

# Materiais e Processos de Produção

---



 **FORMARE**

Coordenação do Programa Formare	<b>Beth Callia</b>
Coordenação Pedagógica	<b>Zita Porto Pimentel</b>
Coordenação da Área Técnica – UTFPR	<b>Alfredo Vrubel</b>
Elaboração e edição	<b>VERIS</b> Educacional S.A. Rua Vergueiro, 1759 2º andar 04101 000 São Paulo SP www.veris.com.br
Coordenação Geral	<b>Marcia Aparecida Juremeira Conrado</b> <b>Rosiane Aparecida Marinho Botelho</b>
Coordenação Técnica deste caderno	<b>César da Costa</b>
Revisão Pedagógica	<b>Simone Afini Cardoso Brito</b>
Autoria deste caderno	<b>César da Costa</b>
Produção Gráfica	<b>Amadeu dos Santos</b> <b>Eliza Okubo</b> <b>Aldine Fernandes Rosa</b>
Apoio	<b>MEC</b> – Ministério da Educação <b>FNDE</b> – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação <b>PROEP</b> – Programa de Expansão da Educação Profissional

---

C837m Costa, César da

Materiais e Processos de Produção: Projeto Formare / César da Costa – São Paulo: Veris Educacional, 2007. 156p. :il. Color.:30cm. (Fundação Iochpe / Cadernos Formare)

Inclui exercícios e glossário  
Bibliografia

ISBN 978-85-60890-18-7

1. Ensino Profissional 2. Metais não-ferrosos  
3. Generalidades 4. Metais ferrosos e processos de manufatura por usinagem 5. Semiprodutos metálicos e seus processos de manufatura 6. Plásticos industriais 7. Madeira, fibras e seus processos de produção 8. Medição dimensional e tolerância  
I. Projeto Formare II. Título III. Série

CDD-371.426

---

Iniciativa

FUNDAÇÃO  
  
**IOCHPE**

Realização

  
**FORMARE**

**Fundação IOCHPE**

Al. Tietê, 618 casa 3, Cep 01417-020, São Paulo, SP  
www.formare.org.br

# Formare: uma escola para a vida

Ensinar a 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 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 esse 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.

Convenciona-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 ofereça aos jovens uma preparação para a vida. Propõe-se 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 futura** – 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 capítulo 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 quais serão os **objetivos** do tópico a ser abordado, bem como o objetivo de cada aula.



Exploração de **links na internet** – Remete a pesquisas em *sites* onde educador e aluno poderão buscar textos e/ou atividades como reforço extraclasse ou não.



Apresenta **artigos relacionados** à temática do curso, podendo-se incluir sugestões de livros, revistas ou jornais, subsidiando, dessa maneira o desenvolvimento das atividades propostas. Permite ao educador explorar novas possibilidades de conteúdo. Se achar necessário, o educador poderá fornecer esse texto para o aluno reforçando, assim, o seu aprendizado.



Traz **sugestão de exercício ou atividade** para fechar uma aula para que o aluno possa exercitar a aplicação do conteúdo.



Traz **sugestão de avaliação extraclasse** podendo ser utilizada para fixação e integração de todos os conteúdos desenvolvidos.



Traz **sugestão de avaliação**, podendo ser apresentada ao final de um conjunto de aulas ou tópicos; valerão nota e terão prazo para serem entregues.



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 constituir em suporte para as explicações do educador (por esse motivo todas elas aparecem anexas 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 perante o 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



Apresenta materiais em condições de serem produzidos e entregues aos jovens, tratados, no interior do caderno, como texto de apoio.

---

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 propriedade 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 gráficos;
- identificação de dados e de evidências relativas a uma atividade experimental;
- conhecimento de propriedades e relações entre conceitos em uma situação nova.

Como você 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 ele, 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.



# Introdução

O desenvolvimento de projetos educacionais tem evoluído rapidamente nas últimas décadas. 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 encontra-se associados. O que se propõe nesse caderno de Materiais & Processos de Produção não é apenas uma compilação de textos técnicos, mas a construção de um guia de referência para o educador, concebida a partir de uma prática pedagógica centrada na formação profissional.

O objetivo deste caderno é apresentar ao educador, por meio de uma visão analítica, visando à aplicação teórica e prática, os diversos conceitos relativos aos Materiais & Processos de Produção. Esses conceitos formarão as bases teórica e prática necessárias na construção do conhecimento dos jovens estudantes, transformando-os em futuros trabalhadores qualificados para a Manufatura de produtos e Componentes Industriais.

Trata-se de um guia prático para o educador, que pelas suas características, leva em consideração a sua experiência profissional na área de Manufatura. Não ignora que o conhecimento construído a partir da utilização deste guia, dependerá das condições do grupo de jovens estudantes e da disposição para ensinar do educador, sendo de excelente ajuda na preparação e execução das aulas a serem ministradas. Cada aula apresenta um roteiro contendo: a duração da aula, materiais necessários que o educador deverá ter em mãos. Entretanto, o educador não precisa limitar-se ao conteúdo apresentado; sua criatividade e experiência profissional, lhe permitirão desenvolver outras alternativas mais adequadas à natureza do grupo de estudantes.

O caderno é composto por 7 capítulos. O capítulo 1 apresenta o conceito de material, matéria – prima, produto, ferramenta, materiais naturais, propriedades mecânicas dos materiais e fatores de escolha dos materiais; está dividido em 3 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada. O capítulo 2 traz um estudo detalhado sobre metais ferrosos, características do ferro fundido e do carbono, aços especiais e aços – ligas, noções de tratamento térmico e corrosão; e processos de manufatura por usinagem; está dividido em 4 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada, 2 aulas práticas de 50 minutos, sendo uma visita ao laboratório de metalografia e uma visita a uma ferramentaria. O capítulo 3 apresenta um estudo sobre metais não-ferrosos, ligas de cobre e ligas de alumínio; está dividido em 2 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada. O capítulo 4 expõe os semiprodutos metálicos, características de chapas, perfis, tarugos e fios de aço; características de produtos fabricados por estampagem e soldagem; está dividido em 3 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada, e uma avaliação teórica referente aos capítulos 1, 2 e 3. O capítulo 5 apresenta um estudo sobre plásticos de uso industrial, suas propriedades e aplicações em produtos. está dividido em duas aulas teóricas de 50 minutos de duração cada, uma aula prática e uma visita a processo de fabricação de produtos plásticos. O capítulo 6 apresenta a madeira, as fibras têxteis, o papel e seus processos de produção, está dividido em 3 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada e uma avaliação teórica referente aos capítulos 5 e 6. O capítulo 7 mostra o histórico da medição, conceitos de unidade, sistema métrico de medição, sistema inglês de medição, uso da escala de aço, uso da trena, princípios de funcionamento, conservação e uso dos paquímetros universais; está dividido em nove 7 aulas teóricas de 50 minutos de duração cada e duas aulas práticas de 50 minutos.

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. 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 estudantes.

# Sumário

## 1 Generalidades

### Primeira Aula

Material .....	23
Matéria-prima .....	23
Produto .....	23
Ferramenta .....	24
Instrumentos .....	24

### Segunda Aula

Materiais naturais .....	25
Materiais sólidos .....	25
Metais .....	26
Cerâmico .....	26
Polímero .....	26
Compósitos .....	27

### Terceira Aula

Maleabilidade .....	28
Ductilidade .....	28
Tenacidade .....	28
Elasticidade .....	29
Resistência do material .....	29
Tração .....	29
Compressão .....	30
Tensão de Cisalhamento .....	31
Fatores de escolha do material .....	32

## 2 Metais Ferrosos e Processos de Manufatura por Usinagem

### Primeira Aula

Ferro fundido .....	35
Ferro fundido cinzento .....	35
Ferro fundido branco .....	36

### Segunda Aula

Aço carbono .....	37
Fases para obtenção do aço .....	37
Características do aço carbono .....	38
Formas comerciais do aço .....	38

Terceira Aula	
Resistência à ruptura .....	39
Influência do carbono nas características do aço .....	40
Classificação dos aços .....	40
Quarta Aula	
Diferenciação entre ferro fundido e aço carbono.....	44
Quinta Aula	
Fases do tratamento térmico .....	45
Finalidades do tratamento térmico dos aços .....	45
Tipos de tratamento térmico de aços.....	46
Proteção contra a corrosão.....	47
Processos de proteção das superfícies metálicas contra a corrosão.....	48
Sexta Aula	
Peças confeccionadas por usinagem .....	49
<b>3 Metais Não-Ferrosos</b>	
Primeira Aula	
As principais ligas de cobre .....	53
Propriedades do latão.....	53
Tipos de latões usuais .....	54
Apresentação comercial e usos do latão .....	54
Propriedades do bronze.....	54
Tipos de bronze usuais.....	54
Usos do bronze.....	55
Segunda Aula	
Ligas de alumínio.....	56
Propriedades do alumínio.....	57
Tipos de ligas de alumínio e aplicações .....	57
<b>4 Semiprodutos Metálicos e seus Produtos de Manufatura</b>	
Primeira Aula	
Semiprodutos metálicos.....	61
Perfil ou perfilado .....	61
Chapas .....	62
Tarugos ou aços redondos .....	63
Tubos .....	63
Segunda Aula	
Laminação .....	64
Laminação a quente .....	65

Laminação a frio .....	66
Terceira Aula	
Estampagem.....	67
Soldagem.....	68
Processos de soldagem.....	69
Quarta Aula	
Avaliação Teórica .....	71
<b>5 Plásticos Industriais</b>	
Primeira Aula	
Materiais plásticos .....	77
Polímeros.....	77
Classificação geral dos materiais plásticos .....	78
Elastômeros (Borrachas).....	79
Segunda Aula	
Ensaio de queima de material termoplástico e termofixo .....	80
Terceira Aula	
Características dos polímeros .....	81
Polimerização por adição.....	81
Polimerização por condensação.....	82
Principais produtos .....	82
Quarta Aula	
Processos de fabricação de produtos plásticos.....	84
Processos de fabricação de materiais termoplásticos.....	84
Processos de fabricação de materiais termofixos .....	84
Moldagem .....	84
Reciclagem .....	85
Vantagens da reciclagem .....	85
<b>6 Madeira, Fibras, Papel e seus Processos de Produção</b>	
Primeira Aula	
Madeira.....	89
Uso da madeira.....	89
Móveis de escritório.....	90
Segunda Aula	
Fibra têxtil .....	92
Fiação de fibra descontínua.....	92
Fiação a Anel.....	92
Fiação <i>Open End</i> .....	93

Fiação de fibra de fios contínuos .....	93
Tecido .....	93
Processo de transformação de fibra em tecido .....	94
Terceira Aula	
Etapas do processo de produção do papel .....	94
Polpação .....	95
Branqueamento .....	95
Papel.....	96
Quarta Aula	
Avaliação Teórica .....	97

## 7 Medição Dimensional e Tolerância

Primeira Aula	
Histórico da medição .....	103
Sistema Métrico .....	103
INMETRO .....	104
Segunda Aula	
Metrologia .....	105
O Sistema Métrico Decimal .....	105
O Sistema Internacional de Unidades - SI.....	106
O Sistema de Medida Inglês.....	107
Terceira Aula	
Escala de aço .....	109
Principais características da escala de aço .....	110
Leitura no Sistema Métrico .....	110
Aplicações da escala de aço .....	111
Quarta Aula	
Leitura no Sistema Inglês .....	113
Conservação.....	114
Quinta Aula	
Trena .....	116
Principais características da trena .....	116
Leitura no Sistema Métrico .....	117
Leitura no Sistema Inglês .....	117
Conservação.....	118
Sexta Aula	
Medições de peças com régua de aço e trena .....	118
Sétima Aula	
Paquímetro .....	120

Paquímetro universal .....	121
Nônio ou Vernier .....	121
Cálculo de resolução .....	122
Leitura no Sistema Métrico .....	123
Leitura de polegada milesimal .....	124
Leitura de polegada fracionária .....	126
Oitava Aula	
Medições de peças com paquímetro universal.....	128
Nona Aula	
Erro de medição.....	129
Tipos de erros .....	130
Intercambialidade .....	131
Exatidão .....	132
Sistema de tolerância e ajustes .....	133
Terminologia de tolerâncias.....	133
Dimensões limites.....	133
Afastamento superior e inferior.....	134
Tolerância .....	135
Linha zero .....	135
Exercícios .....	137
Gabarito dos Exercícios.....	143
Gabarito das Avaliações.....	147
Glossário .....	149
Referências .....	153
Anexo .....	155



# 1 Generalidades

Serão apresentados, a partir de textos fornecidos e outros recursos didáticos, os materiais na história humana e o seu papel na indústria atualmente

## Objetivos

- Conceituar material, matéria-prima, produto, ferramenta e instrumento.
- Conhecer materiais naturais e seus processamentos nos períodos da história.
- Aprender as propriedades dos materiais como maleabilidade, ductilidade, tenacidade, elasticidade e resistência.



# Primeira Aula



Nessa aula serão estudados conceitos relativos a material, matéria-prima, produto, ferramenta e instrumento.



## Passo 1 / Aula teórica



30 min

### Material

Os materiais estão provavelmente mais entranhados na nossa cultura do que imaginamos. Cada seguimento de nossas vidas é influenciado, diariamente, em maior ou menor grau por materiais como, por exemplo, transportes, habitação, vestuário, comunicação, recreação e produção de alimentos. Historicamente, o desenvolvimento e o avanço das sociedades têm estado intimamente ligados às habilidades dos seus membros em produzir e manipular materiais para satisfazer às suas necessidades.

Os primeiros seres humanos tiveram acesso a apenas um número limitado de materiais, aqueles que já estavam na natureza como: pedra, madeira, argila, peles, e assim por diante. Com o tempo eles descobriram técnicas para a produção de materiais que tinham propriedades superiores às dos produtos naturais; esses novos materiais incluíam a cerâmica e vários metais.

### Matéria-prima

Matéria-prima é o nome dado a um material que é utilizado na entrada de um sistema de produção qualquer. Pode ser, inclusive, uma produção artística, na qual a matéria-prima é o material concreto para a produção de uma pintura, por exemplo, tela, madeira e tinta, até, talvez, o objeto sobre o qual o artista se inspira para pintar suas telas.

### Produto

De acordo com a tecnologia empregada na produção, a matéria-prima por meio de um processo industrial é transformada em produto. Entende-se como processo qualquer operação ou seqüência de operações

envolvendo alterações na matéria-prima sendo tratada. Por exemplo, uma mudança no estado da energia, como de quente para frio ou líquido para gás.

## Ferramenta

Ferramenta é um mecanismo físico utilizado por trabalhadores das mais diversas áreas, principalmente nos processos de transformação de matéria-prima em produto.

Os primeiros seres humanos tiveram acesso a um número limitado de ferramentas, baseadas em pedra e madeira. Com o tempo as ferramentas evoluíram para **máquinas de usinagem automáticas**, máquinas de solda, furadeiras automáticas, etc., todas com vistas a realizar algum trabalho na indústria e executar transformações de matéria-prima em produto.



### Máquinas de usinagem automáticas

Dispositivos mecânicos de alta precisão, por exemplo com comando numérico central, que são controladas por computador e utilizadas na fabricação de peças metálicas, plásticas, etc, de revolução, por meio da movimentação automática de um conjunto de ferramentas, onde a peça é o resultado de um processo de remoção de material. Dentre elas estão os tornos, as fresadoras, as retíficas, as furadeiras, centros de usinagem e outras

## Instrumentos

Os instrumentos de medições sempre foram uma necessidade da humanidade. Atualmente, os instrumentos medem valores cada vez menores e maiores. Alguns processos industriais não seriam práticos, ou mesmo possíveis, se não houvesse a instrumentação. Medidas precisas podem redundar em resultados adequados para as atividades industriais. O seu interesse é tão grande que seu estudo é objeto de um ramo da ciência conhecido como metrologia, que consiste no estudo do melhor método de obter a medição precisa de diferentes grandezas, estabelece as unidades de medição dessas grandezas aceitas universalmente e define critérios de apresentação das unidades internacionalmente aceitas.



### Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Solicitar que os jovens , em duplas, listem exemplos de materiais, matéria-prima, produto, ferramenta e instrumento, usando exemplos estudados em sala de aula. Posteriormente, propor que as duplas exponham seus achados ao grande grupo. Indique que poderão utilizar desenhos, cartazes, apostilas, além dos conceitos vistos em aula.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, revistas, apostilas, canetas, etc.).

## Segunda Aula



Nessa aula serão estudados os materiais naturais, não naturais e seus processamentos nos diferentes períodos da história.



### Passo 1 / Aula teórica



30 min

## Materiais naturais

Os materiais sempre tiveram um papel fundamental na vida da humanidade. As civilizações antigas foram nomeadas de acordo com o domínio dos materiais, idade da pedra, idade do ferro, idade do bronze, etc. No início, o homem só tinha acesso aos materiais naturais, tais como pedras, madeira, ossos e peles. A noção inicial baseava-se na dureza. Tribos com lanças apenas de madeira tinham mais dificuldade em abater uma caça do que tribos utilizando pontas de pedra em suas lanças.

Após o domínio do fogo, tomou-se conhecimento dos materiais inflamáveis e não inflamáveis bem como de outras transformações decorrentes da temperatura. Com o passar do tempo, descobriu-se novos materiais, como cerâmica e outros metais. A criação de potes e vasos nos formatos desejados deu início a uma arte secular além de facilitar a estocagem e o transporte de objetos, especialmente comida e grãos.

