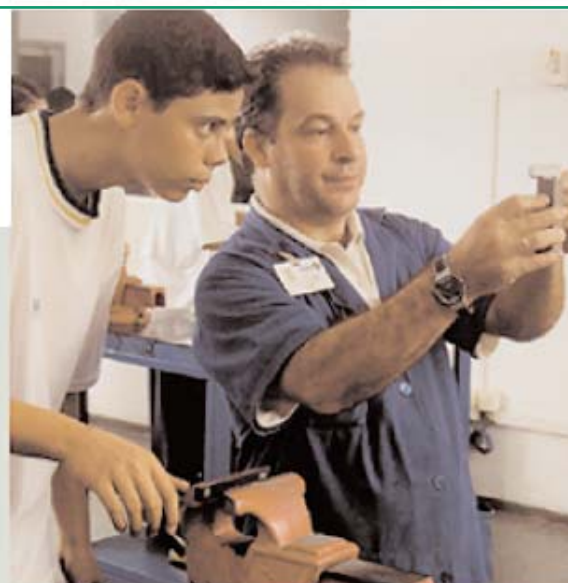


## Soldagem Industrial II



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 II** / Mauro César Rabuski Garcia ;  
Projeto Formare. - São Paulo : Fundação Iochpe, 2006.  
74p. (Cadernos Formare, 54)

Inclui: Exercícios; Glossário; Bibliografia.  
ISBN 85-98169-54-4

1. Ensino Profissional 2. Soldagem industrial  
3. Prática de soldagem e corte 4. Automação - Soldagem  
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

O desenvolvimento de competências e habilidades necessárias à execução de soldagem de componentes em chapa de conjunto e sub-conjuntos mecânicos, dentro de padrões de segurança, acabamento e qualidade técnica, é o principal objetivo da área de conhecimento Soldagem Industrial.

Desse modo, o caderno Soldagem Industrial I indica que a qualidade da solda depende muito da habilidade do operador, que necessita ser qualificado através de diferentes ensaios.

O caderno Soldagem Industrial II, conteúdo a ser desenvolvido no módulo avançado, dá continuidade à qualificação dos jovens, apresentando a prática de soldagem (TIG, MIG/MAG e eletrodo tubular) e corte térmico de peças e chapas metálicas, de acordo com critérios padronizados de segurança e qualidade.

Vários processos de soldagem estão automatizados e usam robôs para aumentar a produtividade e obter um elevado padrão de qualidade. Um bom profissional precisa conhecer toda a tecnologia relacionada diretamente com o mundo da soldagem e se manter atualizado.

Como toda a atividade responsável na indústria de ponta, ressalta-se a importância da utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), bem como aspectos relativos ao conhecimento de características básicas das máquinas e regulação das mesmas.



# Sumário

## 1 Prática de Soldagem e Corte

<b>Primeira Aula</b>	
Processo de soldagem TIG .....	17
<b>Segunda Aula</b>	
Demonstração prática de soldagem TIG .....	20
<b>Terceira e Quarta Aulas</b>	
Prática de soldagem TIG .....	21
<b>Quinta Aula</b>	
Processo de soldagem MIG/MAG .....	21
<b>Sexta Aula</b>	
Demonstração prática de soldagem MIG/MAG .....	25
<b>Sétima e Oitava Aulas</b>	
Prática de soldagem MIG/MAG .....	25
<b>Nona Aula</b>	
Soldagem por eletrodo tubular .....	25
<b>Décima Aula</b>	
Demonstração prática de soldagem por eletrodo tubular .....	28
<b>Décima Primeira e Décima Segunda Aulas</b>	
Prática de soldagem por eletrodo tubular .....	29
<b>Décima Terceira Aula</b>	
Corte térmico de chapa .....	29
Demonstração prática de corte térmico de chapa .....	31
<b>Décima Quarta e Décima Quinta Aulas</b>	
Prática de oxicorte .....	32
<b>Décima Sexta Aula</b>	
Corte a plasma .....	32
Demonstração prática de corte a plasma .....	34
<b>Décima Sétima e Décima Oitava Aulas</b>	
Prática de corte a plasma .....	34
<b>Décima Nona Aula</b>	
Corte a laser .....	35
Demonstração prática de corte a laser .....	37
<b>Vigésima Aula</b>	
Prática de corte a laser .....	37
<b>Vigésima Primeira Aula</b>	
Solda a arco submerso .....	37
Demonstração prática de soldagem a arco submerso .....	41
<b>Vigésima Segunda e Vigésima Terceira Aulas</b>	
Prática de soldagem a arco submerso .....	41
<b>Vigésima Quarta Aula</b>	
Revisão das aprendizagens .....	42
<b>Vigésima Quinta Aula</b>	
Visita técnica com foco em solda de ponto e costura .....	42
<b>Vigésima Sexta Aula</b>	
Organização de seminário para relato das observações .....	43

<b>Vigésima Sétima Aula</b>	
Apresentação de seminário .....	<b>44</b>
<b>Vigésima Oitava Aula</b>	
Exercícios de fixação .....	<b>44</b>
<b>2 Automação de Soldagem</b>	
<b>Primeira Aula</b>	
Automação .....	<b>51</b>
Novo perfil do soldador .....	<b>56</b>
<b>Segunda Aula</b>	
Visita técnica com foco na automação .....	<b>56</b>
<b>Terceira Aula</b>	
Relato das observações .....	<b>57</b>
Exercícios de fixação .....	<b>57</b>
<b>Quarta Aula</b>	
Avaliação teórica .....	<b>59</b>
<b>Quinta Aula</b>	
Avaliação prática .....	<b>62</b>
<b>Gabarito dos exercícios</b> .....	<b>65</b>
<b>Glossário</b> .....	<b>69</b>
<b>Referências</b> .....	<b>71</b>

# 1 Prática de Soldagem e Corte

A soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido é utilizada largamente na indústria, mas não é o único processo de soldagem. Os processos TIG, MIG/MAG e eletrodo tubular também são muito empregados na área industrial.

Este capítulo está voltado para a prática dos aprendizes, em atividades conjuntas com o educador, como as regulagens dos equipamentos, considerando a variedade de fabricantes e modelos disponíveis.

As aulas serão eminentemente práticas. Lembre-se de agendar previamente os espaços para visita e para a realização de experimentos, bem como a assessoria de alguns dos técnicos do setor visitado pelos jovens. Projete um calendário no qual todas as atividades estejam previstas e deixe visível o cronograma em sala de aula.

## Objetivos

- Utilizar os EPIs adequados ao tipo de trabalho a ser realizado;
- Conhecer os equipamentos utilizados na soldagem TIG, MIG/MAG, eletrodo tubular e arco submerso;
- Aprender a regulagem dos equipamentos de soldagem TIG, MIG/MAG, eletrodo tubular e arco submerso;
- Distinguir os diferentes tipos de consumíveis dos processos TIG, MIG/MAG, eletrodo tubular e arco submerso;
- Desenvolver a habilidade prática nas soldagens TIG, MIG/MAG, eletrodo tubular e arco submerso;
- Conhecer os equipamentos utilizados no corte térmico de chapas;
- Regular os equipamentos de corte térmico de chapas;
- Realizar corte térmico de chapas na prática;
- Desenvolver postura profissional no ambiente fabril.



# Primeira Aula

Esta aula destina-se ao uso correto dos equipamentos de proteção individual e regulagens dos equipamentos de soldagem TIG. As etapas do processo também serão estudadas, bem como os consumíveis da soldagem TIG.



**Passo 1** / Aula teórica/prática



50min

## Processo de soldagem TIG

**Educador**, é importante que esta parte da aula seja ministrada junto aos equipamentos de soldagem TIG. Exponha-os na sala de aula. À medida que os equipamentos forem descritos, apresente-os e favoreça seu manuseio.



As aulas que seguem podem iniciar com a exposição dos equipamentos, invertendo os passos propostos. Os jovens serão convidados a manuseá-los, anotando suas descobertas, dúvidas, observações e curiosidades. A partir das questões, o educador poderá expor a matéria, tornando-a mais significativa ao aproximá-la do concreto da fábrica.

O processo TIG (*Tungsten Inert Gas*) utiliza como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça a soldar. A proteção da região de soldagem é feita por um fluxo de gás inerte. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição e pode ser manual ou automática.



Fig. 1 – Soldagem TIG.

## Equipamentos

O equipamento básico utilizado no processo TIG é:

- uma fonte de energia elétrica;
- uma tocha de soldagem;
- uma fonte de gás protetor;
- um eletrodo para abertura do arco;
- unidade para circulação de água para refrigeração da tocha.



Fig. 2 – Equipamento soldagem TIG.

A fonte de energia elétrica é do tipo ajustável e pode ser: um transformador que fornece corrente alternada, um transformador/retificador de corrente contínua com controle eletro-magnético ou eletrônico, fonte de corrente pulsada e fontes que podem fornecer corrente contínua ou alternada.

A tocha de soldagem tem como função suportar o eletrodo de tungstênio e conduzir o gás de proteção de forma apropriada. Ela é dotada de uma pinça interna que serve para segurar o eletrodo e fazer o contato elétrico. Possui também um bocal que pode ser cerâmico ou de metal e cuja função é direcionar o fluxo de gás.

Todas as tochas precisam ser refrigeradas. Isso pode ser feito pelo próprio gás de proteção, em tochas de capacidade até 150 A ou, para tochas entre 150 e 500 A, com água corrente fornecida por um circuito de refrigeração composto por um motor elétrico, um radiador e uma bomba d'água.



Os equipamentos de proteção individual são os mesmos utilizados nos processos de arco elétrico com eletrodo revestido.

### Tipos e armazenamento dos consumíveis do processo

O eletrodo usado no processo de soldagem TIG é uma vareta sinterizada de tungstênio puro ou com adição de elementos de liga (tório, zircônio, lantânio e cério). Sua função é conduzir a corrente elétrica até o arco. Essa capacidade de condução varia de acordo com sua composição química, com seu diâmetro e com o tipo de corrente de soldagem.

A seleção do tipo e do diâmetro do eletrodo é feita em função do material a ser soldado, da espessura da peça, do tipo de junta, do número de passes necessários à realização da soldagem e dos parâmetros de soldagem que serão usados no trabalho.

Para a realização da soldagem TIG, além dos eletrodos, são necessários também os itens chamados de consumíveis, ou seja, o metal de adição e o gás de proteção.

Para soldagem manual, o metal de adição é fornecido na forma de varetas. Para a soldagem mecanizada, o metal é fornecido na forma de um fio enrolado em bobinas. Os diâmetros dos fios e das varetas são padronizados e variam entre 0,5 e 5 mm. O diâmetro é escolhido em função da espessura das peças ou da quantidade de material a ser depositado e dos parâmetros de soldagem.

A escolha do metal de adição para uma determinada aplicação é feita em função da composição química e das propriedades mecânicas desejadas para a solda. Em geral, ele tem composição semelhante à do metal de base.

O gás inerte, além de proteger a região do arco compreendida pela poça de fusão, também transfere a corrente elétrica quando ionizado. Para esse sistema, os gases usados são o hélio, o argônio ou uma mistura dos dois.

