelos vértices opostos da base da pirâmide.

Conhecendo as medidas das diagonais, é possível calcular a área da pirâmide de base quadrada e, através desta área, obtém-se a dureza Vickers.

Outra forma de obter os valores da dureza Vickers é consultar tabelas montadas para determinadas cargas, em função da diagonal média.

As cargas podem ser de qualquer valor porque as impressões são sempre proporcionais à carga para um mesmo material, mas há uma padronização de cargas desde 1 kgf até 120 kgf.

Em superfícies tratadas termicamente, realiza-se o ensaio de microdureza Vickers, que envolve o mesmo procedimento prático que o ensaio Vickers, mas utiliza cargas menores que 1 kgf. A carga pode ter valores tão pequenos com 10 gf.

O ensaio Vickers fornece uma escala contínua de dureza, medindo todas as gamas de valores de dureza numa única escala.

As impressões são extremamente pequenas e, na maioria dos casos, não inutilizam as peças, mesmo as acabadas.

Este ensaio aplica-se a materiais de qualquer espessura, e pode também ser usado para medir durezas superficiais.

## ■ Macrografia

A macrografia consiste no exame do aspecto de uma peça ou amostra metálica, segundo uma seção plana devidamente polida e em regra atacada por um reativo apropriado. O aspecto, assim obtido, chama-se macroestrutura. O exame é feito à vista desarmada ou com auxílio de uma lupa.

A técnica do preparo de um corpo de prova de macrografia abrange as seguintes fases:

- a) escolha e localização de seção a ser estudada;
- b) realização de uma superfície plana e polida no lugar escolhido;
- c) ataque dessa superfície por um reagente químico adequado.

A escolha e localização da seção a ser estudada é em função do que se quer observar na amostra. No caso da solda de uma junção de barras, é conveniente retirar um corpo de prova que envolva as duas barras e a solda.

O polimento da superfície inicia com lixas em direção normal aos riscos de lima ou de lixa grossa já existentes, e é levado até completo desaparecimento destes. Após, inverte-se a direção de 90° até desaparecer os riscos da lixa anterior, e assim por diante, até a lixa metalográfica 0.

Quando uma superfície polida é submetida uniformemente à ação de um reativo, acontece, quase sempre, que certas regiões são atacadas com maior intensidade do que outras. Esta diferença de atacabilidade provém habitualmente de duas causas principais: diversidade de composição química ou de estrutura cristalina. A imagem assim obtida constitui o aspecto macrográfico.

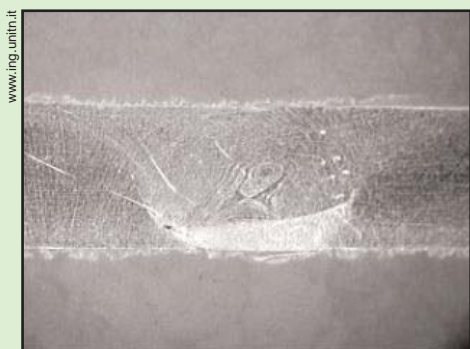


Fig. 8 – Macrografia de solda.

O que se constata, em conseqüência da ação do reativo, resulta do contraste que se estabelece entre as áreas de composição química e cristalização diferente. O contraste decorre do fato de certas regiões escurecerem mais do que outras. Do exame macrográfico, é possível inferir sobre a constituição química, defeitos como inclusões e bolhas, tratamento térmico realizado entre outros, menos comuns.

## Quinta Aula

Esta aula está reservada para o estudo de ensaios não destrutivos.



### Passo 1 / Aula teórica



50min

### Ensaaios não destrutivos

Educador, assim como na aula anterior, o caráter teórico dessa aula poderá ser atenuado com exemplos e demonstrações que você, experiente no chão de fábrica, poderá imprimir à sua exposição. Recorra a exemplos, demonstrações e depoimentos de profissionais experientes, estimule os jovens a fazerem perguntas. Distribua o texto anexo que servirá como registro da aula.

## Ensaio não destrutivo

### ■ Inspeção Visual

O ensaio visual dos metais ou inspeção visual foi o primeiro método de ensaio não destrutivo aplicado pelo homem. É, com certeza, o ensaio de menor custo, usado em todos os ramos da indústria.

A inspeção visual exige definição clara e precisa de critérios de aceitação e rejeição do produto que está sendo inspecionado. Requer ainda inspetores treinados e especializados para cada tipo de produto.

A principais ferramentas da inspeção visual são os olhos. O olho é considerado um órgão pouco preciso. A visão depende de cada indivíduo e mostra-se mais variável ainda quando se comparam observações visuais num grupo de pessoas. Para minimizar essas variáveis, é preciso padronizar fatores como a luminosidade, a distância ou o ângulo em que é feita a observação.

A inspeção visual a olho nu é afetada pela distância entre o olho do observador e o objeto examinado. A distância recomendada para inspeção situa-se em torno de 25 cm. Abaixo dessa medida, começam a ocorrer distorções na visualização do objeto.

Existem outros fatores que podem influenciar na detecção de descontinuidades no ensaio visual, como a limpeza da superfície, seu acabamento, o nível de iluminação, seu posicionamento e o contraste entre a descontinuidade e o resto da superfície.

Em certos tipos de inspeções, por exemplo, na parede interna de tubos de pequeno diâmetro ou em partes internas de peças, é necessário usar instrumentos ópticos auxiliares, que complementam a função do olho. Os instrumentos ópticos mais utilizados são: lupas e **microscópios**, espelhos e **tuboscópios** e câmeras de vídeo em circuito fechado.

### ■ Líquidos penetrantes

O ensaio por líquidos penetrantes, além de ser aplicado em peças de metais não ferrosos, também é utilizado para outros tipos de materiais sólidos, como metais ferrosos, cerâmicas vitrificadas, vidros, plásticos e outros que não sejam porosos. Sua finalidade é detectar descontinuidades abertas na superfície das peças, como trincas, poros, dobras, que não sejam visíveis a olho nu.