## Materiais sólidos

Os materiais sólidos têm sido convenientemente agrupados em três classificações básicas: metais, cerâmicos e polímeros. Essa divisão está baseada principalmente na composição química e na estrutura atômica, e a maioria dos materiais se encaixa em um ou outro grupamento distinto, embora existam alguns materiais intermediários.



#### Camada de valência

É o último nível de uma distribuição eletrônica, normalmente os elétrons pertencentes à camada de valência, são os que participam de alguma ligação química.

#### Átomo

Até algumas décadas atrás, considerava-se que o átomo era a menor porção em que se poderia dividir a matéria, posteriormente descobriu-se que o átomo era subdividido em partículas menores, e atualmente já se sabe que estas também são formadas por outras partículas.

#### Óxidos

Composto químico binário formado por átomos de oxigênio com outros elementos

#### Nitretos

Compostos inorgânicos que apresentam como elemento com carga negativa o nitrogênio, geralmente ligado a metais

#### Carbetos

Compostos inorgânicos binários que contêm carbono, também conhecidos como carburetos.

## Metais

O metal é um elemento natural químico geralmente descrito como um aglomerado de átomos em que os elétrons da **camada de valência** fluem livremente. Os metais têm geralmente um alto ponto de fusão, de modo geral são duros, de cor amarelada, e conduzem bem eletricidade e calor. Eles possuem essas propriedades principalmente porque cada **átomo** exerce somente uma fraca atração nos elétrons mais externos; assim, os elétrons de valência formam um tipo de nuvem em torno dos átomos.

Os não-metais são mais abundantes na natureza do que os metais, mas os metais de fato constituem a maioria da tabela periódica. Alguns metais naturais bem conhecidos são: alumínio, cobre, ouro, ferro, prata, titânio, urânio e zinco.

Uma liga é um material não natural, uma mistura com propriedades metálicas que contem ao menos um elemento metálico. Exemplos de ligas são: aço (ferro e carbono), latão (cobre e zinco), bronze (cobre e estanho) e duralumínio (alumínio e cobre). Ligas são projetadas especialmente para aplicações altamente exigentes, como em turbinas a jato.

## Cerâmico

Os cerâmicos são compostos entre elementos metálicos e não metálicos; eles são freqüentemente formados por **óxidos** e **carbetos**. A grande variedade de materiais que se enquadra nessa classificação inclui cerâmicos que são compostos por minerais argilosos, cimento e vidro. Esses materiais são tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e calor, e são mais resistentes a altas temperaturas e ambientes abrasivos do que metais e polímeros. Com relação ao comportamento mecânico, os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços.

## Polímero

Os polímeros compreendem os materiais comuns de plástico e borracha. Muitos deles são compostos orgânicos que têm sua química baseada no carbono, no hidrogênio e em outros elementos não metálicos; além disso, eles possuem estruturas moleculares muito grandes. Esses materiais possuem tipicamente baixas densidades e podem ser extremamente flexíveis, como, por exemplo, a borracha e os plásticos.

## Compósitos

Ao longo da história da humanidade vários materiais compósitos, que consistem em mais de um tipo de material, têm sido desenvolvidos pela engenharia. A fibra de vidro é um exemplo, no qual fibras de vidro são incorporadas no interior de um material polímero. O compósito é basicamente um material em cuja composição entra dois ou mais tipos de materiais diferentes. Alguns exemplos são metais e polímeros, metais e cerâmicas ou polímeros e cerâmicas. Os materiais que podem compor um material compósito podem ser classificados em dois tipos: matriz e reforço.

O material matriz é o que confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços vazios que ficam entre os materiais reforços e mantendo-os em suas posições relativas. Os materiais reforços são os que realçam propriedades mecânicas, eletromagnéticas ou químicas do material compósito como um todo.



### Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Solicitar que os jovens, em duplas, listem exemplos dos primeiros materiais naturais que o homem teve acesso, usando exemplos estudados em sala de aula.

Posteriormente, propor que as duplas exponham seus achados ao grande grupo. Indique que poderão utilizar desenhos, cartazes, apostilas, além dos conceitos vistos em aula.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, livros, revistas, apostilas, canetas, etc.).

## Terceira Aula



Nessa aula serão apresentadas as principais propriedades dos materiais como maleabilidade, ductilidade, tenacidade, elasticidade e resistência.



## Maleabilidade

Maleabilidade é uma propriedade que um material apresenta ao ser moldado por deformação. A maleabilidade permite a formação de delgadas lâminas do material sem que este se rompa; como não existe nenhum método para quantificá-la, o material é averiguado pelo uso de **ensaio de impacto**. O material conhecido mais maleável é o ouro, pois pode-se maleá-lo até dez milésimos de milímetro de espessura. Também apresenta essa característica, em menor escala, o alumínio, tendo-se popularizado o papel de alumínio como envoltório conservante para alimentos. Em muitos casos, a maleabilidade de um material metálico aumenta com a temperatura. Por isso, os metais são trabalhados mais facilmente a quente.



### Ensaio de impacto

Se caracteriza por submeter o corpo ensaiado a uma força brusca e repentina, que deve rompê-lo.

### Tensão cisalhante

É a tensão aplicada com o objetivo de causar ou fazer causar o deslizamento de duas partes adjacentes de um mesmo corpo uma em relação à outra, em uma direção paralela ao seu plano de contato.

### Ensaio de tração

Consiste em submeter um material sob a forma de um corpo de prova a um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo até à ruptura.

## Ductilidade

A ductilidade ou ductibilidade é outra propriedade mecânica importante dos materiais. Ela representa uma medida do grau de deformação plástica que foi suportado pelo material, quando sob a ação de cargas, sem se romper ou fraturar. Ela é caracterizada pelo fluxo do material sob ação de uma **tensão cisalhante**.

Em metalurgia a ductibilidade é a propriedade que apresentam alguns metais e ligas metálicas quando estão sob a ação de uma força, podendo esticar-se sem romper-se, transformando-se num fio. Os metais que apresentam essa propriedade são denominados dúcteis.

No **ensaio de tração** os materiais dúcteis apresentam uma fase de fluência caracterizada por uma grande deformação, sem grandes aplicações de cargas. Do ponto de vista tecnológico, à margem de considerações econômicas, o emprego de materiais dúcteis apresenta vantagens na fabricação e na utilização.

## Tenacidade

A tenacidade é uma medida da quantidade de energia mecânica que é absorvida por um material à medida que este fratura. Se um material é tenaz ele pode sofrer um alto grau de deformação sem romper.

## Elasticidade

A elasticidade é uma propriedade mecânica que estuda as propriedades dos materiais elásticos. Um material é dito elástico se ele deforma sob uma tensão aplicada (por exemplo, força externa), mas então retorna à sua forma original quando a tensão aplicada é removida. Ao se liberar a carga, a deformação é totalmente recuperada, isto é, a deformação retorna imediatamente para zero.

O grau ao qual uma estrutura se deforma ou se esforça depende da magnitude da tensão aplicada. Para a maioria dos materiais que são submetidos a uma tensão de tração em níveis relativamente baixos, a tensão e a deformação são proporcionais entre si, de acordo com a relação abaixo, também conhecida como lei de Hooke.

$$\sigma = E\varepsilon$$

Onde:

$\sigma$  = Tensão de tração

E= Magnitude do material.

$\varepsilon$  = Módulo de elasticidade ou módulo de Young

## Resistência do material

A resistência de um material é o nível máximo de tensão de deformação que um material pode suportar, sem sofrer fratura, falha ou fadiga. A resistência de um material está relacionada com três tipos de tensões de deformação: tração, compressão e cisalhamento.

## Tração

A aplicação de uma tensão num material promove uma deformação deste e o ensaio de tração consiste em submeter esse material, sob a forma de um corpo de prova, a um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo até a ruptura.

Geralmente, o ensaio é realizado num corpo de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Esse corpo de prova é fixado numa máquina de ensaios, que aplica esforços crescentes na sua direção axial, sendo medidas as deformações correspondentes. Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina, e, normalmente, o corpo de prova é levado à ruptura. A figura 1 ilustra uma tensão de tração.

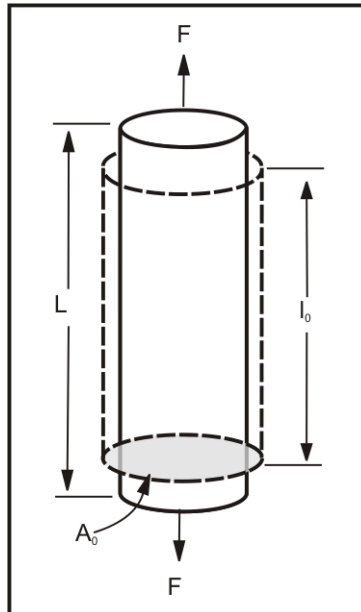


Fig. 1 – Exemplo de tensão de tração.

Com esse tipo de ensaio, pode-se afirmar que praticamente as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas em todo o seu corpo, pelo menos até ser atingida uma carga máxima próxima do final do ensaio. Como é possível fazer com que a carga cresça numa velocidade razoavelmente lenta durante todo o teste, o ensaio de tração permite medir satisfatoriamente a resistência do material.

## Compressão

A compressão é o resultado da aplicação de uma tensão de deformação a um material, resultando em uma redução em seu volume.

A compressão tem muitas aplicações no estudo dos materiais pelo fato de produzir quantidades consideráveis de deformação. Induzindo a compressão, propriedades mecânicas, tais como a resistência do material, podem ser medidas. A figura 2 ilustra uma tensão de compressão.

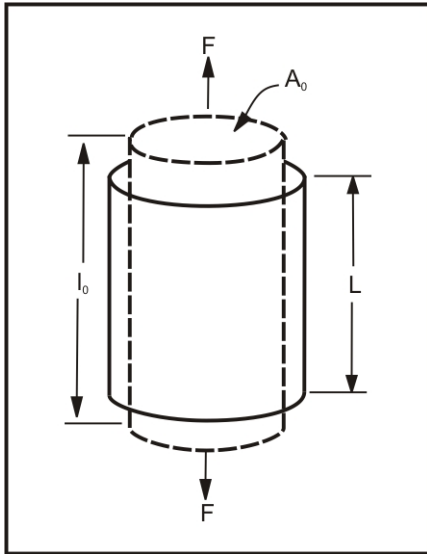


Fig. 2 – Exemplo de tensão de compressão.

## Tensão de Cisalhamento

Cisalhamento é a tensão aplicada com o objetivo de causar ou fazer causar o deslizamento de duas partes adjacentes de um mesmo corpo uma em relação à outra, em uma direção paralela ao seu plano de contato.

Induzindo o cisalhamento, propriedades mecânicas, tais como a resistência do material, podem ser medidas. A figura 3 apresenta um exemplo de tensão de cisalhamento.

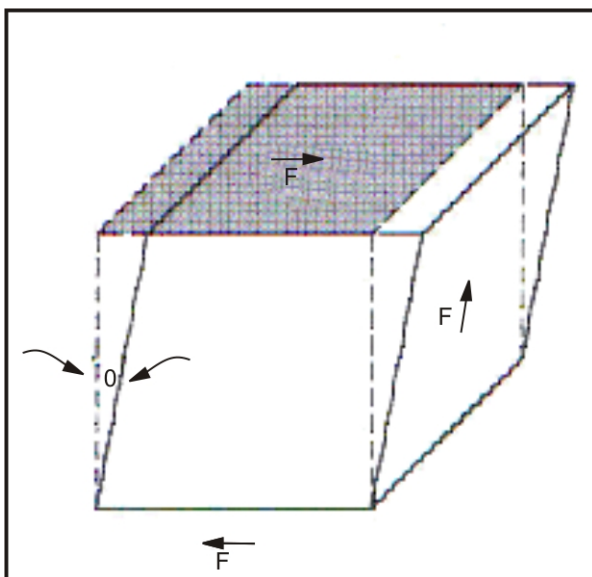


Fig. 3 – Exemplo de tensão de cisalhamento.

## Fatores de escolha do material

Este capítulo tratou de algumas propriedades mecânicas dos materiais, de como essas propriedades são dependentes da estrutura do material e, em muitos casos, de como a estrutura pode ser moldada pela técnica de processamento do material, empregada durante a produção de um produto com esse material.

Fatores importantes da escolha de materiais dependem das suas propriedades mecânicas. Alguns processos de escolha levam em consideração apenas a resistência dos materiais. Porém, outras propriedades relativas ao desempenho também são importantes como, por exemplo, rigidez e o comportamento sob fadiga.

Na prática existem outros critérios importantes que também devem ser considerados nos fatores da escolha de materiais. Alguns critérios são de natureza econômica e, em um certo grau, não estão relacionados a princípios científicos e à prática da engenharia, mas ainda assim são significativos para que um produto seja fabricado.

Outros critérios que devem ser abordados envolvem as questões ambientais e sociais, isto é, questões relacionadas à poluição, ao descarte, à reciclagem, à energia, etc.



### Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Desafie os jovens a tentarem explicar, individualmente, os conceitos de maleabilidade, ductilidade e tenacidade que foram estudados nesta aula. Você pode corrigir este exercício no quadro.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, livros, revistas, apostilas, canetas, etc.).

## 2 Metais Ferrosos e Processos de Manufatura por Usinagem

A composição e características do ferro fundido e aço carbono serão apresentadas a partir de exemplos reais, relacionando suas propriedades e formas de manufatura mecânica.

### Objetivos

- Conhecer a composição e características do ferro fundido.
- Conhecer a composição e características do aço carbono.
- Reconhecer aços para ferramenta.
- Reconhecer aço inoxidável.
- Compreender o princípio do tratamento térmico.
- Realizar corte e dobra em amostras de aço baixo carbono e ferro fundido cinzento.
- Identificar peças confeccionadas por usinagem.
- Conhecer o fenômeno de corrosão do aço e suas formas de proteção.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentadas a composição e as características do ferro fundido.



Passo 1 / Aula teórica



30 min

## Ferro fundido

Define-se o ferro fundido como uma liga de ferro carbono que contém de 2,5 % a 5% de carbono. Compõem-se, na sua maior parte, de ferro, pequena quantidade de carbono e quantidades também pequenas de manganês, silício, enxofre e fósforo.

O ferro fundido é obtido na fusão da **gusa**. As impurezas do minério de ferro e do carvão deixam, no ferro fundido, pequenas porcentagens de silício, manganês, enxofre e fósforo.



### Gusa

É o produto imediato da fundição do minério de ferro com carvão e calcário num alto forno. A gusa normalmente contém até 5% de carbono, o que faz com que seja um material quebradiço e sem grande uso direto, sendo portanto um ferro de segunda fusão.

## Ferro fundido cinzento

Tanto o silício como o manganês melhora a qualidade do ferro fundido. O silício favorece a formação de ferro fundido cinzento. Pelas suas características, o ferro fundido cinzento se presta aos mais variados tipos de construção de peças e de máquinas, sendo, assim, o mais importante do ponto de vista da fabricação mecânica. O ferro fundido cinzento é menos duro e menos frágil do que o ferro fundido branco e pode ser trabalhado com ferramentas comuns de oficinas, isto é, sofrer acabamento posterior como aplainamento, torneamento, perfuração, rosqueamento, etc. A seguir são apresentadas algumas características do ferro fundido cinzento:

- Nesse tipo de ferro, o carbono se apresenta quase todo em estado livre, sob a forma de palhetas pretas de grafita.
- Quando quebrado, a parte fraturada é escura devido à grafita.
- Apresenta elevadas porcentagens de carbono (3,5% a 5%) e de silício (2,5%).

- Muito resistente à compressão. Não resiste bem à tração.
- Fácil de ser trabalhado pelas ferramentas manuais e de ser usinado nas máquinas. Peso específico:  $7,8g/cm^3$ .
- Funde-se a  $1.200^{\circ}C$ , apresentando-se muito líquido, condição que é a melhor para a boa moldagem de peças.

## Ferro fundido branco



### Esmeril

Pedra usada para polir metais, pedras preciosas ou semipreciosas e lentes ópticas

Como vimos no item anterior, tanto o silício como o manganês melhora a qualidade do ferro fundido. O manganês favorece a formação de ferro fundido branco. O emprego do ferro fundido branco se limita aos casos em que se busca dureza e resistência muito altas ao desgaste, sem que a peça necessite ser ao mesmo tempo dúctil. O ferro fundido branco só pode ser trabalhado com ferramentas especiais e, assim mesmo, com dificuldade, ou então com **esmeril**. A seguir são apresentadas algumas características do ferro fundido branco:

- O carbono, nesse tipo, é inteiramente combinado com o ferro, constituindo um carboneto de ferro (cementite).
- Quando quebrado, a parte fraturada é brilhante e quase branca.
- Tem baixo teor de carbono (2,5 a 3%) e de silício (menos de 1%).
- Muito duro, quebradiço e difícil de ser usinado. Peso específico:  $7,1g/cm^3$ .
- Funde-se a  $1.160^{\circ}C$ , mas não é bom para a moldagem, porque permanece pouco tempo em estado bem líquido.



## Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Proponha aos jovens que elaborem um quadro comparativo entre ferro fundido cinzento e ferro fundido branco. O quadro deverá conter o conceito e aplicações dos mesmos. Caso o tempo seja insuficiente para concluir a tarefa, indique-a como exercício para casa e corrija-a no próximo encontro.