A seleção do gás de proteção é feita em função do tipo de metal que se quer soldar, da posição de soldagem e da espessura das peças a unir.

O grau de pureza do gás de proteção é essencial para a qualidade da solda e deve ficar em torno de 99,99%. É importante lembrar que essa pureza deve ser mantida até que o gás chegue efetivamente ao arco, a fim de evitar que vestígios de sujeira e umidade resultem em contaminação da solda.

## **Etapas da soldagem TIG**

Para realizar uma boa solda, o soldador deve seguir as etapas abaixo:

- 1** Preparação da superfície para a remoção de óleo, graxa, sujeira, tinta, óxidos, por meio de lixamento, escovamento, decapagem;
- 2** Abertura do gás (pré-purga) para expulsar o ar da mangueira de gás e da tocha;
- 3** Pré-vazão, ou formação de cortina protetora antes da abertura do arco;
- 4** Abertura do arco por meio de um ignitor de alta frequência;

- 5 Formação da poça de fusão;
- 6 Adição do metal na poça de fusão, quando aplicável;
- 7 Ao final da junta, extinção do arco por interrupção da corrente elétrica;
- 8 Passagem do gás inerte sobre a última parte soldada para resfriamento do eletrodo e proteção da poça de fusão em solidificação (pós-vazão);
- 9 Fechamento do fluxo de gás.

## Segunda Aula

Esta aula tem o objetivo de demonstrar a prática de soldagem TIG. Em seguida os jovens devem exercitar a execução de cordões de solda TIG.



### Passo 1 / Aula de demonstração



20min

**Educador**, as aulas 2, 3 e 4 são aulas práticas e deverão ser realizadas em espaço adequado para a prática da soldagem.

Utilizando os EPIs corretamente, execute a soldagem de componentes com o processo TIG. Saliente as etapas da soldagem TIG vistas na aula anterior. Se julgar necessário e conveniente, escreva as etapas num cartaz ou no quadro de giz. Outra idéia seria fazer uma revisão oral no início da aula, perguntando aos aprendizes quais as etapas do processo e anotá-las no quadro.



**Segurança!** Nunca esqueça da segurança dos jovens! No início da demonstração, alerte para os riscos do processo e do equipamento.

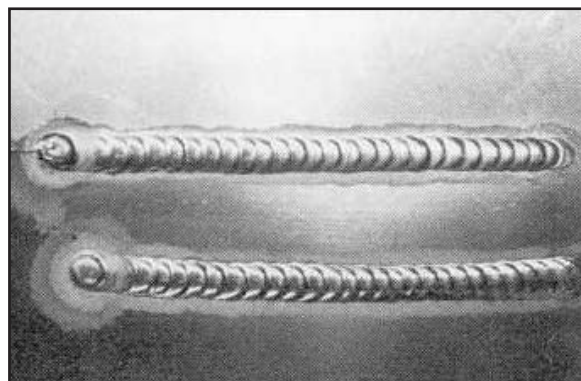


Fig. 3 – Cordão de solda TIG.

www.bearmorebros.co.uk



## Passo 2 / Aula prática



30min

Conforme a disponibilidade de equipamentos, divida a turma em duplas ou trios, para que os jovens possam supervisionar o trabalho realizado pelo colega. Muitos jovens num grupo dificultam a supervisão/orientação.

Distribua os componentes a serem soldados entre os grupos. Sugere-se que o primeiro exercício seja igual ao já realizado pelo educador.

É importante que, enquanto um jovem solda, o(s) outro(s) anote(m) os procedimentos e as observações quanto ao desempenho do colega, a fim de poderem, ao final de cada encontro, trocar informações. Estipule o tempo a ser destinado a cada atividade de modo a assegurar que todos experimentem a posição de soldador e de observador.

## Terceira e Quarta Aulas

Nestas aulas os aprendizes continuarão a praticar a soldagem em componentes TIG.



O material para a soldagem pode ser sucata gerada pela empresa, componentes com defeitos que não são aproveitados.

## Quinta Aula

Nesta aula serão revistos os conceitos teóricos do processo de soldagem MIG/MAG, seus equipamentos e regulagens adequadas.



## Passo 1 / Aula teórica



50min

### Processo de soldagem MIG/MAG

A soldagem a arco com eletrodos fusíveis sobre proteção gasosa é conhecida pelas denominações:

- MIG, quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão.

- MAG, quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, que interage com a poça de fusão, normalmente CO<sub>2</sub> – dióxido de Carbono.
- GMAW, abreviatura do inglês *Gas Metal Arc Welding*, designação que engloba os dois processos acima citados.

**Educador**, esta aula deve ser ministrada junto aos equipamentos MIG/MAG, para que os jovens possam confirmar as informações recebidas.



Fig. 4 – MIG/MAG.

Os dois processos diferem entre si unicamente pelo gás que utilizam, uma vez que seus componentes são exatamente os mesmos. A simples mudança do gás, por sua vez, será responsável por uma série de alterações no comportamento das soldagens.

O processo MAG é utilizado somente na soldagem de materiais ferrosos, enquanto o processo MIG pode ser usado tanto na soldagem de materiais ferrosos quanto não ferrosos, como Alumínio, Cobre, Magnésio, Níquel e suas ligas.

Uma das características básicas deste processo, em relação aos outros processos de soldagem manuais, é sua alta produtividade, motivada pela continuidade do arame e pelas altas densidades de corrente em que o processo pode ser utilizado.

### **Equipamentos MIG/MAG**

O equipamento básico para soldagem MIG/MAG consiste de uma fonte de energia, uma tocha de soldagem com um jogo de bocais, um alimentador de arame, um sistema de controle, um par de cabos elétricos, um jogo de válvulas redutoras para o gás de proteção, canalizações para transporte do gás (água, se houver), uma

fonte para o gás de proteção e uma garra para fixação do cabo à peça.

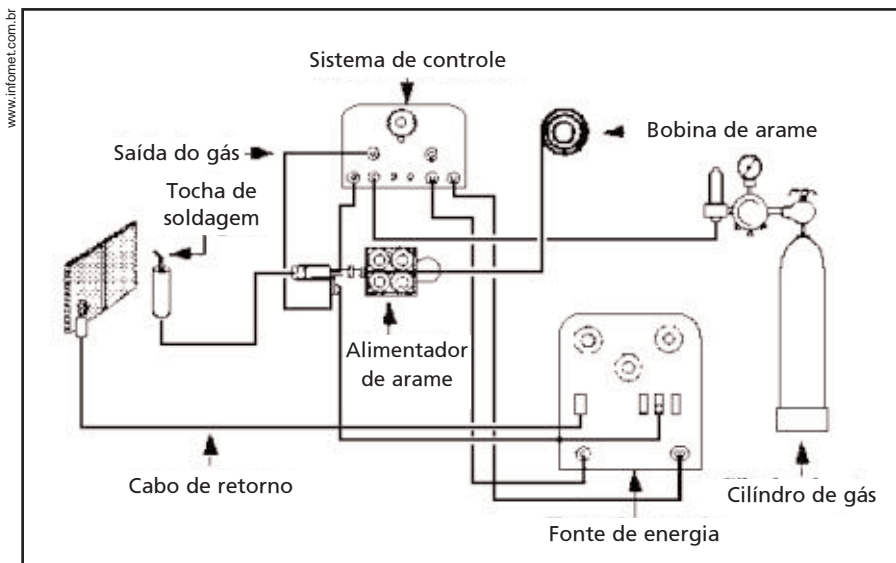


Fig. 5 – Equipamentos soldagem MIG/MAG.

As fontes de energia para a soldagem MIG/MAG são do tipo transformador-retificador de corrente contínua.

Normalmente, o sistema alimentador do eletrodo combina as funções de acionar o eletrodo e controlar elementos, como vazão de gás e água, ou a energia elétrica fornecida ao eletrodo. A velocidade de alimentação do arame (eletrodo), que vem enrolado em bobinas, está diretamente relacionada à intensidade da corrente de soldagem fornecida pela máquina de solda, conforme as características da fonte e do processo.

A tocha de soldagem conduz simultaneamente o eletrodo, a energia elétrica e o gás de proteção a fim de produzir o arco de soldagem.

As tochas de solda podem ser refrigeradas por água ou pelo próprio gás de proteção que conduzem.

A fonte de gás consiste de um cilindro do gás ou mistura de gases de proteção, dotada de regulador de pressão (manômetro) e/ou vazão (fluxômetro).

### Tipos e armazenamento dos consumíveis

Na soldagem MIG/MAG, os consumíveis são o eletrodo (também chamado de arame) ou metal de adição; o gás de proteção e, em alguns casos, um líquido para a proteção da tocha e das regiões adjacentes à solda contra a adesão de respingos.



#### Gases nobres

O termo nobre se refere à ausência de reatividade química nesses gases inertes. São seis os gases nobres: hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio.

Os eletrodos para soldagem MIG/MAG são fabricados com metais ou ligas metálicas, como aço inoxidável, aço com alto teor de cromo, aço carbono, aços de baixa liga, alumínio, cobre, níquel, titânio e magnésio.

É preciso reforçar a importância dos cuidados necessários ao armazenamento e manuseio dos eletrodos. Eles devem ser armazenados em um local limpo e seco para evitar a umidade. Para impedir a contaminação pelas partículas presentes no ambiente, a bobina deve retornar à embalagem original quando não estiver em uso.

Os gases, segundo sua natureza e composição, têm uma influência preponderante nas características do arco, no tipo de transferência de metal do eletrodo à peça, na velocidade de soldagem, nas perdas por projeções, na penetração e na forma externa da solda. Além disso, o gás também tem influência nas perdas de elementos químicos, na temperatura da poça de fusão, na sensibilidade à fissuração e porosidade, bem como na facilidade de execução da soldagem em diversas posições. Os **gases nobres** (processo MIG) são preferidos por razões metalúrgicas, enquanto o CO<sub>2</sub> puro é preferido por razões econômicas.

Como seria lógico de concluir, impossibilidades técnicas ou econômicas remetem à utilização de mistura dos dois tipos de gás, como, por exemplo, Argônio (inerte) com Oxigênio (ativo), Argônio com CO<sub>2</sub> e outros.

Os equipamentos de proteção individual são os mesmos utilizados nos demais processos de soldagem.

### **Etapas do processo MIG/MAG**

O soldador deve seguir as seguintes etapas para a soldagem MIG/MAG:

- 1** preparação das superfícies;
- 2** abertura do arco;
- 3** início da soldagem pela aproximação da tocha da peça e acionamento do gatilho para início do fluxo do gás, alimentação do eletrodo e energização do circuito de soldagem;
- 4** formação da poça de fusão;
- 5** produção do cordão de solda, pelo deslocamento da tocha ao longo da junta, com velocidade uniforme;
- 6** liberação do gatilho para interrupção da corrente, da alimentação do eletrodo, do fluxo do gás e extinção do arco.

## Sexta Aula

Nesta aula será demonstrada a soldagem MIG/MAG. Após, os aprendizes praticarão as técnicas de soldagem.