O ensaio consiste em aplicar um líquido penetrante sobre a superfície a ser ensaiada. Após remover o excesso da superfície, faz-se sair da descontinuidade o líquido penetrante retido, utilizando-se, para isso, um revelador. A imagem da descontinuidade, ou seja, o líquido penetrante, em contraste com o revelador, fica visível.

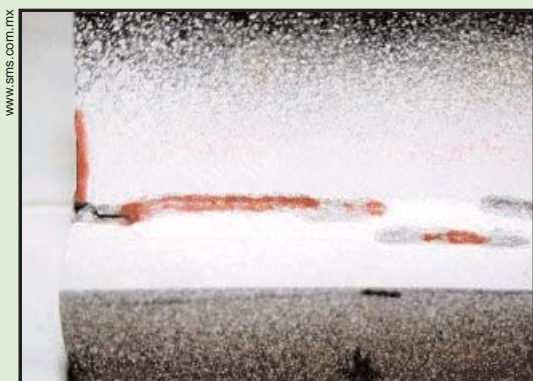


Fig. 9 – Líquidos penetrantes.



**Microscópios** – São instrumentos constituídos por conjuntos de lentes denominadas objetivas e oculares que possibilitam ampliar descontinuidades até milhares de vezes.

**Tuboscópios** – São instrumentos ópticos constituídos com os mais variados diâmetros e comprimentos, que geralmente possuem seu próprio dispositivo de iluminação, servem para observar as paredes internas de tubos longos de pequeno diâmetro, por exemplo.

O ensaio possui as seguintes etapas:

- 1 preparação e limpeza da superfície;
- 2 aplicação do líquido penetrante;
- 3 remoção do excesso de penetrante;
- 4 revelação;
- 5 inspeção e limpeza.

O objetivo da limpeza é remover tinta, camadas protetoras, óxidos, areia, graxa, óleo, poeira ou qualquer resíduo que impeça o penetrante de entrar na descontinuidade.

Após a limpeza aplica-se, por meio de pincel, imersão, pistola ou spray, um líquido, geralmente de cor vermelha ou fluorescente, capaz de penetrar nas descontinuidades depois de um determinado tempo em contato com a superfície de ensaio.

Decorrido o tempo mínimo de penetração, remove-se o excesso de penetrante, de modo que a superfície de ensaio fique totalmente isenta do líquido – este deve ficar retido somente nas descontinuidades.

Para revelar as descontinuidades, aplica-se o revelador, que nada mais é do que um talco branco. O talco pode ser aplicado a seco ou misturado em algum líquido.

No caso de líquidos penetrantes visíveis, a inspeção é feita sob luz branca natural ou artificial. O revelador, aplicado à superfície de ensaio, proporciona um fundo branco que contrasta com a indicação da descontinuidade, geralmente vermelha e brilhante.

Para os líquidos penetrantes fluorescentes, as indicações se tornam visíveis em ambientes escuros, sob a presença de luz negra, e se apresentam numa cor amarelo esverdeado, contra um fundo de contraste entre o violeta e o azul.

Após a inspeção da peça e a elaboração do relatório de ensaio, ela deve ser devidamente limpa, removendo-se totalmente os resíduos do ensaio. A permanência de qualquer resíduo pode prejudicar uma etapa posterior no processo de fabricação do produto ou até o seu próprio uso, caso esteja acabado.

### ■ Partículas magnéticas

O ensaio por partículas magnéticas é largamente utilizado nas indústrias para detectar descontinuidades superficiais e subsuperficiais, até aproximadamente 3mm de profundidade, em materiais **ferromagnéticos**.

Partículas magnéticas substituem a limalha de ferro. São constituídas de pós de ferro, óxidos de ferro muito finos, com propriedades magnéticas semelhantes às do ferro. Embora chamadas de "partículas magnéticas", na realidade elas são partículas magnetizáveis.

As etapas para a execução do ensaio são:

- 1 preparação e limpeza da superfície;
- 2 magnetização da peça;
- 3 aplicação das partículas magnéticas;
- 4 inspeção da peça e limpeza;
- 5 desmagnetização da peça.

O ensaio é realizado em peças e produtos acabados, semiacabados ou em uso. O objetivo dessa etapa é remover sujeira, oxidação, carepas, respingos ou inclusões, graxas etc. da superfície em exame.



**Ferromagnéticos** – Nome dado aos materiais que são fortemente atraídos pelo ímã, como ferro, níquel, cobalto e quase todos os tipos de aço.

Devido às dimensões, à geometria variada das peças e à necessidade de gerar campos magnéticos ora longitudinais, ora transversais, foram desenvolvidos vários métodos de magnetização das peças.

A magnetização pode se dar por indução de campo magnético, bobinas eletromagnéticas, **Yoke**, condutor central, passagem de corrente, eletrodos, contato direto e indução/passagem de corrente (método multidirecional).

Há duas técnicas para a realização do ensaio:

**Técnica do campo contínuo** – as partículas magnéticas são aplicadas quando a peça está sob efeito do campo magnético. Após a retirada desse campo, não há magnetismo residual.

**Técnica do campo residual** – as partículas são aplicadas depois que a peça sai da influência do campo magnético, isto é, o ensaio é realizado apenas com o magnetismo residual.



Fig. 10 – Máquina partículas magnéticas.

Com a peça magnetizada, é preciso garantir que toda a peça foi submetida ao campo magnético, por isso é efetuada uma varredura magnética.

As partículas magnéticas são fornecidas na forma de pó, em pasta ou ainda em pó suspenso em líquido. Podem ser fornecidas em diversas cores, para inspeção com luz branca, ou como partículas fluorescentes, para inspeção com luz negra.

A aplicação é realizada na forma de chuveiros de baixa pressão, borrifadores manuais ou simplesmente derramando-se a mistura sobre as peças.