# Segunda Aula



Nessa aula serão apresentadas a composição e as características do aço carbono.



Passo 1 / Aula teórica



30 min

## Aço carbono

O aço é uma liga de ferro e carbono, na qual a quantidade de carbono varia de 0,05 a 1,7%. O aço é o mais importante dos materiais metálicos usualmente empregados nas oficinas. A grande maioria das peças de máquinas é feita de aço, por ser um material que tem propriedades mecânicas muito convenientes. Sua cor é acinzentada. Pode ser forjado, laminado, estirado em fios (trefilado), trabalhado por ferramenta de corte, soldado, dobrado, curvado e apresenta grande resistência à ruptura.

Os aços que têm maior quantidade de carbono podem ser endurecidos por um processo de aquecimento e resfriamento rápido chamado têmpera. Os aços que têm pequena quantidade de carbono não adquirem têmpera; são aços macios, vulgarmente conhecidos por ferro ou aço doce. Quando esmerilhados, desprendem fagulhas em forma de riscos. Os aços que têm grande porcentagem de carbono adquirem têmpera, são mais duros e desprendem fagulhas em formas de estrelinhas.

## Fases para obtenção do aço

- a** Derrete-se o minério de ferro, juntamente com um fundente (pedras calcáreas), em fornos apropriados, usando-se o coque como combustível. Obtém-se, dessa forma, gás de iluminação, escória e gusa.
- b** A gusa segue para o misturador, podendo ser, também, transformada em peças brutas ou em lingotes.
- c** Do misturador a gusa segue para os fornos de transformação em aço, denominados Bessemer, Siemens – Martins e elétricos.

## Características do aço carbono

- Cor acinzentada.
- Peso específico:  $7,8g/cm^3$ .
- Temperatura em que é fundido : 1.350 a 1.400°C.
- Maleável (lamina-se bem).
- Dúctil (estira-se bem em fios).
- Tenaz (resiste bem à tração, à compressão e a outros esforços de deformação lenta).
- Deixa-se trabalhar bem pelas ferramentas de corte.
- Apresenta boa resiliência, isto é, resiste bem a choques.
- Deixa-se soldar, isto é, uma barra de aço liga-se a outra pela ação do calor (solda autógena) ou pela ação combinada do calor com choques, na bigorna ou no martetele (caldeamento).
- Com determinadas porcentagens de carbono, apresenta condições especiais de dureza (adquire têmpera).
- Com determinadas porcentagens de carbono, é mais elástico.
- Oferece grande resistência à ruptura.

## Formas comerciais do aço

Para diferentes usos industriais, o aço se apresenta usualmente sob as formas de vergalhões, perfilados, chapas, fios e tubos. Particularmente, a denominação “perfilados” se reserva aos vergalhões de aço de seções especiais “L” (cantoneiras), “T”, “duplo T”, “Z”, “U”, etc.

Os aços de baixo teor de carbono (até 0,30%) se apresentam em todas as formas acima indicadas. Os aços de têmpera, isto é, de médio e alto teor de carbono (acima de 0,30%) se encontram no comércio mais comumente sob formas de vergalhões (chatos, quadrados, redondos, sextavados), de chapas e de fios. São também comuns os aços chatos, de têmpera, para molas.

As chapas de aço são, em geral, chapas pretas, tais como saem dos laminadores; chapas galvanizadas, que são revestidas de uma camada de zinco, por meio de banho; e chapas estanhadas (folhas-de-flandres), que,

pelo mesmo processo, são revestidas de uma camada de estanho.

Os tubos de aço podem ser: com costura, comuns, os que resultam da curvatura de chapas estreitas, cujas bordas são encostadas e soldadas por processo automático; e sem costura, produzidos por meio de perfuração, a quente, em máquinas chamadas prensas de extrusão. Ambos os tipos podem ser galvanizadas ou não.



## Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Desafie os jovens a tentarem explicar, individualmente, por que o aço é o material mais empregado nas oficinas mecânicas. Você poderá corrigir este exercício no quadro.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, catálogos, revistas, apostilas, canetas, etc.).

## Terceira Aula



Nessa aula serão apresentados os aços especiais ou aços ligas.



## Passo 1 / Aula teórica



50 min

### Resistência à ruptura

Para fins práticos, classificam-se os aços pela resistência à ruptura. Essa característica mecânica se verifica experimentalmente em laboratórios. A resistência à ruptura é medida em quilogramas por milímetro quadrado ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ).

Quando se diz, por exemplo, que um aço tem a resistência de  $45\text{kg}/\text{mm}^2$ , isto significa que o fio desse aço, com seção de  $1\text{mm}^2$ , rompe-se quando o esforço aplicado nos extremos for de 45 kg.

## Influência do carbono nas características do aço

A porcentagem de carbono influi em importantes características do aço. Quando aumenta o carbono no aço, têm-se os seguintes resultados:

- aumento da dureza e da resistência à tração;
- diminuição da resiliência e da maleabilidade.

Somente se consegue efeito sensível da têmpera (endurecimento do aço) a partir de 0,4% de carbono. A têmpera aumentando a dureza do aço permite-lhe usos industriais de grande importância.

## Classificação dos aços

Há duas classes gerais de aços: aços carbono e aços especiais ou aços-liga. Estes são os que, além do carbono, recebem na fabricação a adição de um ou mais dos seguintes elementos: níquel, cromo, vanádio, cobalto, silício, manganês, etc. A tabela 1 apresenta os tipos de aços e suas principais características.

Tipo quanto à dureza	Maleabilidade e soldabilidade	Têmpera	Usos
Extra doce	Grande maleabilidade. Fácil para soldar-se.	Não adquire têmpera	Chapas, fios, parafusos, tubos estirados, produtos de caldeiraria.
Doce	Maleável e soldável.	Não adquire têmpera.	Barras laminadas e perfiladas e peças comuns de mecânica.
Meio doce	Difícil para soldar-se.	Apresenta início de têmpera.	Peças especiais de máquinas e motores. Ferramentas para a agricultura.
Meio duro	Muito difícil para soldar-se.	Adquire boa têmpera.	Peças de grande dureza, ferramentas de corte, molas e trilhos.
Duro a extra duro	Não se solda.	Adquire têmpera fácil.	Peças de grande dureza e resistência, molas, cabos e cutelaria.

Tabela 1 – Tipos de aços e suas características

## Aços ao carbono

Aços ao carbono são os que contêm, além do ferro, pequenas porcentagens de carbono, manganês, silício, fósforo e enxofre.

O ferro é o elemento básico da liga. O carbono constitui, depois do ferro, o elemento mais importante. Pode-se dizer que o carbono é o elemento determinante do aço, determina ou define o tipo de aço. O manganês no aço doce, em pequena porcentagem, torna-o dúctil e maleável. No aço rico em carbono o manganês endurece o aço e aumenta-lhe a resistência. O silício faz com que o aço se torne mais duro e tenaz. Evita a porosidade e concorre para remoção dos gases e dos óxidos. Influi para que não apareçam falhas ou vazios na massa do aço, sendo assim, um elemento purificador. O fósforo, quando existe em teor elevado no aço, torna-o frágil e quebradiço, motivo pelo qual se deve reduzi-lo ao mínimo possível, já que não se pode eliminá-lo completamente. Por último, o enxofre também é um elemento prejudicial ao aço, tornando-o granuloso e áspero, devido aos gases que produz na massa metálica. O enxofre enfraquece a resistência do aço.

## Aços especiais ou aços-liga

Devido às necessidades industriais, a pesquisa e a experiência levaram à descoberta de aços especiais, mediante a adição e a dosagem de certos elementos, como o aço carbono.

Conseguiram-se assim aços-liga com características tais como resistência à tração e à corrosão, elasticidade, dureza, etc. bem melhores do que as dos aços carbono comuns.

Conforme as finalidades desejadas, os elementos adicionados aos aços carbono para a obtenção de aços-liga são: níquel, cromo, manganês, tungstênio, molibdênio, vanádio, silício, cobalto e o alumínio.

## Aços níquel

O aço carbono com adição de 1 a 10% de níquel resiste bem à ruptura e ao choque, quando temperado e **revenido**. É utilizado em peças de automóveis, peças de máquinas e ferramentas.

Com adição de 10 a 20% de níquel resiste bem à tração, muito duro, temperável em jato de ar. É utilizado em blindagem de navios, eixos, hastes de freios e projéteis.



### Revenido

É um tratamento posterior à têmpera, que consiste em elevar a temperatura até certo nível e manter por algum tempo

Com adição de 20 a 50% de níquel é inoxidável, resistente aos choques e resistente elétrico. É utilizado em válvulas de motores térmicos, resistências elétricas, cutelaria e instrumentos de medidas.

### Aços cromo

O aço carbono com adição até 6% de cromo resiste bem à ruptura, é duro e não resiste aos choques. É utilizado em esferas e rolos de rolamentos, ferramentas, projéteis e blindagens.

Com adição de 11 a 17% de cromo é inoxidável. É utilizado em aparelhos e instrumentos de medida e cutelaria.

Com adição de 20 a 30% de cromo, resiste à oxidação, mesmo a altas temperaturas. É utilizado em válvulas de motores à explosão, fieiras e matrizes.

### Aços cromo e níquel

O aço carbono com adição de 0,5 a 1,5 % de cromo e 1,5 a 5% de níquel apresenta grande resistência, grande dureza, muita resistência aos choques, torção e flexão. É utilizado em virabrequins, engrenagens, eixos, peças de motores de grande velocidade e bielas.

O aço carbono com adição de 8 a 25 % de cromo e 18 a 25% de níquel é inoxidável, resistente à ação do calor e resistente à corrosão de elementos químicos. É utilizado em portas de fornos, retortas, tubulações de águas salinas e gases, eixos de bombas, válvulas e turbinas.

### Aços manganês

O aço carbono com adição de 7 a 20% de manganês possui extrema dureza, grande resistência aos choques e ao desgaste. É utilizado em mandíbulas de britadores, eixos de carros e vagões, agulhas, cruzamento e curvas de trilhos e peças de dragas.

### Aços silício

O aço carbono com adição de 1 a 3% de silício possui resistência à ruptura, elevado limite de elasticidade e propriedade de anular o magnetismo. É utilizado em molas, chapas de induzidos de máquinas elétricas e núcleos de bobinas elétricas.

### Aços silício manganês

O aço carbono com adição de 1 % de silício e 1% de manganês possui grande resistência à ruptura, elevado limite de elasticidade. É utilizado em molas diversas, molas de automóveis, carros e vagões.

### Aços tungstênio

O aço carbono com adição de 1 a 9% de tungstênio possui dureza, resistência à ruptura, resistência ao calor da abrasão (fricção) e propriedades magnéticas. É utilizado em ferramentas de corte para altas velocidades, matrizes e fabricação de ímãs.

### Aços rápidos

O aço carbono com adição de 8 a 20% de tungstênio, 1 a 5% de vanádio, até 8% de molibdênio e 3 a 4% de cromo forma o aço rápido.

Apresenta excepcional dureza em virtude da formação de carboneto, resistência de corte, mesmo com a ferramenta aquecida ao rubro, pela alta velocidade. A ferramenta de aço rápido que inclui cobalto, consegue usinar até o aço manganês, de grande dureza. É utilizado em ferramentas de corte, de todos os tipos, para altas velocidades, cilindros de laminadores, matrizes, fieiras e punções.

### Aços alumínio cromo

O aço carbono com adição de 0,85 a 1,20 % de alumínio e 0,9 a 1,80% de cromo possui grande dureza superficial por tratamento de nitretação (termoquímico). É utilizado em camisas de cilindro removíveis, de motores à explosão e de combustão interna, virabrequins, eixos, calibres de medidas de dimensões fixas.



## Quarta Aula

Nessa aula prática no laboratório de metalografia, os jovens a partir de sete exemplos reais de produtos, irão diferenciar ferro fundido de aço carbono, relacionando suas propriedades e formas de manufatura mecânica.



### Passo 1 / Orientação da turma



10 min

Solicite aos jovens que formem grupos, no máximo com dois jovens. No laboratório de metrologia, os grupos deverão realizar a diferenciação entre ferro fundido e aço carbono, a partir de alguns produtos. É importante que no laboratório estejam disponíveis pelo menos sete produtos, fabricados a partir de ferro fundido ou aço.



### Passo 2 / Atividade prática



30 min

Prepare inicialmente, com o auxílio dos jovens, sete peças mecânicas, por exemplo: chave de fenda, parafuso, martelo, mola, trilho, carcaça de motor e pia de cozinha. Depois, cada peça deve ser analisada individualmente por cada grupo. As peças circularão entre os grupos e cada grupo deverá diferenciar se a peça foi fabricada a partir de ferro fundido ou aço e descrever suas características estruturais



### Passo 3 / Apresentação dos resultados



10 min

Ao final do encontro, valendo-se do que observaram e registraram os estudantes, corrija e faça comentários e recomendações necessários sobre as características do ferro fundido e do aço. Os jovens deverão fazer um relatório, conforme descrito no anexo, relatando essa prática.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência, permissão para usar o laboratório de metalografia.

## Quinta Aula



Nessa aula serão apresentadas as noções gerais dos tratamentos térmicos do aço e corrosão.



Passo 1 / Aula teórica



50 min

### Fases do tratamento térmico

É do conhecimento do homem, há muitos séculos, que o aquecimento e o resfriamento do aço modificam suas propriedades. O estudo da estrutura interna do aço, por meio do microscópio, e as numerosas experiências feitas para atender às exigências industriais levaram à conclusão de que as mudanças íntimas na estrutura metálica obedecem a condições determinadas. Descobriu-se que não somente as temperaturas, mas também a velocidade de variação das temperaturas influencia para dar ao aço certas propriedades mecânicas.

Todo processo no sentido de alterar a estrutura do aço por meio de aquecimento e resfriamento é denominado tratamento térmico.

Todo tratamento térmico comporta três fases distintas:

- Aquecimento.
- Manutenção numa temperatura determinada.
- Resfriamento.

### Finalidades do tratamento térmico dos aços

O tratamento térmico do aço serve para dar-lhe propriedades particulares, tais como dureza ou maleabilidade, por exemplo, que permitam seu emprego em condições mais favoráveis.

Restabelecem no aço as propriedades que ele apresentava antes de a estrutura ser alterada, pelo trabalho de martelagem ou de laminação, por exemplo.

## Tipos de tratamento térmico de aços

Há duas classes importantes de tratamentos térmicos dos aços:

- a** Os que modificam as características mecânicas e as propriedades do aço por simples aquecimento e resfriamento, estendendo-se a toda a massa do mesmo. São: têmpera, revenimento e recozimento.
- b** Os que modificam as características mecânicas e as propriedades do aço por processos termoquímicos, isto é, aquecimento e resfriamento com reações químicas. Tais processos apenas modificam a estrutura e as características mecânicas de uma camada superficial do aço. São: **Cementação**.



### Cementação

Tratamento térmico de endurecimento superficial de aços, baseada na introdução de carbono na superfície e nitretação - é uma técnica muito utilizada no endurecimento superficial de aços. O nitrogênio se difunde na superfície das peças e o hidrogênio é exaurido pela saída de gás.

### Têmpera

Têmpera é o tratamento térmico por meio do qual um aço é aquecido até determinada temperatura, igual ou acima de um chamado ponto de transformação do aço e, em seguida, resfriado bruscamente pela imersão na água, no óleo, ou por exposição a uma corrente de ar, conforme o caso.

Efeitos principais da têmpera: endurece o aço, mas ao mesmo tempo, torna-o frágil.

### Revenimento

Revenimento é o tratamento térmico que consiste em reaquecer um aço já temperado até certa temperatura bem abaixo do ponto de transformação, deixando-o depois resfriar-se lenta ou bruscamente, para dar ao aço dureza pouco inferior à da têmpera, e reduzir grandemente a fragilidade.

### Recozimento

Recozimento é o tratamento térmico que se faz aquecendo um aço a uma temperatura igual ou maior que a de têmpera, deixando-a depois resfriar-se lentamente dentro de cinzas, areia ou cal.

Particularmente, um recozimento chamado normalização se aplica aos aços depois de fundidos, laminados ou forjados.

Efeitos principais de recozimento: abranda o aço temperado, isto é, suprime a dureza da têmpera, recupera o aço prejudicado pelo superaquecimento, melhora a estrutura íntima dos aços fundidos, laminados ou forjados e anula tensões internas.

### Cementação

Consiste em aquecer o aço, juntamente com um outro material sólido, líquido ou gasoso que seja rico em carbono, até temperatura acima do ponto de transformação. Esse aquecimento se faz durante várias horas, estando as peças e o material cementante dentro de caixas apropriadas. O resfriamento deve ser lento. Depois da cementação, tempera-se o aço cementado.

### Nitretação

Nitretação é um processo semelhante à cementação. O aquecimento do aço, porém, faz-se juntamente com um corpo gasoso denominado azoto. Em geral, esse tratamento termoquímico é aplicado em aços especiais que contêm certa porcentagem de alumínio para diminuir ou limitar a penetração do azoto na massa do aço.