### Passo 1 / Aula demonstrativa



20min

Execute a soldagem MIG/MAG em componentes disponíveis na empresa.

É importante o uso dos EPIs e a demonstração passo-a-passo, para que os jovens possam aprender o processo de soldagem.

Não deixe de reforçar a necessidade de uso de equipamentos e os cuidados que aumentam a segurança no trabalho.



### Passo 2 / Aula prática



30min

#### Execução da soldagem MIG/MAG em componentes

Após divisão da turma, que pode ser a mesma da soldagem TIG, distribua as tarefas para os grupos, conforme o passo 2 da Segunda Aula.

Cuide para que as técnicas sejam aplicadas corretamente.

## Sétima e Oitava Aulas

Os jovens continuarão a exercitar o processo de soldagem MIG/MAG, de acordo com as orientações do educador.

**Educador**, não esqueça de, em cada aula, lembrar enfaticamente as noções de segurança, verificando se todos estão com os equipamentos adequados.

## Nona Aula

Nesta aula serão revistos os conceitos de soldagem por eletrodo tubular, os equipamentos usados no processo, suas regulagens e os EPIs necessários.



## Soldagem por eletrodo tubular

O processo de soldagem por arame tubular é definido como um processo de soldagem por fusão em que o calor necessário à ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um arame alimentado continuamente. É um processo semelhante ao processo MIG/MAG, diferindo deste pelo fato de possuir um arame no formato tubular, que possui no seu interior um fluxo composto por materiais inorgânicos e metálicos que possuem várias funções, entre as quais a melhoria das características do arco elétrico, a transferência do metal de solda, a proteção do banho de fusão e, em alguns casos, a adição de elementos de liga, além de atuar como formador de escória. Este processo possui basicamente duas variantes:

- arame tubular com proteção gasosa
- arame tubular autoprottegido

## Equipamentos

Os equipamentos utilizados para soldagem com arame tubular autoprottegido e com proteção gasosa são similares. A diferença básica reside no fato de a proteção gasosa possuir um sistema de envio e controle dos gases ao ponto de trabalho.

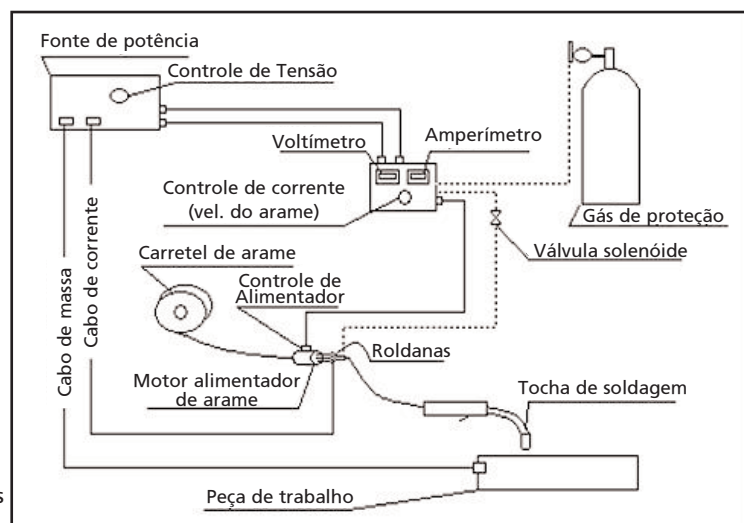


Fig. 6 – Equipamentos soldagem arame tubular.

**Educador**, se possível, traga equipamentos ou reproduza sua imagem em sala de aula.

CC+ é recomendada para arames tubulares rútilicos, visto que a aplicação de polaridade negativa produz características operacionais inferiores e pode, eventualmente, causar porosidade. Alguns arames tubulares metálicos funcionam bem em CC+ e em CC-, enquanto que outros arames desse mesmo tipo e os básicos operam melhor com CC-, resultando em uma ação mais efetiva do arco e em um acabamento do cordão de solda com quantidade reduzida de respingos.

A tensão do arco tem uma influência direta no comprimento de arco que controla o perfil do cordão, a profundidade da penetração e a quantidade de respingos. À medida que a tensão do arco é reduzida, a penetração aumenta, sendo particularmente importante em juntas de topo em "V". Um aumento na tensão resultará em um comprimento de arco também longo, ampliando a probabilidade de ocorrência de porosidade e de mordeduras.

Quando se opera em modo de transferência por curto-circuito, em soldagem fora de posição a baixas correntes, a tensão do arco deve ser mantida no maior valor possível para garantir uma fusão lateral adequada.

Em fonte de tensão constante, a corrente de soldagem está diretamente relacionada à velocidade de alimentação do arame: quanto maior for a velocidade de alimentação, maior será a corrente fornecida pela fonte, de modo a fundir o arame alimentado à poça de fusão. Com arames tubulares com fluxo não metálico, a corrente aplicada deve permanecer preferencialmente na metade superior da faixa recomendada para um determinado diâmetro, exceto para soldagem fora de posição nos diâmetros 1,2 mm e 1,4 mm e quando for empregado o modo de transferência por curto-circuito a correntes abaixo de 220A. Arames tubulares metálicos dispensam a necessidade de variações da corrente relativamente à espessura das peças, já que um ajuste de corrente para um dado diâmetro de arame atende a 90% das aplicações nas posições plana e horizontal em ângulo. A seção reta do cordão de solda é controlada pela velocidade de soldagem, enquanto arames sólidos exigem ajustes consideráveis para alcançar a mesma flexibilidade.

## Tipos e armazenagens dos consumíveis

Tradicionalmente, arames tubulares não requerem procedimentos de estocagem especiais. A embalagem em saco plástico com a presença de sílica-gel tem provado ser uma proteção adequada, quando o produto é armazenado a uma temperatura mínima de 18°C, a uma umidade relativa máxima de 70%. Recomenda-se o empilhamento máximo de sete caixas, uma sobre a outra. Caso seja necessário empilhamento de paletes, é preciso usar suporte de madeira entre os paletes.

Para aplicações onde é requerido um controle rígido do nível de hidrogênio, é recomendado o seguinte procedimento:

### Armazenagem:

- Embalagens originais não violadas
- Temperatura ambiente mínima: + 18°C
- Umidade relativa máxima: 70%

### Estufagem:

- Remover a caixa externa, o saco plástico, a sílica-gel, o suporte de papelão e o papel parafinado
- Faixa de temperatura: 45 – 50°C

## Décima Aula

Nesta aula deve ser demonstrada a soldagem por arame tubular e a seguir os jovens praticarão este método.



### Passo 1 / Aula demonstrativa



20min

O processo de soldagem por eletrodo tubular ou arame tubular deve ser demonstrado com o mesmo cuidado dos processos anteriores.

Chame a atenção para os EPIs utilizados, a regulação do equipamento, e a apropriada forma de realização da soldagem.



### Passo 2 / Aula prática



30min

Com os jovens divididos em grupos conforme o equipamento disponível, executar soldagem por eletrodo tubular.

## Décima Primeira e Décima Segunda Aulas

Os jovens continuarão a exercitar o processo de soldagem de componentes por eletrodo tubular, de acordo com as orientações do educador.

**Educador**, na medida do possível, retome os conceitos e as orientações trabalhados na aula teórica, estabelecendo a ligação entre a prática e a teoria, a fim de que o jovem perceba a importância de ambas.

## Décima Terceira Aula

Esta aula apresenta conceitos teóricos quanto ao corte térmico de chapa, os equipamentos e EPIs utilizados.



### Passo 1 / Aula teórica



35min

### Corte térmico de chapa

Corte térmico é o processo de separação metálica com a utilização de uma fonte de calor, que pode vir de uma chama, um arco plasma ou um feixe luminoso de alta densidade, o laser. As aplicações de corte térmico são as mais diversas, desde chapas mais finas para a fabricação de componentes elétricos, até a fabricação de **mancais** e engrenagens de algumas polegadas de espessura.

**Oxicorte:** possibilita a execução de cortes em aço carbono nas espessuras de 6,30 a 400 mm, servindo como base para toda e qualquer empresa da área metal-mecânica.

**Corte a plasma:** com suas variações (alta definição, alta velocidade, corte submerso, etc.) permite a realização de cortes de materiais ferrosos e não ferrosos nas espessuras de 3,0 a 50 mm, com excelente qualidade de corte.

**Corte a laser:** é, sem dúvida, o maior avanço tecnológico nos processos de corte térmico, tendo como principal característica a excelente precisão, que se traduz em processo mais produtivo mediante a consideração das outras fases de produção que são eliminadas à



#### Mancais

Mancal pode ser definido como suporte ou guia em que se apóia um eixo. No ponto de contato entre a superfície do eixo e a superfície do mancal, ocorre atrito. Dependendo da solicitação de esforços, os mancais podem ser de deslizamento ou de rolamento.

medida que o corte a laser é utilizado. Permite a realização de cortes de materiais ferrosos e não ferrosos nas espessuras de 0,30 a 25,00 mm.

### Oxicorte

O oxicorte é o processo de cisalhamento de metais pela combustão localizada e contínua devido a ação de um jato de Oxigênio, de elevada pureza, que age sobre um ponto previamente aquecido por uma chama oxicomustível.

Uma estação de trabalho deve ter, no mínimo, os seguintes equipamentos para execução do processo:

- um cilindro ou instalação centralizada para o oxigênio ( $O_2$ );
- um cilindro ou instalação centralizada para gás combustível (acetileno, propano, GLP);
- duas ou três mangueiras de alta pressão para condução dos gases;
- o oxigênio de corte e de aquecimento em mangueiras separadas;
- um maçarico de corte;
- um regulador de pressão para oxigênio;
- um regulador de pressão para acetileno;
- dispositivos de segurança (válvulas anti-retrocesso).

### Maçarico de corte

O maçarico de oxicorte mistura o gás combustível com o oxigênio de aquecimento, na proporção correta para a chama, além de produzir um jato de oxigênio de alta velocidade para o corte.

Este equipamento consiste em uma série de tubos de gás e válvulas de controle de fluxo dos gases oxigênio e combustível.

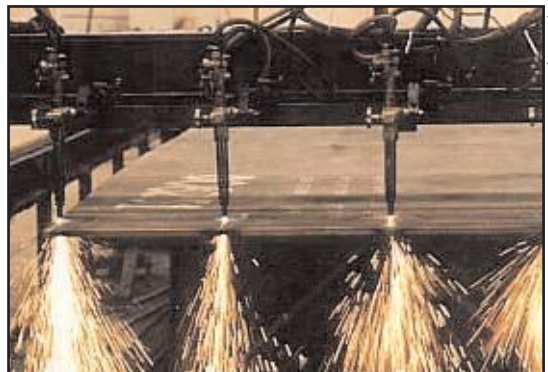


Fig. 7 – Maçarico de corte – oxicorte.

### Etapas para realizar um oxicorte

- 1 Colocar o bico de corte de acordo com as especificações, para a espessura a ser cortada;
- 2 Abrir as válvulas dos cilindros e, em seguida, pré-ajustar a pressão de trabalho;
- 3 Acender a chama, utilizando um acendedor apropriado (não usar isqueiro);
- 4 Regular a chama;
- 5 Cortar a peça.