Logo após sua aplicação, faz-se uma inspeção, registra-se os valores e promove-se uma limpeza da peça, reaproveitando as partículas.

Como última etapa, faz-se a desmagnetização da peça.

### ■ Ultra-som

O ensaio por ultra-som é um dos principais métodos de ensaio não destrutivo aplicados na indústria, porque permite inspecionar todo o volume da peça. É largamente difundido nas indústrias para detectar discontinuidades em todo o volume do material a analisar, tanto em metais (ferrosos e não ferrosos) como em não metais.

O som audível pelo ouvido humano está compreendido entre as frequências de 20 a 20000 Hz.



**Yoke** – É um equipamento que possibilita uma técnica de magnetização no ensaio não destrutivo de partículas magnéticas. A magnetização é feita pela indução de um campo magnético, gerado por um eletroímã em forma de "U" invertido, que é apoiado na peça a ser examinada.

A forma mais comum de produzir ultra-som para os ensaios não destrutivos é a que utiliza os cristais piezoelétricos, como o sulfato de lítio, o titanato de bário, o quartzo etc.

Ao aplicar corrente alternada de alta frequência num cristal piezoelétrico, ele vibrará na mesma frequência, gerando o ultra-som. No caso inverso, o ultra-som vibrará o cristal, gerando um sinal elétrico de alta frequência.

Em geral, para os ensaios não destrutivos, utilizam-se frequências na faixa de 0,5 a 25 MHz .



Fig. 11 – Ensaio por ultra-som.

O ensaio consiste em fazer o ultra-som, emitido por um **transdutor**, percorrer o material a ser ensaiado, efetuando-se a verificação dos ecos recebidos de volta, pelo mesmo ou por outro transdutor.

Como o ultra-som deve passar do transdutor para a peça com o mínimo de interferência, há necessidade de colocar um elemento, o acoplante, que faça esta ligação, evitando o mau contato. Este acoplante pode ser óleo, água, glicerina, graxa etc.

As técnicas de ensaio por ultra-som dependem do tipo de transdutor utilizado. Existem quatro técnicas: transparência, pulso-eco, duplo cristal e transdutores angulares.

No ensaio, é medida a intensidade do sinal elétrico de retorno (tensão), recebido pelo transdutor, e o tempo transcorrido entre a emissão do pulso e o retorno do eco.

Para realizar o ensaio propriamente dito, o primeiro passo é definir a técnica de ensaio. Como a velocidade de propagação do ultra-som é diferente para cada material, é necessário um padrão para calibrar o equipamento, isto é, ajustar os pulsos de resposta na tela do aparelho. Na seqüência, realiza-se o ajuste de escala e sensibilidade de resposta do aparelho, que serve para detectar as discontinuidades preestabelecidas como defeitos. O sinal de retorno é atenuado em função da distância da discontinuidade à superfície. Portanto, é preciso elaborar uma curva de atenuação de sinal para orientação.

Traça-se então a curva de atenuação do sinal em função da espessura da peça, de modo a obter uma intensidade de sinal suficiente mesmo para os furos localizados próximo à face inferior da peça.

O próximo passo é acoplar o transdutor sobre a peça.

A seguir, movimenta-se lentamente o transdutor sobre toda a superfície a ser ensaiada, efetuando uma varredura na peça. A varredura deve ser feita em pelo menos duas superfícies da peça, pois o sinal será maior ou menor conforme a posição da discontinuidade.

Para a inspeção de cordão de solda, deve-se usar cabeçotes angulares, que enviam pulsos em determinados ângulos com a superfície do material, como, por exemplo, 35°, 45°, 60°, 70°, 80°, etc.



**Transdutor** – É um dispositivo que converte um tipo de energia em outro. Por exemplo, no ensaio de ultra-som, os transdutores convertem a energia elétrica em energia mecânica de vibração (ultra-som) e vice-versa.

## ■ Radiografia

Na radiografia industrial, é utilizado o mesmo princípio da radiografia clínica. Coloca-se o material a ser ensaiado entre uma fonte emissora de radiação e um filme. Uma parte dos raios emitidos é absorvida pelo material e a outra parte irá atravessá-lo, sensibilizando o filme e produzindo nele uma imagem do material ensaiado.

Após a revelação, a chapa radiográfica é analisada e interpretada por um técnico especializado.

Os cordões de solda de gasodutos e caldeiras são radiografados para verificação de possíveis defeitos.

A radiografia industrial utiliza dois tipos de radiação: raio X e raio gama.

Os raios X e os raios gama, assim como a luz, são formas de radiação eletromagnética de natureza ondulatória, isto é, propagam-se em forma de ondas. Possuem alta frequência e, portanto, pequeno comprimento de onda.

O comprimento de onda desses raios é menor que o da luz visível dos raios ultravioleta e infravermelho.

Os raios X e gama podem atravessar corpos opacos, como metais e concreto, enquanto a luz visível atravessa apenas materiais translúcidos, como o vidro transparente e a água limpa, por exemplo.

A quantidade de radiação que atravessa a peça é variável e depende da espessura e densidade do material naquele ponto. Depende também da frequência de radiação – quanto maior a frequência, maior sua capacidade de penetrar e atravessar os materiais.

Essa variação de radiação que atravessa a peça é captada e registrada em filme radiográfico. Esta, após a revelação, mostra uma imagem da peça com regiões claras, referentes às maiores espessuras, e escuras, referentes às menores espessuras.

O filme para radiografia é semelhante aos filmes comuns, porém é recoberto dos dois lados por uma emulsão de sais de prata (brometo de prata – AgBr).

Depois que o filme é exposto à radiação, os grãos dos sais de prata reagem quimicamente em contato com o revelador, transformando-se em prata metálica enegrecida. Esta prata escurecida forma a imagem na chapa radiográfica.

O filme fotográfico é escolhido em função do ensaio a ser realizado.