Efeitos principais da cementação e da nitretação: aumentam a porcentagem de carbono em uma fina camada superficial do aço sem modificar a estrutura do interior da peça, que pode ser até aço doce. Dessa forma, o aço que foi cementado, ao ser temperado, tem endurecida apenas a sua camada superficial, enquanto a nitretação endurece também, sem necessitar de têmpera.

### Proteção contra a corrosão

A corrosão é uma reação química que se produz na superfície do metal exposto ao ar, ou à umidade, ou em contato com certos elementos.

À exceção do ouro e da platina, que são inalteráveis no meio ambiente e na umidade, os metais sofrem normalmente modificações químicas na sua superfície. Resultam tais alterações do ataque de alguns elementos contidos na atmosfera ou na água. Conforme a espécie do metal e a composição do ar ou da água, dá-se a produção de óxidos, hidróxidos, carbonatos, sulfuretos metálicos, etc., que corroem a superfície da peça em camadas sucessivas. Assim, por exemplo, a chamada

ferrugem é um hidróxido de ferro e o azinhavre é um hidrocarbonato de cobre.

## Processos de proteção das superfícies metálicas contra a corrosão

Há três grupos diferentes de processos de proteção contra a corrosão:

- Recobrimento da peça com uma fina camada de um metal protetor.
  - a Banho da peça em um metal em fusão. Exemplos: estanhagem, galvanização (zincagem).
  - b Metalização pelo borrifo de finíssimas partículas do metal protetor contra a superfície da peça, por meio de pistola a ar comprimido.
  - c Processos de recobrimento eletroquímico. Exemplos: niquelagem, cobreagem, cromagem.
- Modificação da estrutura de uma fina camada superficial da peça, por meio de processos termoquímicos.
  - d Cementação com zinco, cementação com alumínio.
  - e Oxidação.
  - f Fosfatação.
- Recobrimento da superfície da peça por pintura.
  - g Emprego de tintas.
  - h Emprego de vernizes.
  - i Emprego de esmaltes.

Antes da aplicação de qualquer processo de proteção, a fim de se conseguir um revestimento durável, é necessário:

- polir bem a superfície da peça, por meio de abrasivos;
- remover toda e qualquer graxa ou substância oleosa da superfície, usando, por exemplo, soluções a 10% de soda cáustica, a 100<sup>o</sup>C.
- decapar, isto é, retirar a camada superficial de óxidos, por meio de jato de areia e ar comprimido, ou por meios químicos, por exemplo, soluções de ácido sulfúrico, ácido azótico ou ácido clorídrico.

## Sexta Aula



Nesta aula prática, será realizada uma visita técnica a oficina ou ferramentaria da fábrica, para verificação de exemplos de peças confeccionadas por usinagem (corte, furação, torneamento, fresagem e retificação).



### Passo 1 / Orientação da turma



10 min

Solicite aos jovens que formem grupos, no máximo com dois jovens. Na oficina, os grupos deverão acompanhar um processo de corte, processo de furação, processo de torneamento, processo de fresagem e um processo de retificação.



### Passo 2 / visita técnica



30 min

Prepare inicialmente, com o auxílio do chefe da oficina, um roteiro para acompanhamento dos processos de corte, furação, torneamento, fresagem e retificação. Depois, cada grupo deve acompanhar um processo, anotar cada etapa, peça fabricada e material utilizado.



### Passo 3 / Apresentação dos resultados



10 min

Ao final do encontro, valendo-se do que observaram e registraram os estudantes, corrija e faça comentários e recomendações necessários sobre os processos de usinagem. Os jovens deverão fazer um relatório, conforme descrito no anexo, sobre essa prática.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para usar o laboratório de metalografia.



## 3 Metais Não-Ferrosos

As características das ligas de cobre e alumínio serão apresentadas a partir de aplicações de metais não-ferrosos na fábrica, relacionando suas propriedades e razões para seus usos.

### Objetivos

- Conhecer a composição das ligas de cobre (bronze e latão).
- Conhecer as aplicações das ligas de cobre.
- Conhecer a composição e características do alumínio.
- Conhecer as aplicações das ligas de alumínio.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentadas a composição e as características das ligas de cobre.



Passo 1 / Aula teórica



30 min

## As principais ligas de cobre

As principais ligas obtidas a partir do cobre são o latão e o bronze. Fundindo juntamente o cobre e o zinco, em certas proporções, obtém-se uma liga denominada latão, que é de grande uso industrial. Às vezes, o latão é preparado com a adição de pequena porcentagem de chumbo.

A fusão do cobre e do estanho, em certas porcentagens, produz a liga chamada bronze, talvez a mais importante das ligas de cobre por sua notável propriedade de resistência ao atrito. Essa condição lhe confere especial valor industrial.

## Propriedades do latão

A seguir são apresentadas algumas características do latão:

- Dúctil e maleável.
- Bom condutor de calor e de eletricidade (menos do que o cobre).
- Resistente à ação da água e do ar.
- Mais fusível e mais fácil de trabalhar do que o cobre.
- Os latões com menos de 44% de zinco são os mais tenazes e, por isso, de uso mais freqüente na indústria.
- Funde-se a 900°C.
- Densidade entre 8,4 a 8,7.
- Cor variável, do avermelhado (com menos de 10% de zinco), passando pelo amarelo ouro (em torno de 40% de zinco) ao branco (acima de 40% de zinco).

## Tipos de latões usuais

- Para trabalhos a frio: 80 a 90% de cobre e o restante zinco.
- Para prensagem e estiragem: 67 a 72% de cobre e o resto zinco.
- Para prensagem, estiragem e usinagem: 60 a 63% de cobre e o restante zinco. Sendo um tipo muito flexível.
- Para trabalhos de usinagem, duro e pouco flexível: 58 % de cobre, 2% de chumbo e o restante zinco.

## Apresentação comercial e usos do latão

Apresenta-se em chapas, barras, vergalhões e tubos. Por ser inoxidável, de belo aspecto exterior e fácil de usar, tem amplo emprego em aparelhos de mecânica e de eletricidade, instrumentos de precisão, parafusos e porcas, guarnições artísticas de construção civil, instrumentos de música, etc.

## Propriedades do bronze

A seguir são apresentadas algumas características do bronze:

- Ótimo material para moldagem. Não é dúctil nem maleável.
- Bom condutor de calor e de eletricidade.
- Excelente resistência ao atrito.
- Oxida-se um pouco.
- Funde-se a 800°C.
- Densidade entre 8,3 a 8,9.
- Tanto mais duro quanto maior a porcentagem de estanho.

## Tipos de bronze usuais

- Bronze ordinário: 90 a 94% de cobre e 10 a 6% de estanho.
- Bronze de sinos: 77 a 80% de cobre e 23 a 20% de estanho.

- Bronze fósforo: 90,4% de cobre, 8,9% de estanho e 0,7% de fósforo. Tem qualidades excepcionais como metal anti-fricção, é mais duro e resistente do que o bronze ordinário e resiste bem à ação de ácidos.
- Bronze de alumínio: 95 a 85 % de cobre e 5 a 15% de alumínio. É um bronze duro e resistente.
- Bronze de manganês: É um bronze com adição de cerca de 6% de manganês. Resistente e com boas condições de alongamento.
- Bronze de chumbo: É um bronze com adição de 8 a 18% de chumbo, o que lhe dá grande plasticidade e resistência aos ácidos.



#### Mancais

São elementos indispensáveis em sistemas onde haja movimento relativo entre partes. Os mancais podem ser deslizantes ou de rolamento. Um mancal bem dimensionado garante vida longa aos mecanismos evitando desgastes e até mesmo quebra de peças, garantindo maior eficiência elétrica e mecânica do sistema devido à minimização do atrito entre as partes

### Usos do bronze

Pode ser utilizado em peças de máquinas, sobretudo **mancais** ou partes sujeitas a elevado esforço de atrito: êmbolos, dispositivos de freios, corrediças; peças mecânicas de moldagem delicada (torneiras, peças de formas complicadas) ou peças artísticas também de moldagem delicada (estátuas, sinos, placas e baixos e altos relevos); peças sujeitas à oxidação, tais como hélices de navios, órgãos de aparelhos ou máquinas da indústria química.



## Passo 2 / Exercícios



20 min

Marque com um X a resposta correta.

1. Quais são as principais ligas obtidas a partir do cobre?
  - a.  estanho e latão
  - b.  latão e bronze
  - c.  chumbo e bronze
  - d.  latão e chumbo
  
2. Como é obtido o bronze?
  - a.  fusão do cobre com o zinco
  - b.  fusão do chumbo com o bronze
  - c.  fusão do cobre com o estanho
  - d.  fusão do cobre com o zinco

3. Quais são os usos do bronze?

- a.  hélices de navio
- b.  vergalhões
- c.  chapas
- d.  tubos

4. Como é obtido o latão?

- a.  fusão do cobre com o zinco
- b.  fusão do cobre com o estanho
- c.  fusão do estanho com o latão
- d.  fusão do chumbo com bronze

5. Quais são os usos do latão?

- a.  peças de máquina
- b.  instrumentos de música
- c.  embolos
- d.  sinos



## Segunda Aula

Nessa aula serão apresentadas a composição e as características das ligas de alumínio e suas aplicações na fábrica.



### Passo 1 / Aula teórica



15 min



#### Metalóides

Juntamente com os metais e não – metais, formam uma das três categorias de elementos químicos classificado por propriedades de ionização e ligação. Têm as propriedades intermediárias entre aquelas dos metais e dos não-metais

### Ligas de alumínio

O alumínio fundido dissolve outros metais e substâncias **metalóides** como o silício, cobre, manganês, magnésio e o zinco. Quando o alumínio se resfria e se solidifica, alguns dos constituintes da liga podem ser retidos em solução sólida; isso faz com que a estrutura atômica do metal se torne mais rígida. Os átomos podem ser visualizados como se fossem em uma rede cristalina regular, formando moléculas de tamanhos diferentes daqueles do elemento de liga principal. A principal função

das ligas de alumínio é aumentar a resistência mecânica sem prejudicar as outras propriedades. Assim, novas ligas têm sido desenvolvidas combinando as propriedades adequadas a aplicações específicas.

## Propriedades do alumínio

Um dos aspectos que tornam as ligas de alumínio tão atraentes como materiais de construção mecânica é o fato de o alumínio poder combinar-se com a maioria dos metais de engenharia, chamados de elementos de liga. Com essas associações, é possível obter características tecnológicas ajustadas de acordo com a aplicação do produto final. Mas para isso, é preciso conhecer bem as vantagens e limitações de cada elemento para fazer a melhor seleção.

O grande alcance das ligas oferece à indústria uma grande variedade de combinações de resistência mecânica, resistência à corrosão e ao ataque de substâncias químicas, condutibilidade elétrica, usinabilidade, ductibilidade, formabilidade, entre outros benefícios.

A função de cada elemento da liga se altera de acordo com a quantidade dos elementos presentes na liga e com a sua interação com outros elementos.

## Tipos de ligas de alumínio e aplicações

- **Ligas de alumínio-cobre** – Elevada resistência mecânica, alta ductibilidade, média resistência à corrosão e boa usinabilidade. Apresentam-se em peças usinadas e forjadas, indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.
- **Ligas de alumínio-manganês** – Boa resistência à corrosão, boa conformabilidade e moderada resistência mecânica. São ligas de uso geral. Apresentam-se em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, reboques, vagões, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil e fachadas.
- **Ligas de alumínio-silício** – Utilizadas em varetas de solda. Apresentam-se na soldagem do alumínio puro e outras ligas.
- **Ligas de alumínio-magnésio** – São dúcteis no estado recozido, mas endurecem rapidamente sob trabalho a frio. Alta resistência à corrosão em ambientes marítimos. Em geral a resistência mecânica

aumenta com os teores crescentes de magnésio. Apresentam-se em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil, fachadas e embarcações.

- **Ligas de alumínio–magnésio–silício** – Tratáveis termicamente com excelente resistência mecânica. Apresentam-se em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil, fachadas e embarcações.
- **Ligas de alumínio–zinco** – Tratáveis termicamente, alta resistência mecânica, boa resistência à corrosão e boa conformabilidade. Apresentam-se em peças sujeitas aos mais elevados esforços mecânicos, em indústria aeronáutica, militar, máquinas e equipamentos, moldes para injeção de plástico e estruturas.



## Passo 2 / Atividade sugerida



35 min

Para contextualizar a aula, solicite aos jovens que redijam um documento em que descrevam um processo de produção, que utilizem metais não-ferrosos, por exemplo, ligas de alumínio.

Recolha os documentos gerados e verifique se os jovens encontraram pontos de divergência entre os trabalhos e as orientações fornecidas na aula teórica, que você ministrou. Se houver diferenças significativas, comente-as no início ou final da próxima aula.

## 4 Semiprodutos Metálicos e seus Produtos de Manufatura

As características dos semiprodutos metálicos e seus processos de manufatura serão apresentados a partir de quatro produtos selecionados.

### Objetivos

- Conhecer as características dos produtos semi-acabados.
- Conhecer as características e exemplos de produto fabricados por laminação.
- Conhecer as características e exemplos de produto fabricados por estampagem.
- Conhecer as características e exemplos de produto fabricados por soldagem.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentadas as características de quatro semiprodutos metálicos.



## Passo 1 / Aula teórica



30 min

## Semiprodutos metálicos

Para diferentes usos industriais, o aço se apresenta usualmente sob a forma de semiproduto metálico, destacando-se os perfis, chapas, tarugos e tubos.

### Perfil ou perfilado

Os aços de baixo teor de carbono (até 0,30%) se apresentam em formas de perfis. Particularmente a denominação “perfil” ou “perfilado” se reserva aos vergalhões de aço de seções especiais como “L” (cantoneiras), “T”, duplo “T”, “Z”, “U”, etc.

A seguir são apresentadas as tabelas 2 e 3 com características e bitolas comerciais de perfilados (cantoneira “L” de abas iguais e perfilado “T” de abas iguais).

Cantoneiras “L” de abas iguais			
Espessura de 1/8		Espessura de 3/16	
Abas	Kg/m	Abas	Kg/m
1/2" x 1/2"	0,570	1"x 1"	1,730
3/4" x 3/4"	0,860	1 1/8"x1 1/8"	1,960
7/8" x 7/8"	1,040	1 1/4" x 1 1/4"	2,190
1"x 1"	1,270	1 1/2" x 1 1/2"	2,660
1 1/8"x 1 1/8"	1,350	1 3/4" x 1 3/4"	3,150
1 1/4" x 1 1/4"	1,520	2" x 2"	3,630
1 1/2" x 1 1/2"	1,830	2 1/4" x 2 1/4"	4,090
1 3/4" x 1 3/4"	2,140	2 1/2" x 2 1/2"	4,570
2"x 2"	2,460	2 3/4" x 2 3/4"	5,040

Tabela 1 – Características e bitolas comerciais de cantoneiras de aço.

Perfilados "T" de abas iguais			
Espessura de 1/8"		Espessura de 3/16"	
Base x Altura	Kg/m	Base x Altura	Kg/m
1/2" x 1/2"	0,510	7/8"x 7/8"	1,540
5/8" x 5/8"	0,740	1" x 1"	1,790
3/4" x 3/4"	0,910	1 1/8" x 1 1/8"	2,040
7/8" x 7/8"	1,090	1 1/4" x 1 1/4"	2,310
1" x 1"	1,260	1 1/2" x 1 1/2"	2,830
1 1/8" x 1 1/8"	1,440	1 3/4" x 1 3/4"	3,360
1 1/4" x 1 1/4"	1,620		

Tabela 2

## Chapas

Os aços de têmpera, isto é, de médio e alto teor de carbono (acima de 0,30%), encontram-se no comércio mais comumente sob a forma de chapas. As chapas de aço são, em geral, chapas pretas, tais como saem dos laminadores, chapas galvanizadas, que são revestidas de uma camada de zinco, por meio de banho, e chapas estanhadas (folhas de flandres) que, pelo mesmo processo, são revestidas de uma camada de estanho.

A seguir é apresentada a tabela 3 com características e bitolas de chapas pretas.

Chapas pretas			
Espeçsura fieira "USG"	Kg/m <sup>2</sup>	Espeçsura fieira "USG"	Kg/m <sup>2</sup>
N.o 10	27,464	N.o 16	12,206
N.o 11	24,412	N.o 17	10,935
N.o 12	21,360	N.o 18	9,765
N.o 13	18,309	N.o 19	8,544
N.o 14	15,258	N.o 20	7,324
		N.o 21	6,713
		N.o 22	6,103
		N.o 23	5,493

Tabela 3 – Características e bitolas de chapas preta

## Tarugos ou aços redondos

Os aços de têmpera, isto é, de médio e alto teor de carbono (acima de 0,30%), encontram-se no comércio também sob a forma de aços redondos ou tarugos.