Caso haja retrocesso de chama, não jogue o maçarico no chão. Há um tempo de 10 a 15 segundos, com segurança, para fechar as válvulas dos cilindros.



Fig. 8 – Segurança.

#### Para apagar a chama

- 1º feche a válvula do acetileno;
- 2º feche a válvula do oxigênio.

Os equipamentos de proteção individual que os operadores precisam utilizar são:

- óculos de proteção apropriados contra fagulhas, escória e brilho da chama;
- luvas;
- mangotes;
- aventais;
- perneiras de proteção;
- vestuário livre de óleo ou graxa.



Fig. 9 – Óculos oxicorte.



### Passo 2 / Aula demonstrativa



15min

Este espaço da aula está reservado para a demonstração do corte térmico por oxicorte. Descreva como regular o equipamento e execute cortes usando os EPIs.

## Décima Quarta e Décima Quinta Aulas

Estas duas aulas são dedicadas à prática de oxiacorte.



### Passo 1 / Aula prática



50min

Conforme a disponibilidade de equipamento e material, divida a turma em grupos.

Supervisione o trabalho dos jovens.

**Educador**, não esqueça de agendar previamente a utilização do espaço fabril, evitando transtornos no horário da aula.

## Décima Sexta Aula

Nesta aula, o jovem conhecerá o corte a plasma, seu equipamento, padrão de regulação e a maneira correta de executar o corte.



### Passo 1 / Aula teórica



30min

#### Corte a plasma

Usualmente plasma é definida como o quarto estado da matéria.

Costumeiramente, enumera-se três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso, diferenciados pelo nível de energia. Ao ser adicionada mais energia ao estado gasoso de uma substância, algumas de suas propriedades são modificadas substancialmente, tais como a temperatura e características elétricas. Este processo é chamado de ionização, ou seja, a criação de elétrons livres e íons entre os átomos do gás. Quando isto acontece, o gás torna-se um "plasma", sendo eletricamente condutor, pelo fato de os elétrons livres transmitirem corrente elétrica.

O corte a plasma foi introduzido em 1957 pela *Union Carbide*. Esta técnica pode ser usada para cortar qualquer metal a velocidades de corte relativamente altas. A faixa

de espessura das chapas pode variar de fina (0.5 mm) até grossa (250 mm). A espessura de corte está diretamente relacionada à capacidade de condução de corrente da tocha e a propriedades do metal.

Uma tocha mecanizada com capacidade para 1000 amperes pode cortar 250 mm de aço inoxidável ou alumínio. Contudo, na maioria das aplicações industriais, a espessura de corte não ultrapassa 50 mm.



Fig. 10 – Corte a plasma.

As características do arco plasma variam de acordo com:

- o tipo de gás de corte;
- a quantidade de vazão;
- o diâmetro do bocal (bico de corte);
- a tensão do arco elétrico.

Tais elementos precisam ser controlados e usados segundo princípios técnicos para se obter bom rendimento do trabalho.

Desse modo, se é usada uma baixa vazão de gás, o jato de plasma apresenta alta temperatura e concentra grande quantidade de calor na superfície. Esta é a situação ideal para soldagem.

Ao contrário, se a vazão de gás é aumentada, a velocidade do jato de plasma é tão grande que empurra o metal fundido através da peça de trabalho, provocando o corte do material.

O corte plasma, utilizado no mesmo estado em que foi descoberto, é atualmente chamado de corte plasma convencional. Pode ser aplicado a cortes de vários metais com espessuras diferentes. É muito usado, por exemplo, para cortar aço inoxidável, aços-carbono e alumínio. Para se obter um bom rendimento do trabalho é preciso:

- utilizar o gás adequado para corte de cada material;
- controlar a vazão do gás;
- regular a tensão do arco elétrico;
- considerar a capacidade de condução de corrente da tocha de plasma;
- observar as propriedades do metal a ser cortado.

Durante a realização do corte plasma, produz-se uma elevada concentração de calor, que é própria do processo. Além disso, as altas correntes utilizadas geram intenso nível de ruído e as operações produzem fumaça e gases tóxicos. Por isso, é preciso que haja nessas áreas de trabalho boa ventilação e sejam utilizados protetores de ouvido. Roupas apropriadas e uso de óculos escuros são necessários, devido à radiação ultravioleta.

Os equipamentos de proteção individual são os mesmos utilizados no oxicorte.



## Passo 2 / Aula demonstrativa



20min

Demonstre para os jovens como se executa o corte de chapas com a tecnologia plasma, desde a regulagem até a execução de corte de chapas propriamente dita.

Siga todos os procedimentos padrões que foram enunciados anteriormente, ressaltando os cuidados com a segurança.

## Décima Sétima e Décima Oitava Aulas

Estas duas aulas são dedicadas à prática de corte a plasma.



## Passo 1 / Aula prática



50min

Conforme disponibilidade de equipamento, divida a turma em grupos. A tarefa é executar o corte de chapas de diferentes espessuras, utilizando o corte por plasma. Observe a correta utilização dos EPIs.

Supervisione o trabalho dos jovens.

Se achar necessário, antes de iniciar o processo, lembre as etapas que devem seguir.

**Educador**, não esqueça de agendar previamente a utilização do espaço fabril, evitando transtornos seja ao seu trabalho, seja à rotina da fábrica.

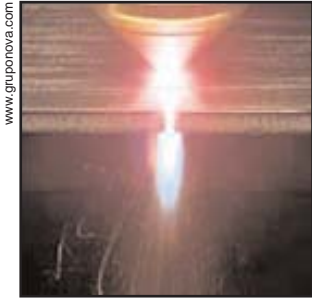


Fig. 11 – Corte a plasma.

## Décima Nona Aula

Nesta aula os jovens aprenderão os conceitos iniciais relativos ao corte a laser, conhecerão seus equipamentos e sua regulagem.



### Passo 1 / Aula teórica



20min

### Corte a laser

O corte a laser (*Laser Beam Cutting, LBC*) é baseado na ação de um feixe de luz coerente concentrado sobre a peça. A elevada densidade de energia utilizada possibilita a fusão e vaporização do material na região que está sendo atingida pelo laser, o que leva à remoção de material e à ação de corte. Muitos sistemas trabalham com um jato de gás auxiliar para facilitar a expulsão de material da região de corte. O gás pode ser inerte, para gerar uma superfície de corte limpa e suave, ou pode ser reativo (em geral, oxigênio), para aumentar a velocidade de corte. O processo pode ser utilizado para cortar todos os metais, além de certos materiais não metálicos, como cerâmicas.



Fig. 12 – Corte a laser.

O processo apresenta as seguintes características principais:

- capacidade de cortar qualquer metal e diversos materiais não metálicos, independentemente de sua natureza;
- espessura de corte e região afetada pelo calor mais finas do que qualquer outro processo de corte térmico;
- elevadas velocidades de corte;
- adaptação fácil para sistemas controlados por computador;
- equipamento de custo elevado.

A elevada velocidade de corte, a alta precisão do corte e o excelente acabamento da superfície de corte têm levado a uma utilização crescente deste processo para a produção de peças de formato complexo que, muitas vezes, não necessitam de um acabamento superior.

## Equipamentos

Os sistemas a laser não podem ser operados manualmente, pois o processo envolve alta concentração de energia, uma vez que o feixe é muito concentrado e o corte ocorre a velocidade muito alta.

O equipamento mais comum consiste em mesas móveis, com capacidade de movimentação segundo os eixos x, y e z. Os eixos x e y determinam as coordenadas de corte, enquanto o eixo z serve para corrigir a altura do ponto focal em relação à superfície da peça.



Fig. 13 – Equipamentos corte laser.

As coordenadas de deslocamento geralmente são comandadas por um sistema CAD acoplado à mesa de corte.

As máquinas de corte a laser normalmente cortam chapas e tubos.

O cabeçote laser movimenta-se em duas direções: longitudinal e transversal. Pelo cabeçote, flui um gás, chamado

gás de assistência, que tem por função, entre outras, remover o material fundido e óxidos da região de corte. Os gases mais utilizados são o oxigênio e o nitrogênio.



### Passo 2 / Aula demonstrativa



Apresente o equipamento de corte a laser para os jovens. Descreva seu funcionamento e sua regulagem. Demonstre a execução de corte de chapas com laser.

30min

Abra um espaço para perguntas, a fim de possibilitar que os jovens manifestem suas dúvidas em relação ao uso da máquina e aos procedimentos adotados para o corte.

## Vigésima Aula

Esta aula é dedicada à prática de corte com laser.



### Passo 1 / Aula prática



Antes de iniciarem a prática do corte com laser, instrua os jovens quanto aos cuidados necessários a essa tarefa e retome a correta utilização dos EPIs.

50min

Divida a turma e supervisione todos os procedimentos dos grupos.

**Educador**, não esqueça de agendar previamente a utilização do espaço fabril, evitando transtornos no horário da aula.

## Vigésima Primeira Aula

Esta aula traz os fundamentos da soldagem a arco submerso. Apresenta o equipamento e sua regulagem e demonstra a soldagem através desta técnica.



### Passo 1 / Aula teórica



#### Solda a arco submerso

30min

No processo de soldagem por arco submerso, o calor para a soldagem é fornecido por um (ou alguns) arco(s) desenvolvido(s) entre um(s) eletrodo(s) de arame sólido

ou tubular e a peça obra. Como o próprio nome indica, o arco ficará protegido por uma camada de fluxo granular fundido que o protegerá, assim como ao metal fundido e à poça de fusão, da contaminação atmosférica.

Como o arco elétrico fica completamente coberto pelo fluxo, que não é visível, a solda desenvolve-se sem faíscas, luminosidades ou respingos característicos dos processos de soldagem em que o arco é aberto.

O fluxo, na forma granular, além das funções de proteção e limpeza do arco e metal depositado, funciona como um isolante térmico, garantindo uma excelente concentração de calor que caracterizará a alta penetração que pode ser obtida com o processo.



Fig. 14 – Soldagem a arco submerso.

### Funcionamento do equipamento

Em soldagem por arco submerso, a corrente elétrica flui através do arco e da poça de fusão, que consiste em metal de solda e fluxo fundidos. O fluxo fundido é, normalmente, condutivo (embora no estado sólido, a frio, não o seja). Em adição a sua função protetora, a cobertura de fluxo pode fornecer elementos desoxidantes e, em solda de aços-liga, pode conter elementos de adição que modificariam a composição química do metal depositado.

Durante a soldagem, o calor produzido pelo arco elétrico funde uma parte do fluxo, o material de adição (arame) e o metal de base, formando a poça de fusão.