A radiografia de qualidade requer nitidez e definição da imagem, o que é obtido através do controle do contraste, ou da densidade da imagem. Além disso, é necessário evitar falhas de processamento do filme (arranhões, manchas, etc.).

## Sexta Aula

Esta aula está reservada para visitar a fábrica e visualizar os diferentes tipos de ensaios, com vistas a dar significado ao estudo dos ensaios em soldas.



### Passo 1 / Aula prática



10min

### Organizando a visita

Divida a turma em grupos conforme o número de ensaios possíveis de serem visitados numa aula. É importante que os jovens acompanhem uma demonstração breve dos ensaios, a fim de observarem o maior número possível deles.



### Passo 2 / Aula prática



40min

### Visita técnica ao laboratório de fábrica

Planeje com antecedência as demonstrações com os técnicos responsáveis, de modo a assegurar variedade de observação.

Não esqueça de sempre enfatizar a questão segurança!

## Sétima Aula

A avaliação visa verificar o aprendizado do jovem. Nas aulas que seguem, apresenta-se possíveis instrumentos de avaliação. A primeira aula está reservada à avaliação teórica e a segunda aula à avaliação prática.



### Passo 1 / Avaliação teórica



50min

Nesta aula será realizada a avaliação parcial dos conhecimentos dos jovens construídos ao longo dos capítulos de Conceitos e Simbologia de Solda, Prática de soldagem e Qualidade de Soldas, conforme sugestão que segue (Avaliação Teórica).

**PROJETO ESCOLA FORMARE**

**CURSO:** .....

**ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial**

**Nome:** ..... **Data:** ... / ... / ...

**Avaliação Teórica**

**1** Descreva com suas palavras o conceito de soldagem.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2** Comente sobre a importância dos EPIs e riscos a saúde do soldador.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3** Descreva resumidamente o processo de soldagem por eletrodo revestido.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**4** Caracterize eletrodos.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**5** Cite as principais variáveis consideradas na qualificação de um soldador.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**6** Cite possíveis defeitos em juntas soldadas.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**7** Enumere ensaios destrutivos e não destrutivos realizados em juntas soldadas.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**8** Destaque um ensaio não destrutivo e indique etapas de realização.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**9** Destaque um ensaio destrutivo e indique etapas de realização.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**10** Cite organizações responsáveis por normas na área de soldagem.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Oitava Aula



## Passo 1 / Avaliação prática



50min

Esta avaliação tem como objetivo verificar os seguintes aspectos práticos:

- Uso correto dos EPIs;
- Regulagem do equipamento;
- Execução do cordão de solda;
- Qualidade da junta soldada;
- Manuseio do equipamento;
- Habilidade desenvolvida;
- Tempo de execução.

A sugestão para a avaliação prática aparece a seguir, para reprodução.

**PROJETO ESCOLA FORMARE**

**CURSO:** .....

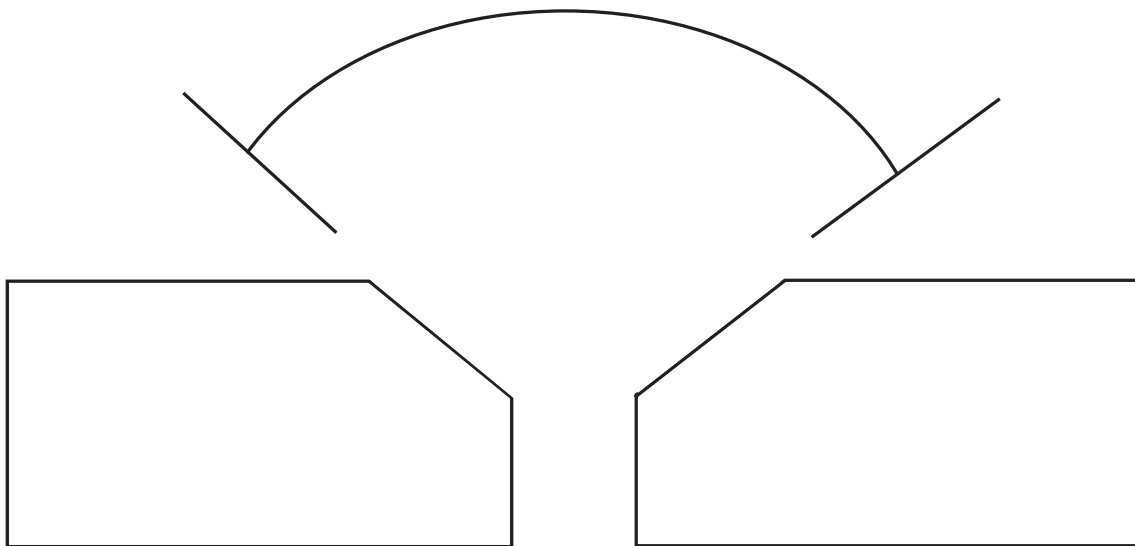
**ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial**

**Nome:** ..... **Data:** .../.../...

**Avaliação Prática**

Execute um cordão de solda horizontal pelo processo de soldagem a arco voltaico com eletrodo revestido para a junta mostrada abaixo:

60° a 80°



## Exercícios

**1** Conceitue soldagem.

.....  
.....  
.....  
.....

**2** Cite um sinônimo para coalescência.

.....  
.....  
.....

**3** Quais as vantagens da soldagem em relação a outros métodos de junção entre duas peças?

.....  
.....  
.....

**4** Cite aplicações da soldagem na indústria?

.....  
.....  
.....

**5** Cite EPIs que o soldador deve utilizar na execução da soldagem.

.....  
.....  
.....

**6** Cite principais riscos que os trabalhadores estão expostos na soldagem.

.....  
.....  
.....

**7** O que é eletrodo?

.....  
.....  
.....

**8** Diferencie o processo TIG do processo a plasma.

.....  
.....  
.....  
.....