A seguir é apresentada a tabela 4 com características e bitolas de aços quadrado, redondo e sextavado (vergalhões de 6 m – peso em “quilos” por metro)

Medida	Quadrado	Redondo	Sextavado	Medida	Quadrado	Redondo	Sextavado	Medida	Quadrado	Redondo	Sextavado
¼"	0,320	0,250	0,280	1 ¼"	7,910	6,210	6,850	2 ¼"	25,620	20,120	22,200
5/16"	0,490	0,390	0,430	1 5/16"	8,720	6,850	7,560	2 5/16"	27,060	21,250	-
3/8"	0,710	0,560	0,620	1 3/8"	9,570	7,510	8,290	2 3/8"	28,540	22,420	24,730
7/16"	0,970	0,760	0,840	1 7/16"	10,460	8,210	9,060	2 7/16"	30,060	23,610	-
½"	1,270	0,990	1,100	1 ½"	11,390	8,940	9,900	2 ½"	31,620	24,840	27,410
5/8"	1,980	1,550	1,720	1 5/8"	13,360	10,490	11,570	2 5/8"	34,870	27,380	30,220
¾"	2,850	2,240	2,500	1 ¾"	15,500	12,170	13,400	2 ¾"	38,270	30,050	33,170
7/8"	3,870	3,040	3,400	1 7/8"	17,790	13,970	15,420	2 7/8"	41,820	32,850	36,250
1"	5,060	3,970	4,400	2"	20,240	15,900	17,500	3"	45,540	35,770	39,480

Tabela 4 – Características e bitolas de tarugos ou aços redondos.

## Tubos

Os tubos de aço podem ser: com costura, comuns, os que resultam da curvatura de chapas estreitas, cujas bordas são encostadas e soldadas por processo automático; e sem costura, produzidos por meio de perfuração, a quente, em máquinas chamadas prensas de extrusão. Ambos os tipos podem ser galvanizados ou não.

A seguir é apresentada a tabela 5 com características e bitolas de tubos sem costura.

Tubos sem costura		Tubos galvanizados	
Diâmetro externo	Kg/m	Diâmetro interno	Kg/m
1 ½"	2,200	¼"	0,659
1 ¾"	2,500	3/8"	0,870
2"	2,870	½"	1,210
2 ¼"	3,260	¾"	1,560
2 ½"	4,140	1"	2,380
2 ¾"	4,570	1 ¼"	3,250
3"	5,020	1 ½"	3,770
3 ½"	6,440	2"	5,050

Tabela 5 – Característica e bitolas de tubos sem costura



## Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Para contextualizar a aula, solicite aos jovens que redijam um documento em que descrevam como são as formas de aço disponíveis comercialmente, por exemplo, chapas, tubos, tarugos, etc.

Recolha os documentos gerados e verifique se os jovens encontraram pontos de divergência entre os trabalhos e as orientações fornecidas na aula teórica, que você ministrou. Se houver diferenças significativas, comente-as no início ou final da próxima aula.



## Segunda Aula

Nessa aula serão apresentadas as características e exemplos de produtos fabricados por laminação.



## Passo 1 / Aula teórica



25 min

### Laminação

É um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do metal, por meio da passagem entre dois cilindros de aço ou ferro fundido com eixos paralelos que giram em torno

de si mesmos. Essa seção transversal é retangular e refere-se a produtos laminados planos de alumínio e suas ligas, compreendendo desde chapas grossas com espessuras de 150 mm, usadas em usinas atômicas, até folhas com espessura de 0,005 mm, usadas em condensadores. A figura 1 ilustra alguns processos de laminação. Existem dois processos tradicionais de laminação de alumínio: laminação a quente e laminação a frio. Atualmente, a indústria também se utiliza da laminação contínua.

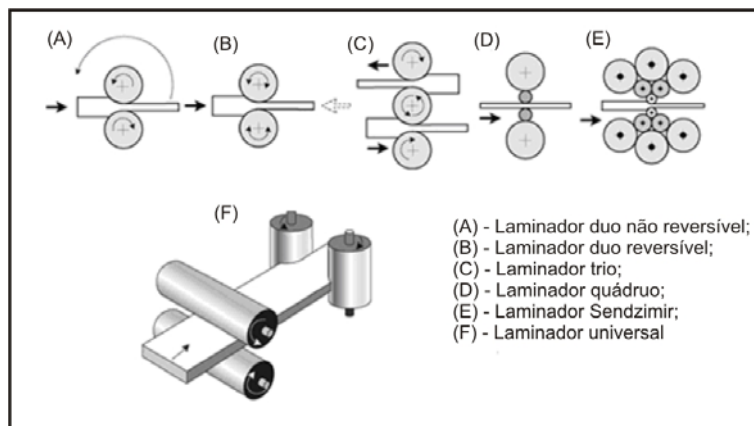


Fig. 1 – Processos de laminação

Os principais tipos de produtos laminados são chapas planas ou bobinadas, folhas e discos. Esses semiprodutos têm diversas aplicações em setores como transportes (carrocerias para ônibus, equipamentos rodoviários, elementos estruturais, etc.), construção civil (telhas, fachadas, calhas, rufos, etc.), embalagens (latas, descartáveis e flexíveis) e bens de consumo (painéis, utensílios domésticos, etc.).

## Laminação a quente

A laminação a quente promove reduções da seção transversal com o metal a uma temperatura mínima de aproximadamente 350°C (igual à temperatura de recristalização do alumínio). A ductilidade do metal a temperaturas dessa ordem é máxima, e, nesse processo, ocorre a recristalização dinâmica na deformação plástica. A figura 2 ilustra um processo de laminação a quente.

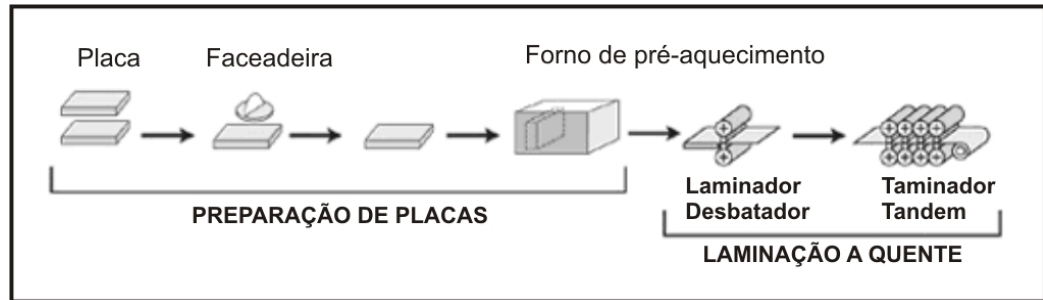


Fig. 2 – Laminação a quente.

## Laminação a frio

A laminação a frio realiza-se a temperaturas bem inferiores às de recristalização do alumínio. A matéria-prima é oriunda da laminação a quente. A laminação a frio é executada, geralmente, em laminadores quádruplos, reversíveis ou não, sendo este último mais empregado. O número de **passes** depende da espessura inicial da matéria-prima, da espessura final, da liga e da têmpera do produto desejado. Os laminadores estão dimensionados para reduções de seções entre 30% e 70% por passe, dependendo, também, das características do material em questão. Laminadores mais sofisticados possuem sistemas computadorizados de controle de espessura e de planicidade. Na laminação a frio utilizam-se dois recursos: tensões avante e tensões a ré. A figura 3 ilustra um processo de laminação a frio.

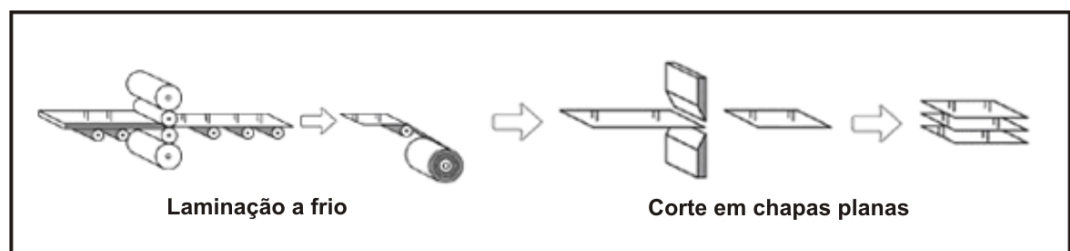


Fig. 3 – Laminação a frio.

A deformação a frio confere **encruamento** ao alumínio. Aumenta os limites de resistência à tração e ao escoamento, com diminuição do alongamento. Esse procedimento produz um metal com bom acabamento superficial e preciso controle dimensional. Os produtos laminados de alumínio são utilizados em todas as operações metalúrgicas usuais de chapas, incluindo aquelas que exigem do metal excepcional ductilidade, como é o caso de processos como estampagem, extrusão por impacto, perfilação (roletagem), etc. Recozimentos intermediários podem ser realizados para amolecimento (recristalização).

e para facilitar posterior laminação ou determinar temperaturas específicas. Os produtos laminados a frio mais finos (folhas), com espessura de até 0,005 mm, são produzidos em laminadores específicos, que concebem o processo de laminação de folhas duplas com lubrificação entre elas.



## Passo 2 / Atividade sugerida



25 min

Para contextualizar a aula, leve os jovens até ao chão de fábrica no setor de laminação, onde eles possam acompanhar a fabricação de chapas. Peça que observem atentamente o que está acontecendo.

Depois, retornem à sala de aula e escreva algumas perguntas no quadro, a seu critério, instigando-os a responderem as questões.

Valendo-se do que observaram e registraram, exponha as principais características e propriedades do processo de laminação. Utilize várias perguntas, rememore situações vivenciadas durante a observação, provoque perguntas e inferências dos jovens durante sua exposição.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para visitar o processo de laminação da fábrica. providencie cópias do tarifário.

## Terceira Aula



Nessa aula serão apresentadas as características e exemplos de produtos fabricados por estampagem e soldagem.



## Passo 1 / Aula teórica



25 min

### Estampagem

Chapas e discos de alumínio são amplamente utilizados para estampagem profunda. Nesse processo, o material

é pressionado por uma **punção** contra uma matriz, como acontece com os utensílios domésticos e latas de bebidas. Essas operações requerem material com grande plasticidade, alta ductilidade e com uma baixa taxa de encruamento. Os melhores resultados são obtidos quando o metal possui um tamanho de grão pequeno e uniforme. Assim, as ligas de alumínio são mais utilizadas para essas aplicações, a não ser que os componentes acabados necessitem de maior resistência.

Outro método usado para confirmar se um determinado material foi escolhido adequadamente é um simples teste de dobramento. Este teste é realizado em chapas de espessura fina em que se determina qual o menor raio em que elas conseguem ser dobradas sem se romper. A figura 4 ilustra um processo de estampagem.

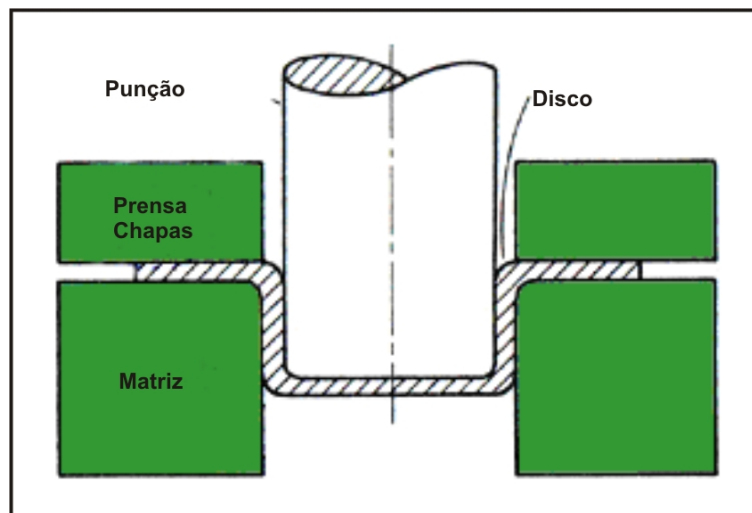


Fig. 4 – Processo de estampagem.

## Soldagem

A soldagem é o processo de união de materiais (particularmente os metais) mais importante do ponto de vista industrial sendo extensivamente utilizada na fabricação de tubos e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. A sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos até grandes estruturas e equipamentos (pontes, navios, vasos de pressão, etc.). Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo (ou processos) adequado para uma dada aplicação.

Idealmente, a soldagem ocorre pela aproximação das superfícies das peças a uma distância suficientemente curta para a criação de ligações químicas entre os seus átomos. Esse efeito pode ser observado, por exemplo,

quando dois pedaços de gelo são colocados em contato. Para outros materiais, a soldagem não ocorre tão facilmente, pois a aproximação das superfícies a distâncias suficientes para a criação de ligações químicas entre os seus átomos é dificultada pela rugosidade microscópica e camadas de óxido, umidade, gordura, poeira e outros contaminantes existentes em toda superfície metálica.

## Processos de soldagem

Existem alguns materiais que não podem ser soldados, porém os que podem não podem ser soldados por todo tipo de processo. Logo, antes de iniciar um trabalho de fabricação, é necessária a seleção de um processo de solda. A seguir são apresentados alguns processos de soldagem:

- Soldagem por resistência por pontos (*Resistance Spot Welding*) – É muito usado em trabalho com chapas metálicas na indústria automotiva e na fabricação de carcaças de geladeiras.
- Soldagem a arco com eletrodo de tungstênio com proteção gasosa (*Gas Tungstênio Arc Welding – GTAW*) é bem-aceito na fabricação de aeronaves, foguetes, mísseis e indústrias nucleares.
- Soldagem por arco submerso (*Submerged Arc Welding – SAW*) é o único processo usado para soldagem em construção naval e na fabricação vasos de pressão.
- Soldagem por feixe de elétrons (*Electron Beam Weald – EBW*) é principalmente empregado para soldar metais reativos.
- Soldagem a arco com proteção gasosa – eletrodo revestido (*Shielded Metal Arc Welding – SMAW*) é usado para a solda de juntas com difícil acesso ou para soldagem de campo.



### Passo 2 / Atividade sugerida



25 min

Para contextualizar a aula, leve os jovens até ao chão de fábrica no setor de estampagem e soldagem, onde eles possam acompanhar um processo de fabricação de chapas ou tubos. Peça que observem atentamente o que está acontecendo.

Depois, retornem à sala de aula e escreva as perguntas no quadro, instigando-os a responderem as questões acima.

Valendo-se do que observaram e registraram, exponha as principais características e propriedades do processo de estampagem e soldagem. Utilize várias perguntas, rememore situações vivenciadas durante a observação, provoque perguntas e inferências dos jovens durante sua exposição.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para visitar o setor de estampagem e soldagem da fábrica.



## Quarta Aula

Nessa aula será realizada a avaliação teórica referente aos capítulos 1, 2, 3 e 4.

**Educador**, marque a data da avaliação com antecedência. Providencie cópias para todos os jovens.

PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Materiais e Processos de Produção

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

### Avaliação Teórica

1 O que é um produto?

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

2 O que é um metal?

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

3 O que é um material cerâmico?

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

4 O que é maleabilidade de um metal?

.....

.....

.....

.....

.....

5 O que é resistência de um metal?

.....

.....

.....

.....

.....

6 Os aços que contém carbono podem ser endurecidos? Como?

.....

.....

.....

.....

.....

7 Como é fabricado um tubo de aço sem costura?

.....

.....

.....

.....

.....

8 Que são aços especiais? Cite elementos que tornam especial o aço.

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

9 Quais os elementos que compõem os aços-liga usuais?

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

10 Quais os tipos de tratamento térmico que o aço pode ser submetido?

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

11 Que é bronze?

.....  
.....

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

12 Cite pelo menos três ligas de alumínio e onde são aplicadas na indústria.

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

13 Cite quatro semiprodutos metálicos oriundos do aço.

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

## 5 Plásticos Industriais

Neste capítulo serão apresentadas as características dos plásticos e polímeros, as diferenças entre termoplásticos e termofixos, as características, aplicações e denominações dos principais polímeros usados na confecção de produtos de uso geral, os processos de injeção de plástico e um estudo sobre reciclagem de resinas plásticas.

### Objetivos

- Conhecer as principais características dos plásticos e polímeros.
- Reconhecer termoplástico e termofixos.
- Compreender as características dos polímeros.
- Conhecer as aplicações e denominações dos principais polímeros usados na confecção de produtos de uso geral.
- Compreender o funcionamento do processo de injeção.
- Conhecer a reciclagem de resinas plásticas.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentadas as principais características dos plásticos e polímeros.



Passo 1 / Aula teórica



35 min

## Materiais plásticos

Materiais plásticos são uma subdivisão dos polímeros. Trata-se de uma classe de materiais que apresentam grande facilidade de assumir qualquer formato. São compostos de resinas naturais ou resinas sintéticas, apresentando moléculas de carbono, hidrogênio, oxigênio e azoto. Os materiais plásticos provêm do carvão mineral, do petróleo ou produtos vegetais. Apresentam grande variedade de propriedades mecânicas e físicas.

## Polímeros

Os polímeros são as moléculas básicas dos plásticos, e estão presentes em estado natural em algumas substâncias vegetais e animais como a borracha, a madeira e o couro. Há substâncias, como a celulose, que apesar de terem propriedades plásticas não se enquadram nessa categoria.

O mecanismo químico de formação dos plásticos recebe o nome de polimerização e consiste na construção de grandes cadeias de carbono, cheias de ramificações, nas moléculas de certas substâncias orgânicas. A molécula fundamental do polímero, o monômero, repete-se um número elevado de vezes por meio de processos de condensação ou adição aplicados sobre o composto. Os polímeros de condensação são obtidos mediante a síntese de um conjunto de unidades moleculares, feita pela eliminação de unidades moleculares, como a água. O mecanismo de adição forma macromoléculas pela união sucessiva de unidades químicas.