A zona de soldagem fica sempre protegida pelo fluxo **escorificante**, parte fundido e com uma cobertura de fluxo não fundido. O eletrodo permanece a uma pequena distância acima da poça de fusão e o arco elétrico se desenvolve nesta posição. Com o deslocamento do eletrodo ao longo da junta, o fluxo fundido sobrenada e se separa do metal de solda líquido, na forma de escória. O metal de solda, que tem ponto de fusão mais elevado do que a escória, solidifica-se, enquanto a escória



#### Escorificante

Parte do fluxo sobre a poça de fusão, formado pela escória.

permanece fundida por mais algum tempo. A escória também protege o metal de solda recém solidificado, pois este é ainda, devido a sua alta temperatura, muito reativo com o Nitrogênio e o Oxigênio da atmosfera, tendo a facilidade de formar **óxidos** e nitretos que alterariam as propriedades das juntas soldadas.

Com o resfriamento posterior, remove-se o fluxo não fundido (que pode ser reaproveitado) através de aspiração mecânica ou métodos manuais e a escória, relativamente espessa, de aspecto vítreo e compacto, que em geral se destaca com facilidade.

O fluxo é distribuído por gravidade. Fica separado do arco elétrico, ligeiramente à frente deste, ou concentricamente próximo ao eletrodo. Esta independência do par fluxo-eletrodo é outra característica do processo, que o diferencia dos processos eletrodo revestido, MIG-MAG e arame tubular. No arco submerso, esta separação permitirá que sejam utilizadas diferentes composições fluxoarames, possibilitando a seleção de combinações que atendam especificamente um tipo de junta.



#### Óxidos

São compostos constituídos por um elemento químico qualquer ligado ao oxigênio.

### Equipamentos

O equipamento básico para soldagem a arco submerso consiste de:

- uma fonte de energia;
- uma tocha de soldagem;
- um alimentador de arame;
- um sistema de controle;
- um dispositivo para alimentação do fluxo;
- um par de cabos elétricos;
- uma garra para fixação do cabo à peça.

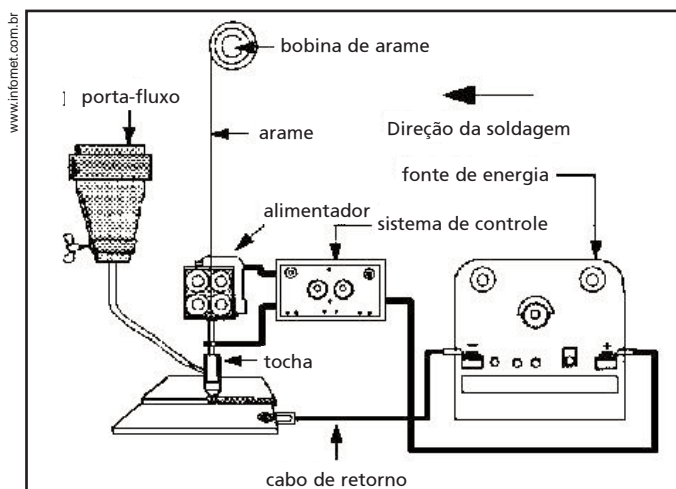


Fig. 15 – Equipamentos solda a arco submerso.

Tabela 1 – Fontes de energia para soldagem.

<b>Tipos de fonte de energia para a soldagem</b>	transformador (CA)
	transformador-retificador (CC)
	motor-gerador (CC)

A tocha de soldagem tem um bico de contato deslizante, feito de cobre e ligas, responsável pela energização do eletrodo. Possui um sistema para fixação do cabo de saída da fonte a um suporte isolante.

O sistema de alimentação do eletrodo é formado por um suporte para a bobina do eletrodo, um motor de corrente contínua com controle de velocidade e um conjunto de roletes de alimentação.

A alimentação do fluxo é feita por um conjunto formado por um porta-fluxo, mangueiras condutoras e um bocal de saída.

O alimentador de eletrodo, o alimentador de fluxo e a tocha de soldagem são montados no cabeçote de soldagem, ou seja, em um carro acionado por um motor elétrico, com velocidade ajustável que se desloca sobre um trilho colocado num suporte.

### Consumíveis

Normalmente, os eletrodos para soldagem ao arco submerso são arames sólidos, fornecidos em carretéis e bobinas, com diâmetros que variam entre 1,6 e 6,4 mm.

A especificação dos arames pode ser feita de acordo com a composição química. Por essa classificação, os arames-eletrodos são divididos em três grupos: com baixo (L), médio (M) e alto (H) teor de manganês.

Outro consumível importante é o fluxo. O fluxo de soldagem é um composto granulado, formado por uma mistura de óxidos e outros minerais e, eventualmente, ferro-ligas.

Dependendo da quantidade de óxidos presentes no fluxo, ele pode ser classificado como ácido, neutro ou básico. De um modo geral, os fluxos mais básicos tendem a reduzir os teores de oxigênio, enxofre e fósforo no metal depositado, o que melhora as propriedades mecânicas, como a resistência à fratura frágil.

A escolha de um fluxo é sempre feita em combinação com a escolha do arame eletrodo. Essa combinação define

as propriedades finais do metal depositado. Ambos são especificados de acordo com normas da AWS (*American Welding Society*).

### Etapas da soldagem

- 1 Preparação da junta que necessita de uma limpeza adequada do material a soldar;
- 2 Alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta;
- 3 Posicionamento do cabeçote no local de início da operação;
- 4 Abertura do arco;
- 5 Supervisão da operação, por parte do operador. (verificação dos parâmetros de soldagem e alinhamento do cabeçote);
- 6 Extinção do arco;
- 7 Limpeza da camada de escória e preparação para a deposição dos passos seguintes.



Como são vários os processos de soldagem e com etapas diferenciadas, os jovens podem elaborar **cartazes com as etapas de cada processo**, de modo a deixá-las bem visíveis para que possam ser consultadas nos momentos de dúvida.



### Passo 2 / Aula demonstrativa



20min

Demonstre a soldagem a arco submerso. Execute de forma que os jovens possam assimilar mais esta técnica de soldagem. Comente sobre os riscos, cuidados necessários e demonstre a correta utilização das EPIs.

## Vigésima Segunda e Vigésima Terceira Aulas

Estas duas aulas são dedicadas à prática de soldagem a arco submerso.



### Passo 1 / Aula prática



50min

Conforme a disponibilidade de equipamentos, EPIs e materiais, divida a turma em grupos. Supervisione a correta utilização dos mesmos e verifique a qualidade do trabalho realizado.

Nesta aula, os jovens executarão cordões de enchimento a partir das instruções do educador.

## Vigésima Quarta Aula

Esta aula tem como objetivo revisar os tipos de soldagens e corte térmico apresentados até este momento.



### Passo 1 / Exercício prático



50min

Os jovens, até este momento, aprenderam vários tipos de processos de soldagem e corte de chapas. Antes de continuarem o aprendizado, proponha uma revisão geral através da atividade que segue:

Em um saco ou recipiente qualquer, coloque várias questões referentes aos processos de soldagem e corte térmico de chapas. Podem ser questões bem específicas ou que reforcem as aprendizagens, tais como:

- Quais os métodos de corte térmico?
- Qual a diferença entre MIG e MAG?
- O que é arco submerso?
- Quais os passos para executar um oxicorte?

Divida a turma em dois grandes grupos homogêneos, evitando a formação de um grupo forte e outro fraco. Comece o jogo.

Cada grupo retira uma pergunta e a responde. Se o jovem que retirou a questão respondê-la corretamente, seu grupo ganha 10 pontos. Se ele não responder, ou errar, a questão pode ser repassada para o outro grupo e, se este acertar, ganha os 10 pontos.

Marque o resultado parcial em um placar, no quadro.

Ao final da aula, o grupo vencedor comemora!

Atenção! Se o número de questões for pequeno, o jogo termina logo!

## Vigésima Quinta Aula

Nesta aula será realizada uma visita técnica ao chão-de-fábrica para a observação da solda ponto e costura.



### Passo 1 / Divisão da turma



10min

Proceda à divisão da turma conforme a disponibilidade de técnicos para fazerem o acompanhamento dos jovens e orientá-los durante a visita.

Lembre de recomendar que assumam uma postura condizente com a de futuros profissionais, alertando-os para as questões de segurança no ambiente industrial.

Indique que, na próxima aula, com base no que observarem, será preparado um seminário a ser apresentado na aula subsequente.

Para tanto, peça que levem planilhas nas quais deverão fazer as anotações que considerarem importantes, inclusive aproveitando a disponibilidade dos técnicos para sanarem eventuais dúvidas ou curiosidades.



### **Passo 2 / Visita técnica**



40min

Realização da visita técnica dos aprendizes.

## **Vigésima Sexta Aula**

Nesta aula, os jovens prepararão o seminário que será apresentado na próxima aula.



### **Passo 1 / Divisão dos grupos e orientações**



10min

Os grupos podem ser os mesmos da visita ou, se necessário, serem redistribuídos.

É importante que seja definida uma estrutura mínima para que os jovens possam desenvolver painéis (tamanho, título, dados de autoria, data, foco ou tema, etc.), garantindo uma certa coerência e unidade no momento das apresentações.



### **Passo 2 / Preparação do seminário**



40min

Combine que a apresentação será feita em forma de painel elaborado por eles.

Indique quanto tempo cada grupo terá para apresentação.

Disponibilize papel pardo, cartazes, cola, tesoura, canetas, fita adesiva, revistas que possam ser recortadas, e materiais para consulta (revistas, livros, artigos, acesso à Internet, manuais, etc.).



Dependendo da turma, há a possibilidade de os jovens organizarem sua apresentação em *power point*, na sala de informática ou em transparências. Incentive a autonomia dos jovens! Caso isso ocorra, não esqueça de prever os equipamentos necessários para a projeção no dia do seminário.

## Vigésima Sétima Aula

Nesta aula será realizada a apresentação do seminário.



### Passo 1 / Organizando o seminário



10min

Indique a ordem das apresentações, alertando os grupos para que respeitem o tempo estipulado para cada um deles.

Sugira que um grupo seja o observador do outro, tendo o compromisso de questionar a apresentação dos colegas, através de perguntas pertinentes, que digam respeito ao tema apresentado.

Um jovem supervisionará o tempo de apresentação de cada grupo, alertando-os através da apresentação de cartões amarelo (quando faltarem 3 minutos para o final) e vermelho (quando o tempo estiver esgotado).



### Passo 2 / Apresentação dos grupos



40min

Propicie o debate entre os grupos, retomando os conhecimentos aprendidos. Estimule-os também a fazerem uma avaliação da atividade. As sugestões/críticas dos jovens e do educador devem ser anotadas e consideradas em uma próxima oportunidade.

## Vigésima Oitava Aula

Esta aula destina-se à realização de exercícios de fixação.



### Passo 1 / Exercício



35min

Para esta atividade, os exercícios deverão ser reproduzidos e entregues para os jovens, ou ainda, projetados em transparência a fim de que os mesmos copiem as questões.

**Educador,** neste momento muitas dúvidas surgem. Esteja atento para auxiliar os jovens na resolução dos exercícios, caso eles necessitem.