**9** Em que materiais se utiliza os processo MIG/MAG?

.....  
.....  
.....

**10** Que melhorias permitem o processo com eletrodo tubular?

.....  
.....  
.....

**11** Diferencie os processos de solda por ponto e costura.

.....  
.....  
.....

**12** Quais as diferenças do processo por arco submerso em relação aos outros processos de soldagem?

.....  
.....  
.....

**13** Cite os principais tipos de juntas para peças soldadas segundo a norma ABNT NBR 5874.

.....  
.....  
.....

#### 14 Coloque V para verdadeiro e F para falso.

- 1( ) aquetas, mangotes, luvas e polainas são EPIs utilizados pelos soldadores.
- 2( ) Junta de topo em V – se aplica a espessuras de 3 a 8 mm.
- 3( ) O eletrodo rutílico geralmente apresenta as melhores propriedades mecânico-metalúrgicas entre todos os eletrodos, destacando-se a tenacidade.
- 4( ) A soldagem com eletrodo revestido pode empregar tanto corrente alternada como corrente contínua.
- 5( ) O uso de uma fonte CC permite o emprego de uma faixa maior de tipos de eletrodos.
- 6( ) O eletrodo no pólo negativo (CC-) produz soldas com maior penetração; no entanto, a taxa de fusão do eletrodo é baixa. O cordão de solda é estreito e profundo.
- 7( ) Um eletrodo úmido poderá causar inúmeros defeitos na solda.
- 8( ) O terminal terra pode ser conectado diretamente à peça ou à bancada ou dispositivo ao qual a peça está posicionada.
- 9( ) Elevada produção de gases resultantes da combustão dos materiais orgânicos é uma característica de um eletrodo celulósico.
- 10( ) Os transformadores fornecem somente corrente contínua. Os retificadores transformam a corrente contínua da rede em corrente alternada disponível para a soldagem.
- 11( ) Os eletrodos de altíssimo rendimento possuem uma aplicação com altas taxas de deposição, que é a soldagem por gravidade em estaleiros navais com o dispositivo (tripé).
- 12( ) Dois aspectos deverão ser considerados e bem controlados para a conservação do eletrodo: a pressão e a umidade relativa do ar.



- 11**É, com certeza, o ensaio de menor custo, usado em todos os ramos da indústria.
- 12**O ensaio por . . . . . é largamente utilizado nas indústrias para detectar discontinuidades superficiais e subsuperficiais, até aproximadamente 3mm de profundidade, em materiais ferromagnéticos.
- 13**Um dos ensaios que permitem estudar os efeitos das cargas dinâmicas é o ensaio de . . . . .
- 14**O ensaio de dureza. . . . . consiste em comprimir lentamente uma esfera de aço temperado, de diâmetro conhecido, sobre a superfície plana, polida e limpa de metal, por meio de uma força, durante um tempo, produzindo uma calota esférica com determinado diâmetro.
- 15**Sopro magnético contribui para o defeito de solda conhecido como. . . . .
- 16**No ensaio. . . . . o golpe é desferido na face oposta ao entalhe.
- 17**O ensaio por. . . . ., além de ser aplicado em peças de metais não ferrosos, também é utilizado para outros tipos de materiais sólidos, como metais ferrosos, cerâmicas vitrificadas, vidros, plásticos e outros que não sejam porosos.



## Gabarito dos exercícios

- 1 Soldagem é o processo de união de materiais usado para obter a coalescência localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição.
- 2 União, junção.
- 3 A possibilidade de obter uma união em que os materiais têm uma continuidade não só na aparência externa, mas também nas suas características e propriedades mecânicas e químicas, relacionadas à sua estrutura interna
- 4 Os processos de soldagem são utilizados para fabricar produtos e estruturas metálicas, aviões e veículos espaciais, navios, veículos rodoviários e ferroviários, pontes, prédios, oleodutos, gasodutos, plataformas marítimas, reatores nucleares, trocadores de calor, utilidades domésticas, componentes eletrônicos etc. A soldagem também tem grande aplicação em manutenção industrial.
- 5 Aventais, luvas, perneiras (raspas de couro ou aluminizadas), máscaras protetoras, botas de segurança, óculos de segurança.
- 6 Os perigos na área de soldagem são muitos, devemos salientar os relacionados à radiação, corrente elétrica e gases.
- 7 Eletrodo é constituído de um núcleo metálico chamado alma, que pode ser ou não da mesma natureza do metal-base porque o revestimento pode, entre outras coisas, complementar sua composição química.
- 8 O arco existente é estabelecido dentro de uma tocha, entre um eletrodo de tungstênio e um bocal de cobre que o circunda na soldagem a plasma enquanto que no processo TIG o arco é estabelecido entre o eletrodo de tungstênio e a peça a ser soldada.
- 9 O processo MIG é usado na soldagem de materiais ferrosos e o MAG na soldagem de materiais não-ferrosos, como o alumínio, cobre, níquel, magnésio e respectivas ligas.
- 10 O metal de solda pode ser depositado a taxas de deposição maiores, e os cordões de solda podem ser mais largos e com melhor perfil do que os produzidos com eletrodos sólidos, mesmo tendo como gás de proteção o CO<sub>2</sub>.
- 11 Na solda por ponto acontece em pequenas áreas, enquanto a solda por costura é contínua, mas esta também pode sofrer intermitência.
- 12 A diferença deste para os outros métodos é que o arco se forma sob uma camada protetora de material granular, ou seja, em forma de grãos, chamado de fluxo e que é colocada sobre a região da solda.
- 13 Junta de topo, sobreposta e em ângulo.
- 14 1. V / 2. F / 3. F / 4. V / 5. V / 6. F / 7. V / 8. V / 9. V / 10. F / 11. V / 12. F
15.
  - 1 Qualificação
  - 2 Ultra-som
  - 3 Radiografia
  - 4 Rockwell
  - 5 Macrografia
  - 6 Izod
  - 7 Trincas
  - 8 Dobramento
  - 9 Dureza
  - 10 Defeitos
  - 11 Inspeção visual
  - 12 Partículas magnéticas
  - 13 Impacto
  - 14 Brinell
  - 15 Mordedura na raiz
  - 16 Charpy
  - 17 Líquidos penetrantes