Para que ocorram os processos de polimerização é necessário que seja mantida uma temperatura elevada, o que, a princípio, se consegue graças ao caráter **exotérmico** das reações. Esse despreendimento do calor produzido pela dinâmica interna da própria reação alimenta transformações em cadeia que diminuem, geralmente de modo espontâneo e gradual, até cessar



**Exotérmico**  
Processo que ocorre com liberação de calor.

por completo. Uma vez formados, os polímeros se mantêm unidos por forças de dispersão, fracas atrações elétricas entre as moléculas e o próprio emaranhado das ramificações moleculares

## Classificação geral dos materiais plásticos

Há duas categorias principais de materiais plásticos: termoplásticos e termofixos.

### Plásticos termoplásticos



#### Polímeros de adição

Polímeros formados através de uma reação de adição, a partir de um único tipo de molécula.

#### Polímeros de condensação

Polímeros formados através de uma reação de condensação, a partir de um único tipo de molécula com eliminação de uma molécula pequena, geralmente a água.

#### Polietileno

É um termoplástico derivado do eteno, cuja maior aplicação encontra-se nas embalagens.

#### Formaldeído

É um composto químico orgânico.

Os materiais termoplásticos são substâncias caracterizadas por sua propriedade de mudar de forma sob a ação do calor, o que permite seu tratamento e moldagem por meios mecânicos. Com o resfriamento, esses materiais recuperam sua consistência inicial. Entre eles estão os derivados da celulose, os **polímeros de adição** e os **polímeros de condensação**. Os derivados da celulose são obtidos mediante a adição de substâncias ácidas ou alcalinas à celulose vegetal ou sintetizada. O **polietileno** as resinas acrílicas, o vinil, o poliestireno e os polímeros de **formaldeído** constituem as principais variedades de polímeros de adição com propriedades termoplásticas. O cloreto de polivinila tem um grande número de aplicações, da fabricação de roupas e brinquedos a isolantes elétricos e móveis. As resinas acrílicas são obtidas do ácido acrílico e entre elas sobressai o metilmetacrilato, substância altamente transparente utilizada nas janelas de aeronaves e cujo uso na fabricação de móveis e objetos decorativos se difundiu na década de 1970. Os poliestirenos aparecem em grande variedade e são em geral obtidos por meio da polimerização de uma resina de cor branca. Suas propriedades de dureza, transparência e brilho unidas ao alto poder como isolante elétrico os transformaram num dos materiais mais úteis na fabricação de objetos por injeção em moldes. Já os formaldeídos polimerizados possuem elasticidade e alta resistência a impactos, sendo usados na indústria automotiva e na construção. Entre os polímeros de condensação destacam-se os policarbonatos e as poliamidas, como o náilon, muito usadas na indústria têxtil. Diferentes tipos de náilon, obtidos por modificações externas no comprimento das moléculas, são usados também em máquinas.

Os materiais termoplásticos mais conhecidos são: acrílicos, celulósicos, fluorcarbonos, *nylon*, polietilenos, poliestirenos, polivinils e proteínicos.

## Plásticos termofixos ou termoestáveis

Os plásticos termofixos ou termoestáveis se amoldam por aquecimento, mas depois de um certo tempo adquirem uma estrutura peculiar na qual endurecem rapidamente e se convertem em materiais rígidos que, se aquecidos em excesso, carbonizam-se antes de recuperar a maleabilidade. As poliuretanas, reduzidas à lâminas, são usadas como isolantes térmicos e espumas de recheio em almofadas. Os aminoplásticos, como as resinas de uréia, são transparentes e resistem a pressões externas. Já os plásticos fenólicos, dos quais a baquelita é um dos tipos principais, derivam do fenol ou álcool de benzeno. Os poliésteres são fabricados habitualmente a partir de ácidos e álcoois não saturados e são usados na fabricação de tintas, fibras têxteis e películas. Quanto aos silicões, cadeias moleculares que usam átomos de silício em vez de carbono, são usados na fabricação de lâminas de alta resistência mecânica e de substâncias dielétricas. Devido à inocuidade fisiológica, são muito usados em próteses, para substituir elementos do corpo humano.

Os materiais termofixos mais conhecidos são: alkyds, epóxides, furan, inorgânicos, melaminos, fenólicos, poliésteres, silicões e formaldeídos de uréia.

## Elastômeros (Borrachas)

Os elastômeros (borrachas) são classe intermediária entre os termoplásticos e os termofixos. Não são fusíveis, mas apresentam alta elasticidade, não sendo rígidos como os termofixos. Reciclagem complicada pela incapacidade de fusão. A estrutura molecular é similar à do termofixo, mas há menor número de ligações entre os "cordões"; como se fosse a rede, mas com malhas bem mais largas .



### Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Desafie os jovens a tentarem explicar, em duplas, os conceitos de materiais plásticos, vistos nesta aula. Você poderá corrigir este exercício no quadro no início da próxima aula ou solicitar que os jovens trabalhem no tema e depois apresentem seus resultados oralmente, no final da próxima aula. Divida a turma em duplas.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, catálogos, revistas, apostilas, canetas, etc.).



## Segunda Aula

Nesta aula prática no laboratório de química, serão observadas as diferenças, através de ensaio prático de queima, entre materiais termoplásticos e materiais termofixos.



### Passo 1 / Orientação da turma



10 min

Solicite aos jovens que formem grupos, no máximo com dois jovens. No laboratório de química deverão acompanhar a um ensaio de queima de material termoplástico e material termofixo.



### Passo 2 / Atividade prática



30 min

Prepare inicialmente, com o auxílio dos estudantes, uma amostra de material termoplástico, por exemplo, acrílico ou PVC e outra de material termofixo, por exemplo, baquelite ou silicone. Aqueça com um maçarico inicialmente o material termoplástico. Os grupos deverão anotar o comportamento do material sob aquecimento. Depois aqueça o material termofixo. O grupo deverá anotar o comportamento do material termofixo sob aquecimento.



### Passo 3 / Apresentação dos resultados



10 min

Ao final do encontro, valendo-se do que observaram e registraram os estudantes, deverão concluir quais as diferenças entre os dois materiais. Corrija e faça comentários e recomendações necessários sobre as diferenciações. Os jovens deverão fazer um relatório, conforme descrito no anexo, relatando essa prática.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para usar o laboratório de química da fábrica.

## Terceira Aula



Nessa aula serão apresentadas as principais características dos polímeros, as aplicações e as denominações dos principais polímeros usados na confecção de produtos de uso geral.



### Passo 1 / Aula teórica



35 min

## Características dos polímeros

Os polímeros são compostos químicos de elevada **massa molecular** - é a massa de uma molécula dessa substância relativa à unidade de massa atômica - relativa, resultantes de reações químicas de polimerização. Estes contêm os mesmos elementos nas mesmas proporções relativas, mas em maior quantidade absoluta. Os polímeros são macro células formadas a partir de unidades estruturais menores (os monômeros). O número de unidades estruturais repetidas numa macro molécula é chamado grau de polimerização.

A polimerização é uma reação em que as moléculas menores (monômeros) se combinam quimicamente para formar moléculas longas, mais ou menos ramificadas com a mesma composição centesimal. Estes podem formar-se por reação em cadeia ou por meio de reações de polimerização por adição ou polimerização por condensação. A polimerização pode ser reversível ou não e pode ser espontânea ou provocada (por calor ou reagentes).

## Polimerização por adição

A polimerização por adição implica ligar os monômeros juntos numa cadeia, em geral pela aplicação de calor e pressão, na presença de um **catalisador**. Os monômeros podem ser do mesmo tipo ou de diferentes tipos, como em co-polimerização. A polimerização por adição forma



### **Catalisador**

É uma substância que afeta a velocidade de uma reação, mas emerge do processo inalterada.

cadeias articuladas, com vários graus de ramificação. Isso normalmente conduz a materiais flexíveis, com a rigidez aumentando com o comprimento das cadeias e a quantidade de ramificações. Também produz, geralmente, propriedades "termoplásticas", permitindo que o material seja amolecido sob calor. Os materiais característicos são o *polyvinil chloride* (PVC) e o *polymethyl methacrylate* (PMMA ou acrílico).

## Polimerização por condensação

Polimerização por condensação implica uma reação química entre dois monômeros, levando a uma reconstrução de sua estrutura molecular e à eliminação de um subproduto como água, com uma estrutura resultante, freqüentemente mais interligada do que a produzida pela polimerização de adição.

A interligação cruzada das estruturas poliméricas proporciona grande rigidez, mas com menos capacidade de ser processada por "calor" ou "fusão".

Os termoplásticos, que são produzidos com polimerização por adição ou por condensação, amolecem sob a aplicação de calor.

Os plásticos termofixos ("*thermosetting*"), que se estabilizam pelo calor, são sempre produzidos com polimerização por condensação, estabilizados e solidificados quando aquecidos, e não podem ser amolecidos de novo sob calor, como já foi explicado anteriormente.

## Principais produtos

A seguir serão apresentados os principais polímeros usados na confecção de produtos de uso geral e suas aplicações.

### a Polímeros termoplásticos:

- **PC** – Policarbonato: aplicações em Cd's, garrafas, recipientes para filtros, componentes de interiores de aviões, coberturas translúcidas, divisórias, vitrines, etc.
- **PU** – Poliuretano: aplicações em esquadrias, chapas, revestimentos, molduras, filmes, estofamento de automóveis, em móveis, isolamento térmico em roupas impermeáveis, isolamento em refrigeradores industriais e domésticos, polias e correias.
- **PVC** – Poli Cloreto de Vinila: aplicações em telhas translúcidas, portas sanfonadas, divisórias, persianas,

perfis, tubos e conexões para esgoto e ventilação, esquadrias, molduras para teto e parede.

- **PS** – Poliestireno: aplicações em grades de ar condicionado, gaiútas de barcos (imitação de vidro), peças de máquinas e de automóveis, fabricação de gavetas de geladeira, brinquedos, isolante térmico, matéria-prima do isopor.
- **PP** – Polipropileno: aplicações em brinquedos; recipientes para alimentos, remédios, produtos químicos; carcaças para eletrodomésticos; fibras; sacarias (ráfia); filmes orientados; tubos para cargas de canetas esferográficas; carpetes; seringas de injeção; material hospitalar esterilizável; autopeças (para-choques, pedais, carcaças de baterias, lanternas, ventoinhas, ventiladores, peças diversas no habitáculo); peças para máquinas de lavar.
- **PET** – Poli Tereftalato de Etila: aplicações em fibras para tecelagem e embalagens para bebidas

#### b Polímeros termofixos

- **Baquelite**: usada em tomadas e no embutimento de amostras metalográficas.
- **Poliéster**: usado em carrocerias, caixas d'água, piscinas, etc., na forma de plástico reforçado (*fiberglass*).

#### c. Elastômeros (borrachas)

- **Aplicações**: pneus, vedações, mangueiras de borracha.



## Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Desafie os jovens a tentarem explicar, em duplas, os conceitos de polimerização, vistos nesta aula. Você poderá corrigir este exercício no quadro no início da próxima aula ou solicitar que os jovens trabalhem no tema e depois apresentem seus resultados oralmente no final da próxima aula. Divida a turma em duplas.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, catálogos, revistas, apostilas, canetas, etc.).



## Quarta Aula

Nessa aula serão apresentados os processos de fabricação de produtos plásticos acabados, características das peças injetadas e reciclagem de resinas plásticas.



### Passo 1 / Aula teórica



35 min

### Processos de fabricação de produtos plásticos

Os processos de fabricação de produtos plásticos podem ser de variadas técnicas. Citam-se, a seguir, apenas alguns, a título de exemplo.

### Processos de fabricação de materiais termoplásticos

- Moldagem por injeção a quente.
- Moldagem por extrusão.
- Moldagem a ar comprimido.
- Moldagem a vácuo.

### Processos de fabricação de materiais termofixos

- Moldagem por compressão a quente.
- Laminagem.
- Fundição e moldagem.

### Moldagem

Da mesma forma que o acrílico, a natureza plástica e a resistência do policarbonato tornam-no ideal para ser moldado em quaisquer formas das mais simples às mais complexas, para adaptar-se a padrões requeridos e partilhar da resistência. Tanto a termo-moldagem (a

temperaturas de 175 a 200°C), como a curvatura "a frio" (à temperaturas ambiente) podem ser efetuadas.

A termomoldagem compreende pré-secagem do material a 120°C (com variação de mais ou menos 3°C) em forno quente com ar circulante, por um tempo que depende da espessura do material; até 24 horas para um produto de 6 mm. A pré-secagem é necessária para evitar bolhas no processo subsequente. A folha é então aquecida até 175 - 200°C e moldada usando vácuo, sopro livre, prensagem ou reação rápida.

Para a moldagem de pregas ou ainda moldagem mecânica ou em moldes casados, a folha é aquecida a 155 - 160°C num forno, sobre um suporte recoberto de feltro, antes da transferência necessariamente rápida para o molde. Para a formação das dobras, usam-se então **molde macho**, molde fêmea e pressão, se necessário. As duas moldagens, mecânica e em moldes casados, são similares, porém requerem maior força. Dobrar a folha na linha quente exige que se aqueça a folha de forma localizada a 150°C, antes de curvá-la. "Temperar" o material de 130 a 135°C por uma hora para cada 2,5mm de espessura livra a superfície de tensão.



#### **Molde macho**

Em fundição, são partes de um molde para fazer partes ocas numa peça de metal

#### **PE**

Abreviação de polietileno, plástico extremamente comum usado, por exemplo, em saquinhos de leite.

## Reciclagem

Alguns polímeros, como termofixos e elastômeros, não podem ser reciclados de forma direta, pois não existe uma forma de refundi-los ou despolimerizá-los. Na maioria das vezes a reciclagem de termoplásticos não é economicamente viável devido ao seu baixo preço e baixa densidade. Somente plásticos consumidos em massa, como o **PE** - e o PET, apresentam bom potencial econômico. Outro problema é o fato de os plásticos reciclados serem encarados como material de segunda classe. Quando a reciclagem não é possível a alternativa é queimar os plásticos, transformando-os em energia. Porém, os que apresentam halogênio, como o PVC e o PTFE, geram gases tóxicos na queima.

## Vantagens da reciclagem

- Redução do volume de lixo nos aterros sanitários e melhoria nos processos de decomposição de matérias orgânicas nos mesmos. O PET acaba por prejudicar a decomposição, pois impermeabiliza certas camadas de lixo, não deixando circular gases e líquidos.
- Economia de petróleo, pois o plástico é um derivado.

- Economia de energia na produção de novo plástico.
- Geração de renda e empregos.
- Redução dos preços para produtos que têm como base materiais reciclados.
- No caso do PET de 2 litros, a relação entre o peso da garrafa (cerca de 54g) e o conteúdo é uma das mais favoráveis entre os descartáveis; por esse motivo torna-se rentável sua reciclagem.
- O material não pode ser transformado em adubo. Plástico e derivados não podem ser usados como adubo, não há bactéria na natureza capaz de degradar rapidamente o plástico.
- É altamente combustível, com valor de cerca de 20.000 BTUs/quilo, e libera gases residuais como monóxido e dióxido de carbono, acetaldeído, benzoato de vinila e ácido benzóico, esses gases podem ser usados na indústria química.
- É muito difícil a sua degradação em aterros sanitários



## Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Para contextualizar a aula, solicite aos jovens que redijam um documento em que descrevam um processo de fabricação de produtos plásticos acabados, que utilize o processo de injeção de plásticos.

Recolha os documentos gerados e verifique se os jovens encontraram pontos de divergência entre os trabalhos e as orientações fornecidas na aula teórica, que você ministrou. Se houver diferenças significativas, comente-as no início ou final da próxima aula.

## 6 Madeira, Fibras, Papel e seus Processos de Produção

Neste capítulo serão apresentadas as características, processos de produção e acabamento dos semiprodutos derivados da madeira (compensado, aglomerado e MDF) utilizados na fabricação de móveis de escritórios; as características dos tecidos, fibras naturais e sintéticas, o processos de transformação de fibras em tecidos; as características e etapas da produção do papel.

### Objetivos

- Conhecer as principais características, processos de produção e acabamento dos semiprodutos derivados da madeira (aglomerado, compensado e MDF) utilizados na fabricação de móveis de escritório.
- Reconhecer semiprodutos derivados da madeira.
- Compreender as características dos tecidos, fibras naturais e compostas.
- Conhecer as características e etapas da produção do papel.



# Primeira Aula



Nessa aula serão apresentadas as características, processos de produção e acabamento dos semi-produtos derivados da madeira e utilizados na fabricação de móveis de escritório.



## Passo 1 / Aula teórica



35 min

### Madeira

A madeira é um material sólido, orgânico, obtido originalmente do tronco das plantas lenhosas, especialmente das árvores. Essas plantas são caracterizadas pelos caules, que crescem em diâmetro ano após ano, e também são compostas de celulose, **hemicelulose** e **lignina** entre seus tecidos. As plantas que não produzem madeira são chamadas de herbáceas.



#### **Hemicelulose**

Refere-se a uma mistura de polímeros polissacarídeos de baixa massa molecular, os quais estão intimamente associados com a celulose nos tecidos das plantas-e

#### **Lignina**

É um dos principais constituintes da madeira, sendo responsável pela sua resistência

### Uso da madeira

Quando a madeira está cortada e seca, é utilizada para diferentes aplicações. Por exemplo, pode ser fragmentada em fibras e transformada no material denominado polpa, que é a matéria-prima para a produção de papel. Pode ser trabalhada e modelada na fabricação de móveis ou utilizada na construção de telhados, pontes, etc.