**1** Cite os equipamentos básicos utilizados na soldagem a arco submerso.

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

**2** Descreva brevemente o corte a laser.

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

**3** Quais os consumíveis na soldagem MIG/MAG?

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

**4** Diferencie o processo MIG do processo MAG.

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

**5** Como se apresenta o metal de adição no processo TIG?

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

**6** O que é corte térmico?

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

**7** Por que o corte a laser não pode ser operado manualmente?

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

**8** Como se obtém o plasma?

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

**9** O que é o fluxo de soldagem no arco submerso?

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

**10** O que é oxicorte?

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

**11** Conceitue soldagem por arame tubular.

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

**12** O que fazer no caso de retrocesso de chama no maçarico de corte?

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



## Passo 2 / Correção dos exercícios



15min

A correção dos exercícios (p. 65) pode ser feita oralmente, sempre esclarecendo as dúvidas dos jovens, complementando e reformulando as respostas que necessitem de reformulação. Nesse caso, socialize as dúvidas e valorize as soluções encontradas pelos jovens.

Ao final deste módulo, é importante que os jovens estejam seguros das informações recebidas e do conhecimento construído ao longo das aulas.



## 2 Automação de Soldagem

Vários processos de soldagem estão automatizados, usando robôs para aumentar a produtividade e obter um elevado padrão de qualidade.

O caderno Soldagem Industrial I indica que a qualidade da solda depende muito da habilidade do operador, que necessita ser qualificado através de ensaios em juntas soldadas.

Este capítulo procura indicar que também os jovens precisam estar constantemente atualizando seus conhecimentos técnicos, já que este evolui rapidamente e, na sociedade do conhecimento, não há espaço para trabalhador desatualizado e acomodado. A área da soldagem não é exceção.

Além do conhecimento teórico e prático dos diversos processos de soldagem, o jovem conhecerá as tecnologias mais modernas utilizadas no mundo da soldagem.

Será revisado o conceito de automação, já trabalhado no caderno de Tecnologia de Automação. Serão referidos motivos para a automatização e suas conseqüências.

Os tipos de equipamentos mais utilizados na automação da soldagem serão brevemente descritos e um conceito de célula de soldagem será apresentado.

### Objetivos

- Conceituar automação;
- Justificar a automação e perceber suas conseqüências;
- Conhecer os tipos de equipamentos utilizados na automação da soldagem e suas tecnologias;
- Perceber a necessidade de atualização tecnológica do soldador;

- Caracterizar uma célula de soldagem;
- Conhecer o universo da soldagem automatizada;
- Desenvolver postura técnica no ambiente industrial;
- Utilizar corretamente equipamentos de proteção individual.

# Primeira Aula

Esta aula introduzirá a automação, seus conceitos, necessidades e conseqüências para a indústria e para o soldador.



## Passo 1 / Aula teórica



50min



Esta aula pode ser dialogada, propondo aos jovens que indiquem seu conhecimento sobre automação, observada nas várias visitas realizadas nas aulas anteriores, ou no seu dia-a-dia. E na vida prática? Onde a automação pode ser observada?

Peça que tentem lembrar onde observaram sistemas automatizados, os elementos que os compõem, enumerando-os, etc.

O educador poderá solicitar aos jovens que elaborarem um gráfico, indicando os elementos que imaginam compor um sistema de automação qualquer, ou mesmo, que enumerem os motivos que podem levar uma empresa a automatizar o processo de produção e suas possíveis conseqüências.

Após, exponha os conceitos teóricos, sanando dúvidas e fazendo as correções devidas.

## Automação

Automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem.

A maioria dos sistemas modernos de automação, como os utilizados nas indústrias automobilística e petroquímica e nos supermercados, é extremamente complexa e requer muitos ciclos de realimentação.

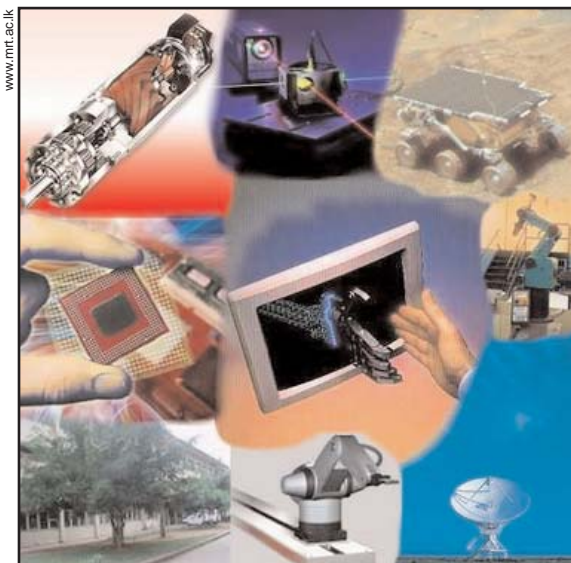


Fig. 1 – Automação industrial.



#### Termopares

Termopar é um tipo de sensor de temperatura muito simples, robusto, barato e de fácil utilização. O dispositivo gera eletricidade a partir de diferenças de temperatura. Dois fios condutores de eletricidade, por exemplo, o cobre e uma liga de cobre-níquel, chamada *constantan*, quando unidos em uma de suas extremidades, geram uma tensão elétrica, que pode ser medida na outra extremidade, se existir diferença de temperatura entre elas. Como a diferença de potencial é proporcional à diferença de temperatura entre suas junções, este princípio, denominado efeito *Seebeck*, em homenagem ao cientista que o descreveu, é amplamente utilizado para medir temperatura na indústria, em muitos tipos de máquinas e equipamentos.

#### Encoder

É um sensor que se vale da interrupção de um feixe de luz, visível ou não, entre um transmissor e um receptor para gerar pulsos proporcionais ao deslocamento do dispositivo que está acoplado ao disco (*encoder rotacional*) ou à régua (*encoder linear*).

#### Marketing

*Marketing* nada mais é do que o ato de conhecer o mercado de atuação de uma empresa, para posteriormente oferecer, de forma inovadora e criativa, os produtos e serviços que esse mercado deseja, ou, como diz *Raimar Richers*, um famoso educador da área e reconhecido propagador do tema: "Marketing é entender e atender clientes".

Cada sistema de automação é constituído de cinco elementos:

- 1 Acionamento:** provê o sistema de energia para atingir determinado objetivo, como é o caso de motores elétricos, de pistões hidráulicos, etc;
- 2 Sensoriamento:** mede o desempenho do sistema de automação ou uma propriedade particular de algum de seus componentes. Exemplos: **termopares** para medição de temperatura e **encoders** para medição de velocidade;
- 3 Controle:** utiliza a informação dos sensores para regular o acionamento. Por exemplo, para manter o nível de água num reservatório, é usado um controlador de fluxo que abre ou fecha uma válvula, de acordo com o consumo. Mesmo um robô requer um controlador, para acionar o motor elétrico que o movimenta;
- 4 Comparador ou elemento de decisão:** compara os valores medidos com valores preestabelecidos e toma a decisão de quando atuar no sistema. Os termostatos e os programas de computadores são exemplos desse elemento;
- 5 Programas:** contêm informações de processo e permitem controlar as interações entre os diversos componentes.

### Motivos para automatizar

- Trata-se de um processo de evolução tecnológica irreversível;
- Valoriza o ser humano, liberando-o da execução de tarefas cansativas e repetitivas, ou de situações de trabalho insalubres e de risco;
- Aumenta a qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração;
- Favorece o enriquecimento pelo menor custo do produto (pela baixa manutenção, ou pela rapidez e precisão na execução de tarefas) ou pelo aumento de produtividade (num curto período de tempo);
- Constitui uma questão de sobrevivência e forte apelo de **marketing**, dentro de um mercado altamente competitivo;
- Cria empregos diretos e indiretos, além de novos empregos relacionados com a manutenção, desenvolvimento e supervisão de sistemas;

- Estimula a busca pela qualidade do produto e pela satisfação do cliente.

### Algumas conseqüências da automatização

- Aumenta a produtividade e a qualidade dos serviços realizados;
- Aumenta o nível de desemprego para profissionais de baixa qualificação;
- Exige atualização por parte dos trabalhadores;
- Extingue profissões que utilizam tarefas rotineiras.

### Automação da soldagem

O processo de soldagem é automatizado com o auxílio de robôs industriais.

Robôs industriais são máquinas controladas por computador e destinadas a realizar uma grande variedade de tarefas. São também flexíveis e polivalentes, dependendo da ferramenta e do programa que for comandado.



Fig. 2 – Robôs de solda.

Um robô<sup>1</sup> é composto, basicamente, de uma série de partes (corpo, braço, antebraço, etc) articuladas e acionadas por motores elétricos. O conjunto de posições de cada peça num certo momento determina a posição da extremidade (punho) do robô, onde é fixada a ferramenta com a qual irá trabalhar. Para cada motor elétrico, há um sensor de posição.



#### Sensor

Dispositivo de entrada que converte um sinal de qualquer espécie em outro sinal que possa ser transmitido ao elemento indicador, para que este mostre o valor da grandeza que está sendo medida.



<sup>1</sup> O primeiro robô industrial apareceu em 1960, aproximadamente. Ele foi usado, primeiramente, para carregar e descarregar peças em máquinas. Posteriormente, foi empregado na soldagem, pois os postos de trabalho de soldagem apresentam um ambiente inseguro e pouco confortável ao trabalho humano, pelas radiações térmica e luminosa, os gases e as fagulhas metálicas nele presentes; o soldador era obrigado a manejar equipamentos e colocar-se em posições desconfortáveis para efetuar a tarefa num ponto específico da peça, o que lhe causava fadiga e comprometia a qualidade do serviço.

Os motores e os sensores estão ligados ao computador que controla o robô. Por meio de programa, o computador compara as instruções fornecidas antes com a posição atual, conhecida por intermédio de sensores. Caso ela seja diferente da programada, o robô faz a correção necessária.

Os processos de soldagem MIG e por resistência elétrica (solda a ponto) são as aplicações mais comuns dos robôs na soldagem. O principal usuário dos robôs de solda a ponto é a indústria automobilística. Neste caso, para que o robô possa desempenhar seu trabalho, é fixada ao punho do robô uma pistola de soldagem MIG.

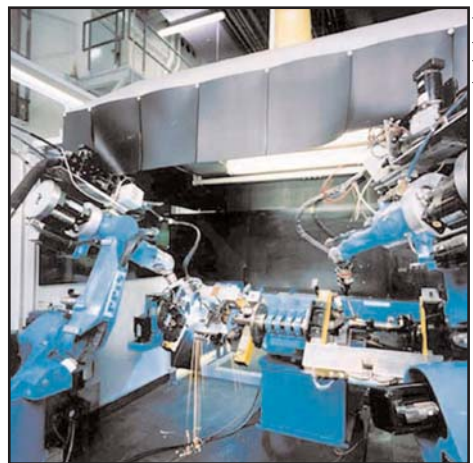


Fig. 3 – Robô de solda MIG.

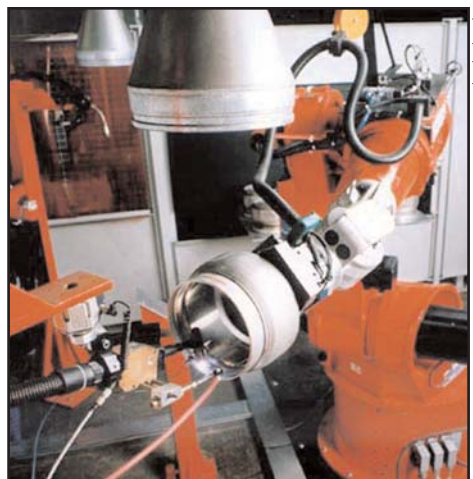


Fig. 4 – Robô de solda TIG.