## Gabarito avaliação teórica

- 1** Soldagem é o processo de união de materiais usado para obter a coalescência localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição.
- 2** Os perigos na área de soldagem são muitos, devemos salientar os relacionados a radiação, corrente elétrica e gases. Quanto à radiação, o processo de soldagem emite dois tipos de radiação: a infravermelha (calor) e ultravioleta (luz). Ambas são nocivas ao corpo humano: o calor pode causar queimaduras e desidratação e a luz, problemas de visão. A corrente elétrica pode gerar choques elétricos caso o operador não esteja bem protegido e não conheça o manuseio do equipamento adequadamente. Outro problema é a inalação de fumos metálicos e gases nocivos, devido à vaporização de muitos metais pesados oriundos das altas temperaturas na região da solda. Por isso a importância da utilização de máscara. EPIs utilizados pelos soldadores: luvas de raspa de couro, avental de raspa de couro ou aluminizado, mangas e ombreiras de raspa de couro, touca para proteção da cabeça e pescoço, botinas de segurança com biqueira de aço, perneira com polainas, máscara ou escudo de proteção facial com lentes de proteção contra radiação e máscaras respiratórias.
- 3** Consiste na soldagem por fusão em que a fonte de calor é gerada por um arco elétrico formado entre um eletrodo e a peça a ser soldada. O arco de soldagem é formado quando uma corrente elétrica passa entre uma barra de metal, que é o eletrodo e que pode corresponder ao pólo negativo (ou cátodo) e o metal de base, que pode corresponder ao pólo positivo (ou ânodo). Para dar origem ao arco, é necessária uma diferença de potencial entre o eletrodo e a peça. O metal fundido do eletrodo é transferido para a peça formando uma poça de fusão. Esta é protegida da atmosfera por gases formados pela combustão do revestimento do eletrodo.
- 4** Eletrodos revestidos para aços carbono consistem de apenas dois elementos principais: a alma metálica, normalmente de aço de baixo carbono, e o revestimento. A alma metálica contém alguns elementos residuais, porém os teores de fósforo e enxofre devem ser muito baixos para evitar fragilização no metal de solda. A matéria-prima para a alma metálica é um fio-máquina laminado a quente na forma de bobinas, que é posteriormente trefilado a frio até o diâmetro adequado do eletrodo, retificado e cortado no comprimento adequado. A alma metálica tem as funções principais de conduzir a corrente elétrica e fornecer metal de adição para a junta.
- 5** Processo de soldagem, tipo de junta, posição de soldagem, tipo de eletrodo, espessura da junta e situação da raiz.
- 6** Superfície irregular, mordedura ou falta de fusão na face, poros visíveis, inclusão de escória visível, respingos, falta de penetração ou falta de fusão na raiz, mordedura na raiz e trincas.
- 7** Destrutivos: tração, dobramento, impacto, dureza, macrografia.  
Não destrutivos: inspeção visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultra-som, radiografia.
- 8** Exemplo de resposta: Líquidos penetrantes: O ensaio consiste em aplicar um líquido penetrante sobre a superfície a ser ensaiada. Após remover o excesso da superfície, faz-se sair da descontinuidade o líquido penetrante retido utilizando-se, para isso, um revelador. A imagem da descontinuidade, ou seja, o líquido penetrante contrastando com o revelador fica então visível.
- 9** Exemplo de resposta: O ensaio de tração consiste na aplicação de uma força num corpo sólido que promove uma deformação longitudinal do material na direção do esforço. Geralmente, o ensaio é realizado num corpo de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Este corpo de prova é fixado numa máquina de ensaio que aplica esforços crescentes na sua direção axial, sendo medidas as deformações correspondentes por intermédio de um extensômetro. Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio e o corpo de prova é levado até a sua ruptura.

- 10** *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* (vasos de pressão), *API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities* (tubulações e dutos na área de petróleo), *AWS D1.1, Structural Welding Code* (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga), *DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures* (estruturas marítimas de aço), Especificações diferentes de associações como a *International Organization for Standardization (ISO)*, *American Welding Society (AWS)*, *British Standard Society (BS)*, *Deustches Institute fur Normung (DIN)*, *Association Francaise de Normalisation (NF)*, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.



## Glossário

### **Aços carbono**

São ligas de ferro e carbono com até 2% de carbono e mais elementos residuais como enxofre, manganês, fósforo e silício. Podem conter elementos de liga.

### **Coalescência**

União de partes que se encontravam separadas.

### **Eletrodo**

É constituído de um núcleo metálico chamado alma, que pode ser ou não da mesma natureza do metal-base porque o revestimento pode, entre outras coisas, complementar sua composição química.

### **EPI**

Sigla que indica equipamento de proteção individual tais como: aventais, luvas, perneiras (raspas de couro ou aluminizadas), máscaras protetoras, botas de segurança, óculos de segurança.

### **Empíricos**

Conhecimento que provém, sob perspectivas diversas, da experiência prática.

### **Estanqueidade**

É a isenção de vazamentos numa tubulação pneumática ou mesmo em elementos de linha ou trabalho.

### **Extensômetros**

São instrumentos que medem a deformação.

### **Ferromagnéticos**

Nome dado aos materiais que são fortemente atraídos pelo ímã, como ferro, níquel, cobalto e quase todos os tipos de aço.

### **Fio-máquina**

Produto obtido pelo processo de laminação destinado à produção de arames e fios por trefilação.