Para uso industrial é necessária a secagem da madeira, que consiste em extrair do seu interior o excesso de água, de forma a poder ser utilizada nas suas diversas aplicações. A evaporação da água leva a madeira a contrair-se, isto é, a diminuir de volume; a velocidade de secagem deve, portanto, ser adequada aos diferentes tipos de madeira de forma a evitar danos prejudiciais, como o aparecimento de fendas ou empenamento.

Existem dois tipos de secagem:

- Natural – Permite secar a madeira sobrepondo as peças umas sobre as outras de modo a possibilitar um arejamento uniforme. Esse processo é moroso, exige grandes espaços e imobiliza grandes quantidades de madeira. A secagem natural permite secar a madeira até uma umidade mínima de 12%. Abaixo dos 20% de umidade a madeira resiste à

putrefação. Abaixo dos 30% podem começar a surgir os defeitos de secagem: rachaduras, empenamentos, encruamentos, colapsos, abaulamentos, torções, encanoamentos.

- **Artificial** – A secagem artificial, feita através de estufas próprias, permite aumentar a velocidade da secagem da madeira ao mesmo tempo em que a protege dos fungos e insetos. Exige instalações caras, torna a madeira menos flexível e escurece o seu tom.

## Móveis de escritório

A seguir são apresentadas as características, processos de produção e acabamento dos semiprodutos derivados da madeira utilizados na fabricação de móveis de escritório:

- **Lamelado colado** – O material designado por lamelado colado é obtido por colagem de pranchas (ou lamelas) de madeira sobrepostas, topo a topo, de modo a formar uma peça de maiores dimensões e com melhores propriedades mecânicas (maior resistência). Outra vantagem dos lamelados colados face à madeira maciça é a possibilidade de construir peças de eixo curvo e de seção variável ao longo do comprimento. A colagem é feita através de resinas à base de formaldeído.
- **Compensado laminado** – O material designado por compensado laminado é obtido por colagem de lâminas finas de madeira sobrepostas, em número ímpar e formando 90° entre si, fixadas através de resinas e outros aditivos.
- **Placas de partículas de madeira** – As placas de partículas de madeira são obtidas por aglomeração de partículas de madeira com resinas e outros aditivos. O aglomerado de partículas é um material derivado da madeira. Esse material na atualidade é muito usado na fabricação de móveis e artesanatos, substituindo em parte o compensado. Ele não é apropriado para uso em lugares úmidos ou expostos à luz direta do sol. É composto por partículas de madeira de três diferentes dimensões, unidas por resinas especiais e prensagem a quente, de forma que a superfície fique mais densa (partículas menores) e o centro da chapa fique menos denso (partículas maiores). Isto contribui para a estabilidade da chapa e uma superfície menos porosa, que poderá receber aplicação de tintas, vernizes, folheados de madeira ou sintéticos.

- **Placas de fibra de madeira** – As placas de fibra de madeira são obtidas por aglomeração de fibras de madeira com resinas e outros aditivos. Os materiais característicos desse grupo são: *Hardboard* (HDF), *Mediumboard* (MDF) e o *Softboard* (LDF). O MDF (*Medium Density Fiberboard*) é uma chapa fabricada a partir da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e ação conjunta de temperatura e pressão. Para a obtenção das fibras, a madeira é cortada em pequenos cavacos que, em seguida, são triturados por equipamentos denominados desfibradores. O material é moldado em painéis lisos sob alta temperatura e pressão. O MDF possui consistência e algumas características mecânicas que se aproximam às da madeira maciça. A maioria de seus parâmetros físicos de resistência é superior aos da madeira aglomerada, caracterizando-se, também, por possuir boa estabilidade dimensional e grande capacidade de usinagem. A homogeneidade proporcionada pela distribuição uniforme das fibras possibilita ao MDF acabamentos do tipo envernizado, pinturas em geral ou revestimentos com papéis decorativos, lâminas de madeira ou PVC. Podem também ser executadas junções com vantagens em relação à madeira natural, já que não possui nós, veios reversos e imperfeições típicas do produto natural. As chapas de MDF são fabricadas com diferentes características, que variam em função de sua utilização final. Como exemplo citamos, além das chapas *standard*, as chapas FR (resistentes ao fogo) e as chapas MR (resistentes à umidade, que são usadas em ambientes externos). Existem também chapas de maior resistência mecânica (HD), fabricadas com maior quantidade de fibras e resinas, o que lhes permite aplicações que requeiram maior resistência à flexão ou ao impacto. As espessuras das chapas variam de 3 mm até 60 mm, sendo as mais grossas utilizadas em elementos estruturais ou decorativos de arquitetura e móveis (pés torneados para mesas, por exemplo).



## Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Para contextualizar a aula, solicite aos jovens que redijam um documento em que descrevam um processo de fabricação de móveis.

Recolha os documentos gerados e verifique se os jovens encontraram pontos de divergência entre os trabalhos e as orientações fornecidas na aula teórica, que você ministrou. Se houver diferenças significativas, comente-as no início ou final da próxima aula.



## Segunda Aula

Nessa aula, serão apresentadas as características dos tecidos, fibras naturais, fibras sintéticas e o processo de transformação de fibras em tecidos.



### Passo 1 / Aula teórica



35 min

### Fibra têxtil

Os fios têxteis são os semiprodutos responsáveis pela produção dos tecidos. Eles são compostos de fibras ou filamentos, podendo ser de origem natural, química, sintética ou mineral. Pode-se distinguir dois tipos de fiação têxtil quanto ao tipo de fibra:

- Fiação de fibra descontínua: lã, algodão, viscose, poliéster, linho, etc.
- Produção de fios contínuos por extrusão: poliéster, viscose, poliamida, elastano, polipropileno, etc.

### Fiação de fibra descontínua

O primeiro passo na fiação de fibras descontínuas é a abertura dos fardos. As fibras são transportadas, em geral por via pneumática, até a carda, onde são abertas, colocadas em paralelo e unidas em forma de mecha. Em seguida sofrem uma série de estiragens de modo a reduzir a densidade linear da massa de fibras e homogeneizar a mistura. Como etapa final, a massa de fibras vai ser torcida para ganhar consistência e resistência à tração. Existem dois fluxos de processo distintos: a fiação a anel e a fiação *open end*.

### Fiação a Anel

Tradicionalmente conhecida como fiação convencional, a fiação a anel é subdividida em fiação para fibras curtas e fiação para fibras longas, sendo que em ambos os casos possuem a possibilidade de se produzir fios cardados e fios penteados. A fiação a anel tem como características básicas em função das etapas de processos de fabricação, maior resistência e custo maior em relação a fiação *Open-End*.

## Fiação *Open End*

A fiação *Open End*, também conhecida como fiação por rotor, pelas simplificações do ciclo de formação do fio, ela oferece um preço menor e uma melhor regularidade em comparação a fiação a anel, porém o fio apresenta uma resistência inferior.

## Fiação de fibra de fios contínuos

Quanto à fiação de fibras ou filamentos contínuos, sua produção ocorre por **extrusão** e pode ser dividida em três processos:

- *Melt-spun* ou fusão do polímero, por exemplo, polipropileno e poliéster.
- *Wet-spun* ou coagulação do polímero, por exemplo, viscose.
- *Dry-spun* ou secagem do polímero, por exemplo, elastano.

As matérias-primas podem ser artificiais (quando provêm de uma matéria-prima natural modificada, por exemplo, com uso de solvente) ou sintéticas (em geral, derivadas do petróleo ou, mais recentemente, de amido de milho). Os filamentos extrudados podem ser agrupados e sofrer torção e outros processos, como texturização.

## Tecido

O tecido é um semiproduto originado a partir de fibras naturais ou artificiais, que após processo de fabricação transforma-se em produto como, por exemplo, roupas, outras vestimentas e coberturas de diversos tipos, como cobertores para o frio, cobertura de mesa, pano de limpeza, faixas medicinais, etc. Os tecidos podem ser naturais, sintéticos ou artificiais.

Os tecidos naturais considerados básicos e clássicos são o algodão, a lã, a seda e o linho. Os tecidos sintéticos como o poliacrílico, polivinílico e o poliéster não mantêm a temperatura do corpo, não absorvem a umidade do corpo, não têm a elasticidade natural e por não absorverem umidade amarrota facilmente. Por fim, os tecidos artificiais provêm de fibras celulósicas, tais como acetatos e viscose, fibras proteínicas, procedentes de matérias como o milho e óleos vegetais. Imitam perfeitamente a seda e o cetim, e incluem tecidos como o *nylon*.



### **Extrusão**

É um processo de produção de forma semi-contínua onde o material é forçado através de uma matriz, adquirindo assim a forma pré determinada do produto

## Processo de transformação de fibra em tecido

O processo têxtil de produção de tecidos é dividido em fiação (transformação da fibra em fio), tecelagem (transformação dos fios tintos ou crus, em tecidos) e beneficiamento (os tecidos são tratados para adquirir as características de toque, impermeabilidade, estabilidade dimensional, etc.).



### Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Para contextualizar a aula, solicite aos jovens que redijam um documento em que descrevam um processo de fabricação de tecidos.

Recolha os documentos gerados e verifique se os jovens encontraram pontos de divergência entre os trabalhos e as orientações fornecidas na aula teórica, que você ministrou. Se houver diferenças significativas, comente-as no início ou final da próxima aula.



## Terceira Aula

Nessa aula, serão apresentadas as características e as etapas do processo de produção do papel.



### Passo 1 / Aula teórica



15 min

## Etapas do processo de produção do papel

O processo de produção do papel e da celulose tem seu início no processamento da madeira e segue até o tratamento dos efluentes liberados por indústrias que trabalham com a madeira. Pode-se dividir o processo nas seguintes etapas: polpação, branqueamento e papel.

## Polpação

Em uma indústria de celulose, a polpação é a primeira etapa do processo. A madeira que chega é transformada em cavacos por uma máquina picadora. Esses cavacos são postos em grandes reatores chamados digestores, onde são cozidos em soluções químicas a uma temperatura que varia entre 150° C e 170° C durante cerca de três horas. Com isso, a lignina (substância presente nas células vegetais, que confere rigidez à madeira) é dissolvida, soltando as fibras de celulose. O material resultante é chamado de polpa. A figura 1 apresenta uma máquina picadora, que transforma a madeira em cavacos.



Fig. 1 – Máquina picadora.

## Branqueamento

A próxima etapa da produção do papel é o branqueamento. Em sua forma natural, a polpa apresenta uma tonalidade escura. Branqueá-la significa remover os grupos coloridos, como impurezas de lignina, que podem comprometer a qualidade do produto. Para isso, são usados reagentes específicos, como oxigênio, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio e ozônio. O nível ideal de branqueamento depende do papel que será fabricado. A figura 2 apresenta o branqueamento da polpa.



Fig. 2 – Branqueamento da polpa.

## Papel

A polpa branqueada é, então, preparada para a produção do papel. Ela é formada por fibras, que variam de acordo com a espécie de árvore. As fibras do eucalipto, por exemplo, assemelham-se a um tubo alongado e têm cerca de um milímetro de comprimento. São essas fibras que irão determinar as propriedades do papel, como resistência, volume ou maciez.



### Passo 2 / Aula prática



35 min

Para contextualizar a aula, leve os jovens até uma empresa que possua um processo industrial de produção de papel ou tecido. Peça que observem atentamente o que está acontecendo.

**Educador**, valendo-se do que os jovens observaram e registraram. Utilize várias perguntas, rememore situações vivenciadas durante a observação, provoque perguntas e inferências dos jovens durante a visita.

Para essa tarefa, será preciso providenciar uma visita a uma fábrica de papel ou tecido, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência.



## Quarta Aula

Nessa aula será realizada a avaliação teórica referente aos capítulos 5 e 6.

**Educador**, marque a data da avaliação com antecedência. Providencie cópias para todos os jovens.

PROJETO ESCOLA FORMARE

CURSO: .....

ÁREA DO CONHECIMENTO: Materiais e Processos de Produção

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

### Avaliação Teórica

1 Qual a procedência dos materiais plásticos?

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

2 O que é polimerização e no que consiste?

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

3 O que são materiais termoplásticos?

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

4 O que são materiais termofixos?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5 O que são elastômeros?

.....

.....

.....

.....

6 Cite alguns exemplos de processos de fabricação de materiais termoplásticos?

.....

.....

.....

.....

7 Cite algumas vantagens da reciclagem de plásticos?

.....

.....

.....

.....

.....

8 Cite alguns semiprodutos derivados da madeira utilizados na fabricação de móveis?

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

9 Quais os tipos de fiação têxtil caracterizada pelo tipo de fibra?

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

10 Explique o processo têxtil da produção de tecidos.

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



## 7 Medição Dimensional e Tolerância

Será apresentado ao aprendiz como se desenvolveu a necessidade de medir, na evolução da humanidade. Conceitos de sistema métrico, unidades dimensionais, o milímetro, a polegada, controle dimensional, conceito de medição, medições de peças mecânicas usando escala, trena e paquímetro que permitirão o entendimento da importância das medidas em mecânica. Serão apresentados os conceitos e necessidades do uso de sistemas de tolerâncias e ajustes dimensionais na fabricação e montagem de componentes industriais. Também serão apresentados os conceitos e tipos de ajustes, que permitirão o entendimento da importância da tolerância dimensional em fabricação e montagens mecânicas.

### Objetivos

- Conceituar sistema de medição e unidades para medida dimensional.
- Diferenciar milímetro e polegada como unidades de uso no setor industrial.
- Conhecer transformação para submúltiplos do milímetro e frações de polegada.
- Compreender o controle dimensional e seus elementos.
- Aprender a medir peças mecânicas utilizando escala de aço e trena.
- Aprender a medir peças mecânicas utilizando o paquímetro.
- Conceituar erro de medição, intercambialidade, exatidão e sistema de tolerância e ajustes na fabricação e montagem de componentes industriais.
- Aprender as terminologias e conceitos de tolerância.
- Aprender as terminologias e conceitos de ajustes.
- Relacionar exemplos de aplicações práticas de fábrica.



# Primeira Aula



Nessa aula será apresentado o histórico da medição e definição de padrão.



Passo 1 / Aula teórica



30 min

## Histórico da medição

A necessidade de medir é muito antiga e remonta à origem das civilizações. Segundo estudos, a medição de comprimentos pelo homem teve origem cerca de 4.000 anos atrás. As unidades de medição antigas eram baseadas em partes do corpo humano, que eram utilizadas como padrões universais, pois era fácil fazer uma medida que podia ser verificada por outra pessoa. Essas unidades de medidas, entretanto, eram geralmente arbitrárias e imprecisas. Assim, surgiram medidas padrões como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça e o passo.

Na Inglaterra, durante os séculos XV e XVI, os padrões mais utilizados de medidas de comprimento era a polegada, o pé, a jarda e a milha. Na França, no século XVII, ocorreu o primeiro grande avanço na área de medição de comprimento. Foi criada a medida de comprimento linear denominada Toesa, padronizada em uma barra de ferro com dois pinos nas extremidades. Uma Toesa era equivalente a 6 pés, aproximadamente a 182,9 cm.



No passado, a medição da sala de aula seria realizada tomando-se por base alguma parte do corpo humano como, por exemplo, o palmo, o pé ou o passo. Com base em três jovens, tomando-se como padrão de medida o pé, pode-se verificar que a medida da sala de aula teria um alto grau de imprecisão, uma vez que essas partes do corpo variam de pessoa para pessoa. Atualmente, a sala de aula seria medida por uma trena ou escala, baseada na unidade padrão de medida chamada metro, que garante a precisão da medida realizada.

## Sistema Métrico

Com o passar dos anos houve necessidade de uma medição mais precisa. Assim, definiu-se que o metro seria a distância entre os dois extremos da barra de platina, depositada nos arquivos da França e apoiada nos pontos de mínima flexão, na temperatura de zero grau Celsius.

Embora no século XIX vários países no mundo já adotassem o sistema métrico, no Brasil ele foi adotado através da Lei Imperial n.º 1157, de 26 de junho de 1862. Estabeleceu-se, então, um prazo de dez anos para que padrões antigos fossem inteiramente substituídos.

Com o passar dos anos, em torno de 1889, surgiu uma necessidade de aperfeiçoar o sistema e criou-se um outro padrão. O metro passou a ser a distância entre os eixos de dois traços principais marcados na superfície neutra do padrão internacional, depositado no B.I.P.M. (Bureau Internacional des Poids et Mésures), na temperatura de zero grau Celsius, sob uma pressão atmosférica de 760 mmHg e apoiado sobre seus pontos de mínima flexão. A figura 1 ilustra esse novo padrão.