Numa linha de produção, existem várias células de soldagem. Nelas estão todos os equipamentos necessários à realização do trabalho do robô.

Por exemplo, no caso da soldagem MIG, há o equipamento da solda MIG com alimentador automático de arame de solda, o dispositivo de fixação da peça a ser soldada e uma tela de proteção que isola a área de

trabalho, caso um operador entre na zona de alcance da máquina, enquanto ela estiver em funcionamento.



Fig. 5 – Robôs de soldagem.

Outro exemplo é a soldagem de carroceria de automóveis numa montadora por solda a ponto.

Os robôs são controlados por computadores de grande capacidade de armazenamento de dados e elevada velocidade de realização de cálculos matemáticos.



Fig. 6 – Linha de soldagem automatizada.

Na soldagem ao arco elétrico, os computadores controlam os movimentos do robô, de modo a assegurar uma distância constante entre o eletrodo e a peça, garantindo a formação de um arco voltaico satisfatório. Além disso, controlam as velocidades do braço do robô e da alimentação do arame do eletrodo, de modo a viabilizar um cordão de solda de boa qualidade.

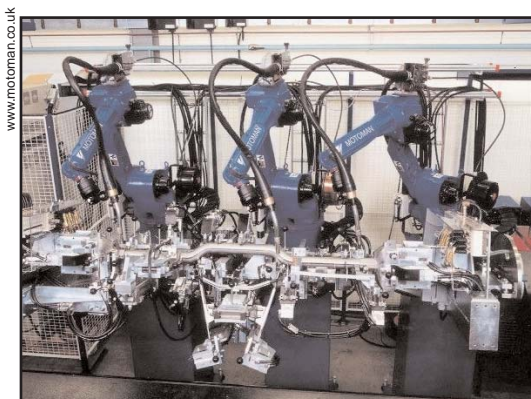


Fig. 7 – Célula de soldagem.

Uma das técnicas utilizadas é o *Teaching*, ou ensino, que é a movimentação manual do robô por meio de um painel de controle de onde o robô é deslocado para todas as posições em que deve realizar uma soldagem. A posição é memorizada pelo computador e, então, ele se torna apto a realizar as operações automaticamente.

### **Novo perfil do soldador**

A sociedade ativa da revolução industrial era formada por operários executores de tarefas repetitivas, dentro de uma concepção mecânica, tornando-os escravos da máquina. Na sociedade atual, os trabalhadores são portadores de conhecimento, executores de si mesmos, protagonistas de um novo significado do trabalho, decorrente da revolução científica e técnica.

#### **O novo perfil do soldador valoriza:**

- Visão ampla, com capacidade de adaptação em outras áreas da empresa, graças à flexibilidade pessoal que amplia suas condições de empregabilidade;
- Disciplina e automotivação;
- Disposição para aprender e iniciativa para desenvolver suas próprias habilidades.

**Educador**, os itens apresentados de modo teórico podem ser desenvolvidos através do diálogo com os jovens. Nesse caso, é interessante que eles possam trazer a memória dos operários mais antigos da fábrica (eventualmente seus avós, ou seus pais) e o depoimento relativo às mudanças que aconteceram na fábrica e com eles mesmos, tendo em vista o interesse de se manterem ativos e produtivos.

## **Segunda Aula**

Esta aula tem como objetivo realizar uma visita técnica para que os aprendizes observem a automação da soldagem.



### **Passo 1 / Divisão dos grupos**



5min

Dividir os grupos em no máximo seis jovens para realizar a visita técnica na área de automação da soldagem.



As montadoras de automóveis são as que mais utilizam a automação. Seria muito interessante que os jovens pudessem visitar o setor de soldagem de uma delas. Caso isso não seja possível, escolha, no entorno, uma indústria que tenha exemplos de automação da soldagem e faça os acertos com os responsáveis pelo setor com antecedência, a fim de que a visita seja otimizada. Quanto aos jovens, motive-os a terem uma postura investigativa durante a visita, anotando suas descobertas e dúvidas e entrevistando os operadores a fim de descobrirem aspectos relativos às formas de interação do homem com a máquina e outras curiosidades.



## Passo 2 / Visita técnica



45min

Proceda à visita técnica sempre lembrando as questões de segurança e postura no ambiente da fábrica.

Informe aos jovens que, na aula seguinte, todos deverão trazer as suas anotações.

## Terceira Aula

Nesta aula, os jovens farão um relato oral e crítico a respeito da experiência da visita e realizarão exercícios de fixação.



## Passo 1 / Relato oral



20min

Todos os jovens devem participar! Distribuindo a palavra ou inquirindo os mais tímidos, incentive todos a relatarem suas descobertas e curiosidades e a manifestarem suas dúvidas. Sempre que for necessário, rememore alguma etapa da visita e reforce conhecimentos obtidos. É importante que o ambiente seja descontraído, oportunizando a troca de informações. Por isso o tempo deve ser controlado, evitando monopólio da palavra e oportunizando que todos se expressem.



## Passo 2 / Exercício



10min

Esta parte da aula está destinada à realização do exercício que segue.

### 13 Complete as lacunas em branco:

- a** ..... é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem.
- b** ..... são características do novo perfil do soldador.
- c** ..... é composto, basicamente, de uma série de partes (corpo, braço, antebraço, etc.) articuladas e acionadas por motores elétricos.
- d** Aumento da produtividade e qualidade dos serviços realizados são .....  
..... da automação industrial.
- e** Aumento da qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração é um ..... para automatizar.
- f** Na soldagem ao arco elétrico, os ..... controlam os movimentos do robô, de modo a manter uma distância constante entre o eletrodo e a peça, garantindo a formação de um arco voltaico satisfatório.
- g** Uma das técnicas utilizadas é o ..... ou ..... ,que é a movimentação manual do robô por meio de um painel de controle de onde o robô é deslocado para todas as posições necessárias à realização de uma soldagem,. Esta posição é memorizada pelo computador e, então, o mesmo está apto a realizar as operações automaticamente
- h** Os processos de ..... e por ..... (solda a ponto) são as aplicações mais comuns dos robôs na soldagem.
- i** Os ..... e os ..... estão ligados ao computador que controla o robô.
- j** Cada sistema de automação compõe-se de cinco elementos que são: .....  
..... , ..... , ..... , ..... e .  
.....



### Passo 3 / Correção do exercício



10min

Realize a correção do exercício oralmente (p. 65), discutindo as dúvidas e esclarecendo-as através de exemplos, sempre que possível.

## Quarta Aula

Nesta aula será realizada a avaliação teórica parcial dos conhecimentos dos jovens construídos ao longo dos capítulos de Prática de Soldagem e Corte e Automação de Soldagem, conforme sugestão que segue.

**PROJETO ESCOLA FORMARE**

**CURSO:** .....

**ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial II**

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

**Avaliação Teórica**

**1** Descreva resumidamente o processo de soldagem TIG.

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

**2** Diferencie o processo de soldagem MIG do processo de soldagem MAG.

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

**3** Comente sobre a armazenagem de eletrodos de arames tubulares.

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

**4** Conceitue corte térmico de chapas.

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

**5** Quais os equipamentos necessários para realizar um oxicorte? .....

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

**6** Descreva a geração de um plasma.

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

**7** Descreva o que ocorre durante a soldagem a arco submerso.

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

**8** Conceitue automação industrial.

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

**9** Relacione o processo MIG com a indústria automobilística.

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

**10** Conceitue célula de soldagem.

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

# Quinta 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 encontra-se a seguir para reprodução.

**PROJETO ESCOLA FORMARE**

**CURSO:** .....

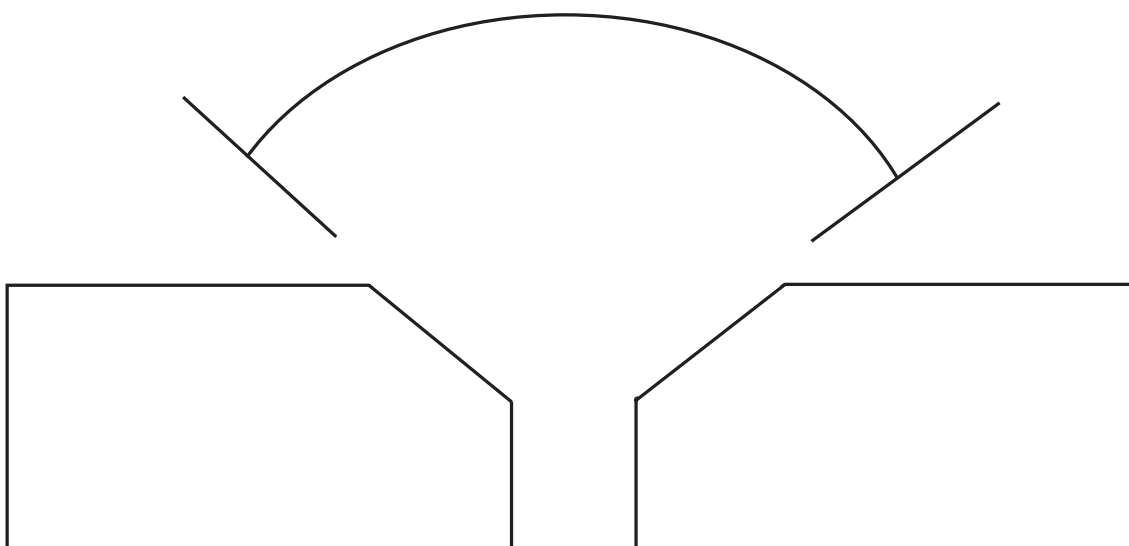
**ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial II**

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

**Avaliação Prática**

Execute um cordão de solda horizontal pelo processo de soldagem TIG ou MIG/MAG para a junta mostrada abaixo:

60° a 80°





## Gabarito dos exercícios

- 1** O equipamento básico para soldagem a arco submerso consiste de uma fonte de energia, uma tocha de soldagem, um alimentador de arame, um sistema de controle, um dispositivo para alimentação do fluxo, um par de cabos elétricos e uma garra para fixação do cabo a peça.
- 2** O corte a laser (*Laser Beam Cutting*, LBC) é baseado na ação de um feixe de luz coerente concentrado sobre a peça. A elevada densidade de energia utilizada possibilita a fusão e vaporização do material na região, sendo atingida pelo laser, o que leva à remoção de material e à ação de corte.
- 3** Na soldagem MIG/MAG, os consumíveis são o eletrodo (também chamado de arame) ou metal de adição; o gás de proteção e, em alguns casos, um líquido para a proteção da tocha e das regiões adjacentes à solda, contra a adesão de respingos.
- 4** MIG, quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão. MAG, quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão, normalmente CO<sub>2</sub> – dióxido de Carbono.
- 5** Para soldagem manual, o metal de adição é fornecido na forma de varetas. Para a soldagem mecanizada, o metal é fornecido na forma de um fio enrolado em bobinas. Os diâmetros dos fios e das varetas são padronizados e variam entre 0,5 e 5 mm. O diâmetro é escolhido em função da espessura das peças ou da quantidade de material a ser depositado e dos parâmetros de soldagem.
- 6** Corte térmico é o processo de separação metálica com a utilização de uma fonte de calor.
- 7** Os sistemas a laser não podem ser operados manualmente, pois o processo envolve alta concentração de energia, uma vez que o feixe deve ser muito concentrado e o corte ocorre a velocidades muito altas.
- 8** Se for adicionada mais energia ao estado gasoso de uma substância, algumas de suas propriedades são modificadas substancialmente, tais como a temperatura e características elétricas. Este processo é chamado de ionização, ou seja, a criação de elétrons livres e íons entre os átomos do gás. Quando isto acontece, o gás torna-se um "plasma", sendo eletricamente condutor, pelo fato de os elétrons livres transmitirem a corrente elétrica.
- 9** O fluxo de soldagem é um composto granulado formado por uma mistura de óxidos e outros minerais e, eventualmente, ferro-ligas.
- 10** O oxicorte é o processo de cisalhamento de metais pela combustão localizada e contínua devido à ação de um jato de Oxigênio, de elevada pureza, agindo sobre um ponto previamente aquecido por uma chama oxicom bustível.
- 11** O processo de soldagem por Arame Tubular é definido como um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário à ligação das partes é fornecido por um arco elétrico, estabelecido entre a peça e um arame alimentado continuamente.
- 12** Caso haja retrocesso de chama, não jogue o maçarico no chão. Há um tempo de 10 a 15 s, com segurança, para fechar as válvulas dos cilindros.
- 13**
  - a** Automação
  - b** Disciplina e automotivação
  - c** Robô
  - d** conseqüências
  - e** motivo
  - f** computadores
  - g** Teaching ou ensinamento

- h** soldagem MIG e por resistência elétrica
- i** motores e sensores
- j** acionamento, sensoriamento, controle, comparador e programas.

### Gabarito avaliação teórica

- 1** O processo TIG (*Tungsten Inert Gas*) utiliza como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça a soldar. A proteção da região de soldagem é feita por um fluxo de gás inerte. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição e pode ser manual ou automática.
- 2** MIG, quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão. MAG, quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão, normalmente CO<sub>2</sub> – dióxido de Carbono.
- 3** Tradicionalmente, arames tubulares não requerem procedimentos de estocagem especiais. A embalagem em saco plástico com a presença de sílica-gel tem provado ser uma proteção adequada, quando o produto é armazenado a uma temperatura mínima de 18°C, a uma umidade relativa máxima de 70%. Recomenda-se o empilhamento máximo de sete caixas, uma sobre a outra. Caso seja necessário empilhamento de paletes, deve-se usar suporte de madeira entre os paletes. Embalagens originais não violadas Temperatura ambiente mínima: + 18°C Umidade relativa máxima: 70%. Estufagem: remover a caixa externa, o saco plástico, a sílica-gel, o suporte de papelão e o papel parafinado. Faixa de temperatura: 45 – 50°C.
- 4** Corte térmico é o processo de separação metálica com a utilização de uma fonte de calor. Essa fonte de calor pode vir de uma chama, um arco plasma ou um feixe luminoso de alta densidade, o laser. As aplicações de corte térmico são as mais diversas, desde chapas mais finas para a fabricação de componentes elétricos, até a fabricação de mancais e engrenagens de algumas polegadas de espessura.
- 5** Um maçarico de corte, um regulador de pressão para Oxigênio, um regulador de pressão para acetileno e dispositivos de segurança (válvulas anti-retrocesso).
- 6** Usualmente a definição de plasma é tida como sendo o quarto estado da matéria. Costuma-se pensar normalmente em três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso). O que os diferencia é o nível de energia. Se adicionarmos mais energia ao estado gasoso de uma substância, algumas de suas propriedades são modificadas significativamente tais como a temperatura e características elétricas. Este processo é chamado de ionização, ou seja, a criação de elétrons livres e íons entre os átomos do gás. Quando isto acontece, o gás torna-se um "plasma", sendo eletricamente condutor pelo fato de os elétrons livres transmitirem a corrente elétrica.
- 7** Durante a soldagem, o calor produzido pelo arco elétrico funde uma parte do fluxo, o material de adição (arame) e o metal de base, formando a poça de fusão. A zona de soldagem fica sempre protegida pelo fluxo escorificante, parte fundido e uma cobertura de fluxo não fundido. O eletrodo permanece a uma pequena distância acima da poça de fusão e o arco elétrico se desenvolve nesta posição. Com o deslocamento do eletrodo ao longo da junta, o fluxo fundido sobrenada e se separa do metal de solda líquido, na forma de escória. O metal de solda que tem ponto de fusão mais elevado do que a escória, solidifica-se enquanto a escória permanece fundida por mais algum tempo. A escória também protege o metal de solda recém-solidificado, pois este é ainda, devido a sua alta temperatura, muito reativo com o Nitrogênio e o Oxigênio da atmosfera tendo a facilidade de formar óxidos e nitretos que alterariam as propriedades das juntas soldadas.

- 8** Automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem.
- 9** Os processos de soldagem MIG e por resistência elétrica (solda a ponto) são as aplicações mais comuns dos robôs na soldagem. O principal usuário dos robôs de solda a ponto é a indústria automobilística. Neste caso, para que o robô possa desempenhar seu trabalho, é fixado, ao punho do robô, uma pistola de soldagem MIG.
- 10** Numa linha de produção podemos identificar várias células de soldagem. Nestas células estão todos os equipamentos necessários à realização do trabalho do robô. Por exemplo, no caso da soldagem MIG, temos o equipamento da solda MIG com alimentador automático de arame de solda, o dispositivo de fixação da peça a ser soldada, uma tela de proteção que isola a área de trabalho caso um operador entre na zona de alcance da máquina enquanto esta estiver executando seu trabalho.



## Glossário

### **Encoder**

É um sensor que se vale da interrupção de um feixe de luz, visível ou não, entre um transmissor e um receptor para gerar pulsos proporcionais ao deslocamento do dispositivo que está acoplado ao disco (encoder rotacional) ou à régua (encoder linear).

### **Escorificante**

Parte do fluxo sobre a poça de fusão, formado pela escória.

### **Gases nobres**

O termo nobre se refere à ausência de reatividade química nesses gases inertes. São seis os gases nobres: hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio.

### **Mancais**

Pode ser definido como suporte ou guia em que se apóia um eixo. No ponto de contato entre a superfície do eixo e a superfície do mancal, ocorre atrito. Dependendo da solicitação de esforços, os mancais podem ser de deslizamento ou de rolamento.

### **Marketing**

Marketing nada mais é do que o ato de conhecer o mercado de atuação de uma empresa, para posteriormente oferecer, de forma inovadora e criativa, os produtos e serviços que esse mercado deseja, ou, como diz Raimar Richers, um famoso educador da área e reconhecido propagador do tema: "Marketing é entender e atender clientes".

### **Óxidos**

São compostos constituídos por um elemento químico qualquer ligado ao oxigênio.

### **Sensores**

Dispositivos de entrada que convertem um sinal de qualquer espécie em outro sinal que possa ser transmitido ao elemento indicador, para que este mostre o valor da grandeza que está sendo medida.

### **Termopares**

É um tipo de sensor de temperatura muito simples, robusto, barato e de fácil utilização. O dispositivo gera eletricidade a partir de diferenças de temperatura. Dois fios condutores de eletricidade, por exemplo, o cobre e uma liga de cobre-níquel, chamada constantan, quando unidos em uma de suas extremidades, geram uma tensão elétrica, que pode ser medida na outra extremidade, se existir diferença de temperatura entre elas. Como a diferença de potencial é proporcional à diferença de temperatura entre suas junções, este princípio, denominado efeito Seebeck, em homenagem ao cientista que o descreveu, é amplamente utilizado para medir temperatura na indústria, em muitos tipos de máquinas e equipamentos.



## Referências

- CHIAVERINI, Vicente, *Tecnologia mecânica: processos de fabricação e tratamento*. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. v. 2
- SILVEIRA, P. R. e SANTOS, W. E. *Automação e controle discreto*. São Paulo: Érica, 1998.
- Telecurso 2000. *Mecânica - processos de fabricação*. São Paulo: Globo, 2000. v.4.
- Telecurso 2000. *Mecânica - processos de fabricação*. São Paulo: Globo, 2000. v.1
- Telecurso 2000. *Mecânica: automação*. São Paulo: Globo, 2000.
- WAINER, Emílio, BRANDI, S. D. e MELLO, F. D. H. de. *Soldagem: processos e metalurgia*. São Paulo: Edgard Blücher, s.d.
- [www.abs-soldagem.org.br](http://www.abs-soldagem.org.br)
- [www.aga.com.br/international/web/lg/br/likelgagabr.nsf/DocByAlias/app\\_cw\\_laser\\_cut](http://www.aga.com.br/international/web/lg/br/likelgagabr.nsf/DocByAlias/app_cw_laser_cut)
- [www.apm-bcn.com/imagenes](http://www.apm-bcn.com/imagenes)
- [www.ecos.org.br/projetos/brasilandia/imgs](http://www.ecos.org.br/projetos/brasilandia/imgs)
- [www.esab.com.br](http://www.esab.com.br)
- [www.ethos.ind.br](http://www.ethos.ind.br)
- [www.flukeengenharia.com.br](http://www.flukeengenharia.com.br)
- [www.francovigh.com.ar](http://www.francovigh.com.ar)
- [www.gerdau.com.br](http://www.gerdau.com.br)
- [www.help-temperatura.com.br/html/interesse/temp.html](http://www.help-temperatura.com.br/html/interesse/temp.html)
- [www.hornell.com/upload/Welding](http://www.hornell.com/upload/Welding)
- [www.infomet.com.br](http://www.infomet.com.br)
- [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)
- [www.metaltipo.com.br](http://www.metaltipo.com.br)
- [www.motoman.co.uk](http://www.motoman.co.uk)
- [www.mrt.ac.lk/iarc/main\\_files](http://www.mrt.ac.lk/iarc/main_files)
- [www.perfer.com.br](http://www.perfer.com.br)
- [www.reisrobotics.de/img/reisrobotics\\_/01\\_bilder/WITZENMANN](http://www.reisrobotics.de/img/reisrobotics_/01_bilder/WITZENMANN)
- [www.robot-welding.com/images](http://www.robot-welding.com/images)
- [www.serrasold.com/sbi/instala.htm](http://www.serrasold.com/sbi/instala.htm)
- [www.tomirottis.com.br](http://www.tomirottis.com.br)



## PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

### ÁREA DO CONHECIMENTO: Soldagem Industrial II

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

**Outras observações, contribuições ou críticas:**

Data: .....  
Eduador: .....  
Endereço para contacto: .....

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