### **Fluorita**

É o mineral de minério de flúor mais importante, usado diretamente como fundente em metalurgia; como adorno; nas fundições de ferro; no tratamento dos minérios de ouro, prata, cobre e chumbo e antimônio; como gema, etc.

### **Fusão**

Passagem do estado sólido para o estado líquido ou fundido.

### **Higroscópico**

Capacidade do eletrodo de absorver umidade do meio ambiente.

### **Junta**

Região onde duas ou mais peças serão unidas por soldagem. Podemos ter: junta de topo, sobrepostas e em ângulo.

### **Laminado**

É um produto que passou pelo processo de laminação, como, por exemplo, chapas e fio-máquina. O processo de laminação consiste em passar um tarugo de aço entre dois cilindros laminadores com o objetivo de diminuir sua espessura e aumentar o seu comprimento.

### **Materiais ferrosos**

Materiais que apresentam o ferro na sua constituição, tais como aços e ferros fundidos.

### **Microscópios**

São instrumentos constituídos por conjuntos de lentes denominadas objetivas e oculares que possibilitam ampliar descontinuidades até milhares de vezes.

### **Tensão em vazio**

Tensão entre os terminais de saída de uma máquina de soldadura, quando não existe fluxo de corrente no circuito.

### **Transdutor**

É um dispositivo que converte um tipo de energia em outro. Por exemplo, no ensaio de ultrassom, os transdutores convertem a energia elétrica em energia mecânica de vibração (ultrassom) e vice-versa.

**Trefilado**

É um produto que passou pelo processo de trefilação, como, por exemplo, arames. O fio-máquina é forçado a passar pela trefila que diminui o diâmetro do mesmo até torná-lo um arame.

**Tuboscópios**

São instrumentos ópticos constituídos com os mais variados diâmetros e comprimentos, que geralmente possuem seu próprio dispositivo de iluminação, servem para observar as paredes internas de tubos longos de pequeno diâmetro, por exemplo.

**Vermiforme**

Uma forma típica de inclusão na solda é aquela que tem a aparência de um galho ramificado, chamada, também, de porosidade vermiforme.

**Yoke**

É um equipamento que possibilita uma técnica de magnetização no ensaio não destrutivo de partículas magnéticas. A magnetização é feita pela indução de um campo magnético, gerado por um eletroímã em forma de "U" invertido que é apoiado na peça a ser examinada.

## Referências

- ABNT. Norma Técnica NBR 5874.
- CHIAVERINI, V. *Tecnologia mecânica: processos de fabricação e tratamento*. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. 3v.
- COLPAERT, H. *Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns*. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.
- [construtor.cimm.com.br/cgiwin/construt.cgi?configuradorresultado+955](http://construtor.cimm.com.br/cgiwin/construt.cgi?configuradorresultado+955).
- ESAB. Eletrodos. CATÁLOGO. Disponível no site [www.esab.com.br](http://www.esab.com.br)
- FORTES, C. Apostila eletrodos revestidos. ESAB, 2005.
- [geocities.yahoo.com.br/hsoldass](http://geocities.yahoo.com.br/hsoldass)
- [maclub.com.br](http://maclub.com.br)
- MODENESI, P. J. Apostila Soldagem I: Descontinuidades e inspeções em juntas soldadas. Belo Horizonte: UFMG, 2001.
- SOUZA, S. A. de, *Ensaio mecânicos de materiais metálicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.
- Telecurso 2000. Mecânica: processos de fabricação. São Paulo: Globo, 2000. v.1.
- WAINER, Emílio, BRANDI, S. D. e MELLO, F. D. H. de. *Soldagem, processos e metalurgia*. São Paulo: Edgard Blücher, s.d.
- WAINER, Emílio. Soldagem. 13. ed. São Paulo: ABM, 1979.
- [www.abnt.org.br/home\\_new.asp](http://www.abnt.org.br/home_new.asp)
- [www.abs-soldagem.org.br](http://www.abs-soldagem.org.br)
- [www.boechat.com.br](http://www.boechat.com.br)
- [www.cimm.com.br/materialdidatico/soldagem.shtml](http://www.cimm.com.br/materialdidatico/soldagem.shtml)
- [www.confluencias.net/n2/roque\\_dias.html](http://www.confluencias.net/n2/roque_dias.html)
- [www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/procedimento\\_soldagem.pdf](http://www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/procedimento_soldagem.pdf)
- [www.esab.com.br/literatura/apostilas](http://www.esab.com.br/literatura/apostilas)
- [www.gerdau.com.br](http://www.gerdau.com.br)
- [www.infosolda.com.br](http://www.infosolda.com.br)
- [www.ing.unitn.it/~colombo](http://www.ing.unitn.it/~colombo)
- [www.instron.com.br](http://www.instron.com.br)
- [www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage](http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage)
- [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)
- [www.sms.com.mx/imagen/inspeccion/crack.gif](http://www.sms.com.mx/imagen/inspeccion/crack.gif)
- [www.snct.org/images/asme/logo](http://www.snct.org/images/asme/logo)
- [www2.din.de](http://www2.din.de)



# Anexo1

## Registro de Teste de Qualificação de Soldador (Operador de Soldagem)

Nome: ..... Identificação: .....

Processo de soldagem: ..... Tipo: .....  
(manual, semi-auto., mecanizado)

Posição: ..... (plana, horizontal, vertical up ou down, sobre-cabeça)

De acordo com EPS N°: .....

Tipo de material: .....

Diâmetro e espessura (tubo) ou espessura da junta: .....

Faixa de espessuras qualificada: .....

### METAL DE ADIÇÃO

Especificação: ..... Classificação: ..... F n°: .....

Descrição (se não for coberto por norma): .....

.....

Nome(s) comercial(is): .....

Cobre-Junta (Sim/Não): .....

### Resultado de Teste de Dobramento Guiado

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado

Laboratório: ..... Teste n°: .....

Responsável: .....

### Resultados de Teste de Solda de Filete

Aparência: ..... Tamanho do filete: .....

Macrografia: .....

Laboratório: ..... Teste n°: .....

Responsável: .....

### Resultados de Teste Radiográfico

Filme Ident.	Resultados	Observações	Filme Ident.	Resultados	Observações

Teste acompanhado por: ..... Teste n°: .....

Fabricante ou contratante: .....

Autorizado por: ..... em: ..../..../.....

## Formare

**Data:** .....

**Aprendiz:** .....

### Relatório a ser preenchido pelo técnico responsável pelo estágio

**Local de estágio:** .....

**Técnico responsável:** .....

**Período do estágio (dias e horas):** .....

**1** O estagiário apresentou-se no horário combinado?

Sim

Não

Em parte

**2** Tomou iniciativa de vestir as EPIs indicadas?

Sim

Não

Em parte

**3** Demonstrou conhecimentos teóricos relativos à soldagem?

Sim

Não

Em parte

**4** Demonstrou habilidade para a prática de soldagem?

Sim

Não

Em parte

**5** Você diria que o estágio contribuiu para a formação do jovem?

Sim

Não

Em parte

**6** Atribua um conceito para o estágio realizado em sua empresa.

Muito Bom     Bom     Regular     Insuficiente

**7** Que tipos de soldagem foram executadas? (Indique o tipo e os componentes soldados)

.....  
.....  
.....  
.....

**8** Obsevações que julgar necessárias.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Formare

**Data:** .....

**Aprendiz:** .....

## Relatório a ser preenchido pelo jovem

**Local de estágio:** .....

**Técnico responsável:** .....

**Período do estágio (dias e horas):** .....

**1** O estagiário apresentou-se no horário combinado?

Sim

Não

Em parte

**2** Tomou iniciativa de vestir as EPIs indicadas?

Sim

Não

Em parte

**3** Demonstrou conhecimentos teóricos relativos à soldagem?

Sim

Não

Em parte

**4** Demonstrou habilidade para a prática de soldagem?

Sim

Não

Em parte

**5** Você diria que o estágio contribuiu para a formação do jovem?

Sim

Não

Em parte

**6** Atribua um conceito para o estágio realizado em sua empresa.

Muito Bom     Bom     Regular     Insuficiente

**7** Que tipos de soldagem foram executadas? (Indique o tipo e os componentes soldados)

.....  
.....  
.....  
.....

**8** Obsevações que julgar necessárias.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

### ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial I

O Caderno apresenta:	Sim	Parcial	Não	Observação
<b>CONTEÚDOS E ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS</b>				
1 Imprecisões conceituais, desatualizações e incorreções de informação.				
2 Respeito ao desenvolvimento cognitivo do jovem, pautando-se pelo princípio da progressão.				
3 Vocabulário atualizado e correto.				
4 Vocabulário específico claramente explicado no texto.				
5 Incentivo a uma postura de respeito ao meio ambiente.				
6 Objetivos claros.				
7 Ligação entre princípios estudados e fenômenos conhecidos por jovens e educadores.				
8 Possibilidade de diferentes formas de abordagem do conteúdo em sala de aula.				
9 Informações suficientes para a compreensão dos temas abordados.				
10 Conteúdos relevantes ligados ao contexto da formação profissional.				
11 Estimulo à leitura e à exploração crítica dos assuntos.				
12 Execução dos experimentos e demonstrações propostos viáveis, com base nas instruções fornecidas.				
13 Experimentos e demonstrações propostos viáveis, em termos da obtenção dos materiais necessários.				
14 Experimentos e demonstrações propostos importantes e pertinentes para compreender os conteúdos que estão sendo desenvolvidos.				
15 Coerência entre a prática e os pressupostos teóricos.				
16 Outras atividades além das pormenorizadas no passo-a-passo.				
17 Recomendações expressas de segurança, especialmente nas sugestões de experimentos perigosos e na utilização de equipamentos.				
18 Referências bibliográficas.				
19 Leituras complementares.				
20 Sugestões de instrumentos diversificados de avaliação.				
<b>ASPECTOS PEDAGÓGICOS</b>				
21 Propõem atividades que exigem trabalho cooperativo (em grupo, enquetes, dramatizações, debates).				
22 Evitam questões não relacionadas ao conteúdo.				
23 Evitam atividades de entretenimento, sem vínculo direto para a aprendizagem da área.				
24 Incentivam a valorização e o respeito às opiniões do outro.				

<b>25</b> Apresentam algum tipo de articulação, no sentido de tirar proveito de conhecimentos e/ ou habilidades já adquiridas.				
<b>26</b> Sugerem diferentes análises e perspectivas para os conteúdos, de forma a desenvolver a curiosidade e o espírito crítico.				
<b>ASPECTOS EDITORIAIS/VISUAIS</b>				
<b>Parte textual</b>				
<b>27</b> Estrutura hierarquizada (títulos, subtítulos e outros) evidenciada por meio de recursos gráficos.				
<b>28</b> Impressão isenta de erros.				
<b>Qualidade visual</b>				
<b>29</b> Textos e ilustrações distribuídos na página de forma adequada e equilibrada.				
<b>30</b> Textos mais longos apresentados de forma a poderem ser copiados e distribuídos aos jovens.				
<b>Ilustrações</b>				
<b>31</b> São claras e explicativas.				
<b>32</b> São coerentes com os textos.				
<b>33</b> São realmente necessárias e podem ser utilizadas como recurso didático-pedagógico pelo educador.				
<b>34</b> São isentas de estereótipos e preconceitos.				
<b>35</b> Possuem títulos, legendas e/ou créditos e fontes de referência que contribuam para sua compreensão.				
<b>Outras observações, contribuições ou críticas:</b>				

Data: .....  
Educação: .....  
Endereço para contacto: .....

Enviar para:  
**Projeto Formare**  
**Fundação Iochpe**  
Alameda Tietê, 618, casa 1  
01417-020 – São Paulo – SP