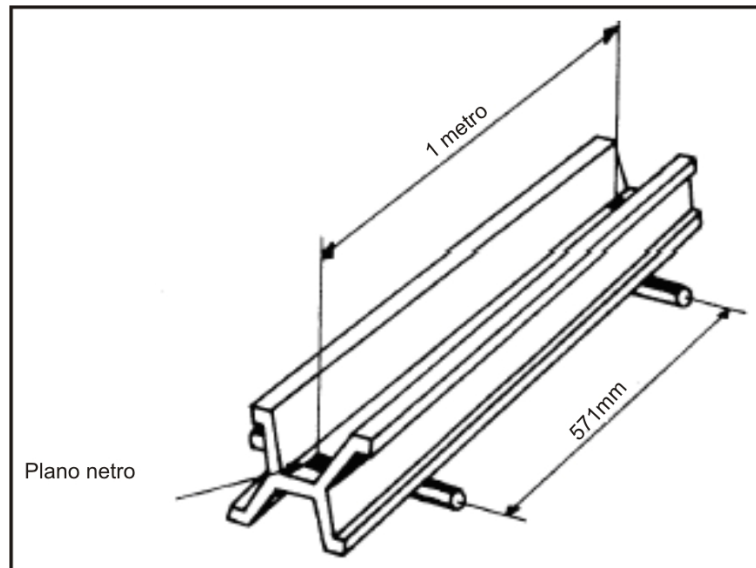


Fig. 1 – Padrão metro com seção transversal em X, para ter maior estabilidade

## INMETRO

O padrão do metro em vigor no Brasil é recomendado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), baseado na velocidade da luz, de acordo com a decisão da 17ª Conferência Geral dos Pesos e Medidas de 1983. Assim, o INMETRO definiu que o metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante o intervalo de tempo de  $\frac{1}{299.792.458}$  do segundo.



## Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

Solicitar que os jovens, em duplas, pesquisem o histórico da medição e sua evolução até os dias atuais, usando exemplos estudados em sala de aula. Posteriormente, propor que as duplas exponham seus achados ao grande grupo. Indique que poderão utilizar desenhos, cartazes, apostilas, além dos conceitos vistos em aula.

**Educador**, não esqueça de providenciar o material necessário a essa atividade (cartazes, catálogos, revistas, apostilas, canetas, etc.).

## Segunda Aula



Nessa aula serão apresentados os conceitos de unidade, sistema métrico e sistema inglês de medida.



## Passo 1 / Aula teórica



35 min

### Metrologia

A definição formal de metrologia, palavra de origem grega (*metron*: medida; *logos*: ciência), é a ciência da medição que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou tecnologia.

### O Sistema Métrico Decimal

No passado, a necessidade de converter uma medida em outra era tão importante quanto a necessidade de converter uma moeda em outra. Na verdade, em muitos países, inclusive no Brasil nos tempos do império, a instituição que cuidava da moeda também cuidava do sistema de medidas.

Em 1789, a Academia de Ciência da França criou um sistema de medidas baseado numa “constante natural”, ou seja, não arbitrária. Assim foi criado o Sistema Métrico

Decimal constituído inicialmente de três unidades básicas: o metro, que deu nome ao sistema, o litro e o quilograma; posteriormente, esse sistema seria substituído pelo Sistema Internacional de Unidades – SI.

## O Sistema Internacional de Unidades - SI

Em 1960, o Sistema Métrico Decimal foi substituído pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) mais complexo e sofisticado que o anterior. Constituiu a expressão moderna e atualizada do antigo Sistema Métrico Decimal ampliado de modo a abranger os diversos tipos de grandezas físicas, compreendendo não somente as medições que interessam ao comércio e à indústria, mas estendendo-se a tudo que diz respeito à ciência da medição. A tabela 1 a seguir é baseada no Sistema Internacional de Medidas (SI) e apresenta os múltiplos e submúltiplos do metro.

Nome	Símbolo	Fator pelo qual a unidade é múltipla
Exametro	Em	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ m$
Peptametro	Pm	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ m$
Terametro	Tm	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ m$
Gigametro	Gm	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000\ m$
Megametro	Mn	$10^6 = 1\ 000\ 000\ m$
Quilômetro	km	$10^3 = 1\ 000\ m$
Hectômetro	hm	$10^2 = 100\ m$
Decâmetro	dam	$10^1 = 10\ m$
Metro	m	$1 = 1\ m$
Decímetro	dm	$10^{-1} = 0,1\ m$
Centímetro	cm	$10^{-2} = 0,01\ m$
Milímetro	mm	$10^{-3} = 0,001\ m$
Micrometro	$\mu m$	$10^{-6} = 0,000\ 001\ m$
Nanômetro	nm	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001\ m$
Picometro	pm	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001\ m$
Fentometro	fm	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001\ m$
Attometro	am	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001\ m$

Tabela 1 – Múltiplos e submúltiplos do metro.

## O Sistema de Medida Inglês

Como vimos na primeira aula, os primeiros padrões de medida utilizados pelo homem eram partes do seu próprio corpo, como a palma da mão, polegar, braço ou um passo. Originalmente, a polegada era a medida da distância entre a dobra do polegar e a ponta (falange superior). Acredita-se que foram os saxões que introduziram a polegada na Inglaterra, já que os romanos dividiram o cúbito em 12 partes correspondentes ao polegar. Atualmente uma polegada, *inch* em inglês, corresponde a 0,0254 metros.

Freqüentemente, o mecânico necessita medir grandezas de comprimento com grande precisão ou rigor. Alguns instrumentos de medição como paquímetro, escala, micrômetro, etc, ainda apresentam graduações no Sistema Inglês (polegada e subdivisões). As tabelas 2A e 2B a seguir são baseadas no Sistema Inglês e apresenta uma comparação de medidas em polegadas e milímetros.

Frações de polegada	Polegada decimal	Milímetros	Frações de polegada	Polegada decimal	Milímetro
1/64	0,0156	0,3968	11/32	0,3437	8,7310
1/32	0,0312	0,7937	23/64	0,3593	9,1279
3/64	0,0468	1,1906	3/8	0,3750	9,5248
1/16	0,0625	1,5874	25/64	0,3906	9,9216
5/64	0,0781	1,9843	13/32	0,4062	10,3185
3/32	0,0937	2,3812	27/64	0,4218	10,7154
7/64	0,1093	2,7780	7/16	0,4375	11,1122
1/8	0,1250	3,1749	29/64	0,4531	11,5091
9/64	0,1406	3,5718	15/32	0,4687	11,9060
5/32	0,1562	3,9685	31/64	0,4843	12,3029
11/64	0,1718	4,3655	1/2	0,5000	12,6997
3/16	0,1875	4,7624	33/64	0,5156	13,0966
13/64	0,2031	5,1592	17/32	0,5312	13,4934
7/32	0,2187	5,5561	35/64	0,5468	13,8903
15/64	0,2343	5,9530	9/16	0,5625	14,2872
1/4	0,2500	6,3498	37/64	0,5781	14,6841
17/64	0,2656	6,7467	19/32	0,5937	15,0809
9/32	0,2812	7,1436	39/64	0,6093	15,4778
19/64	0,2968	7,5404	5/8	0,6250	15,8747
5/16	0,3125	7,9373	41/64	0,6406	16,2715
21/64	0,3281	8,3342	21/32	0,6562	16,6684

Tabela 2A – Comparação de medidas em polegadas e milímetro

Frações de Polegada	Polegada Decimal	Milímetros	Frações de Polegada	Milímetro
43/64	0,6718	17,0653	1	25,3995
11/16	0,6875	17,4621	2	50,7990
45/64	0,7031	17,8590	3	76,1986
23/32	0,7187	18,2559	4	101,598
47/64	0,7343	18,6527	5	126,998
3/4	0,7500	19,0496	6	152,397
49/64	0,7656	19,4465	7	177,797
25/32	0,7812	19,8433	8	203,196
51/64	0,7968	20,2402	9	228,596
13/16	0,8125	20,6371	10	253,995
53/64	0,8281	21,0339	11	279,394
27/32	0,8437	21,4308	12	304,794
55/64	0,8543	21,8277	13	330,194
7/8	0,8750	22,2245	14	355,593
57/64	0,8906	22,6214	15	380,993
29/32	0,9062	23,0183	16	406,392
59/64	0,9218	23,4151	17	431,792
15/16	0,9375	24,8120	18	457,191
61/64	0,9531	24,2089	19	482,591
31/32	0,9687	24,6057	20	507,990
63/64	0,9843	25,0026	21	533,390

Tabela 2B – (continuação)



## Passo 2 / Atividade sugerida



15 min

Solicite que os jovens preencham o quadro I abaixo, convertendo as medidas de polegadas para milímetro e vice-versa. Posteriormente, proponha que os jovens preencham o quadro II somando as frações de polegadas e simplificando-as, quando for o caso, e preenchendo o resultado em milímetros na coluna correspondente.

Medida (Polegada)	Medida (Milímetro)	Medida (Polegada)	Medida (Milímetro)
1/32	----	5/8	----
----	4,76	----	19,05
3/8	----	3/4	----
----	11,11	----	22,22
1/8	----	15/16	----
----	5,56	----	25,40
1/4	----	13/16	----

Quadro I

Medidas (Polegada)	Medida (Milímetro)
$\frac{7}{8} + \frac{1}{64}$	----
$\frac{3}{4} + \frac{1}{32}$	----
$\frac{1}{16} + \frac{3}{64}$	----
$\frac{6}{128} + \frac{1}{32}$	----
$\frac{7}{16} + \frac{1}{8}$	----
$\frac{1}{64} + \frac{8}{128}$	----
$\frac{3}{16} + \frac{5}{128}$	----

Quadro II

Ao final do encontro, corrija os exercícios entregues e faça os comentários e as recomendações necessários.

## Terceira Aula



Nessa aula será apresentada escala de aço como sistema de medição de peças mecânicas em milímetros.



### Passo 1 / Aula teórica



30 min

### Escala de aço

A escala de aço graduada, normalmente, é apresentada na forma de lâmina de aço carbono ou de aço inoxidável. Nessa lâmina estão gravadas as medidas em centímetro (cm) e milímetro (mm), conforme o sistema métrico, ou em polegada e suas frações, conforme o sistema inglês. A figura 2 apresenta uma régua graduada.

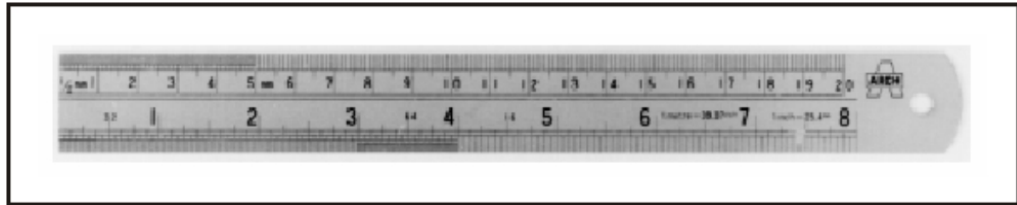


Fig. 2 – Escala de aço.

No dia-a-dia da indústria, utiliza-se a escala graduada em sistemas de medidas com erro admissível superior à menor graduação. Geralmente, essa graduação equivale 0,5 mm ou 1/32". As escalas de aço são disponíveis nos seguintes tamanhos: 150, 200, 250, 300, 500, 600, 1000, 1500, 2000 e 3000 mm. As mais utilizadas nas indústrias são as de 150 mm (6") e 300 mm (12").

### Principais características da escala de aço

Uma escala de aço de boa qualidade deve apresentar um bom acabamento, com bordas retas e bem definidas e superfícies polidas. As escalas de aço de uso constante devem ser de aço inoxidável ou de metais tratados termicamente. Os traços da escala devem ser gravados, bem definidos, uniformes, eqüidistantes e finos. O espaçamento e o erro máximo admissível das divisões obedecem a normas internacionais.

### Leitura no Sistema Métrico

Na escala de aço cada centímetro está dividido em dez partes iguais e cada parte equivale a 1 mm. Assim, a leitura pode ser feita em milímetro. A figura 3 ilustra como fazer uma leitura numa escala de aço em milímetro.

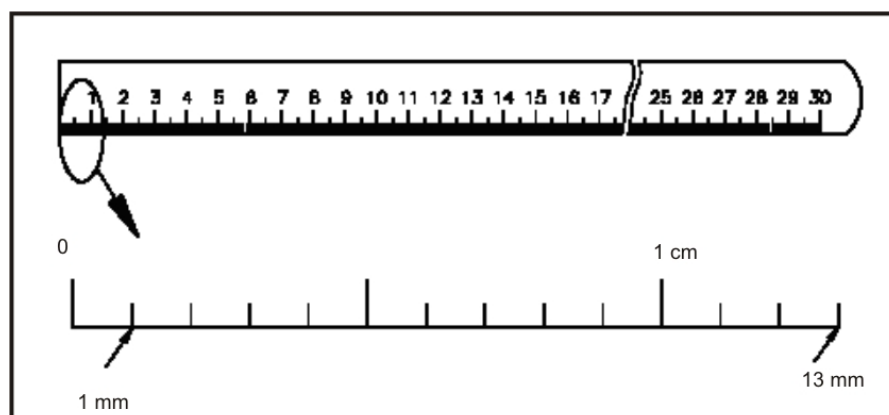


Fig. 3 – Leitura em milímetro numa escala de aço.

## Aplicações da escala de aço

As principais aplicações em sistema de medição com escala de aço são:

- a. Escala com encosto interno – Destinada a medições que apresentem faces internas de referência. A figura 4 ilustra esse tipo de medição.

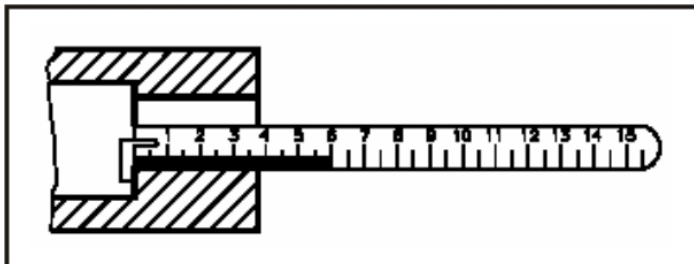


Fig. 4 – Medição de peça mecânica com escala com encosto interno.

- b. Escala sem encosto – Deve-se subtrair do resultado o valor do ponto de referência. A figura 5 ilustra esse tipo de medição.

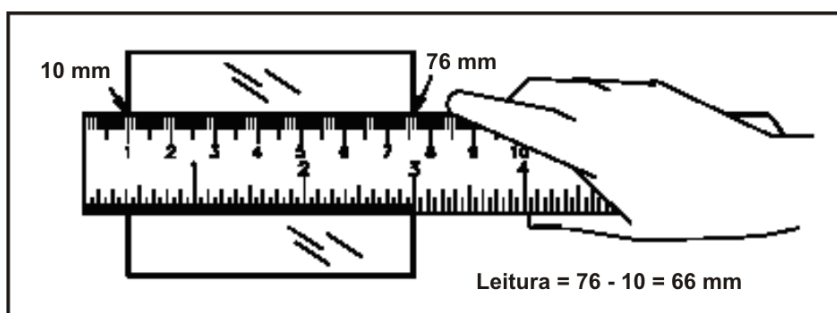


Fig. 5 – Medição de peça mecânica com escala sem encosto.

- c. Escala com encosto externo – Destinada à medição de comprimento a partir de uma face externa, que é utilizada como encosto. A figura 6 ilustra esse tipo de medição.

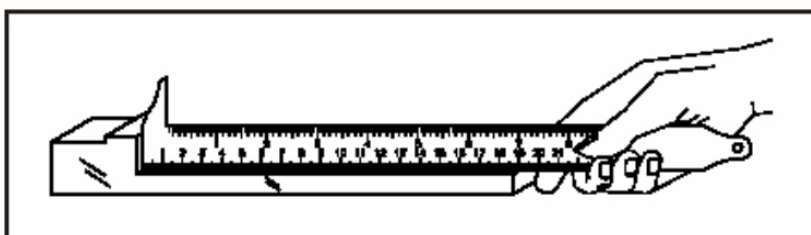


Fig. 6 – Medição de peça mecânica com escala com encosto externo.

- d. Escala de profundidade – Utilizada nas medições de canais ou rebaxos internos. A figura 7 ilustra esse tipo de medição.

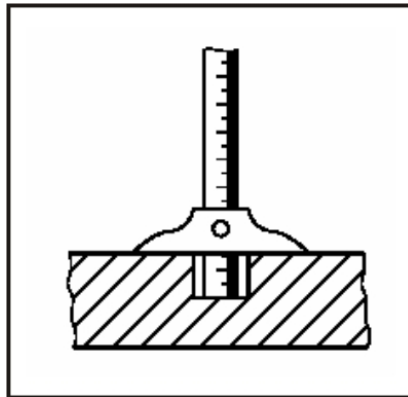


Fig. 7 – Medição de peça mecânica com canal ou rebaxo interno.

- e. Escala de dois encostos – Dotada de duas graduações, uma como referência interna e outra como referência externa. A figura 8 ilustra esse tipo de escala.

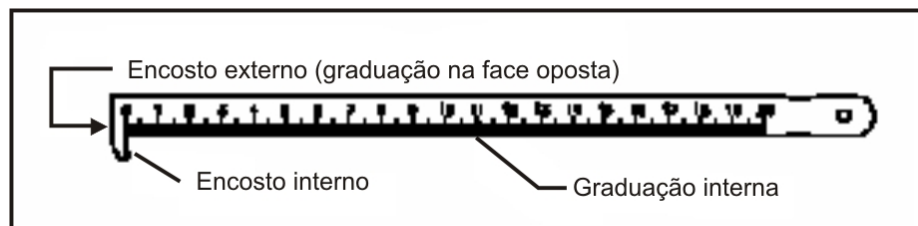


Fig. 8 – Escala de dois encostos.

- f. Escala rígida de aço carbono com seção retangular – Utilizada para medição de deslocamentos em máquinas, ferramentas, controle de dimensões lineares, etc.. A figura 9 ilustra esse tipo de escala.

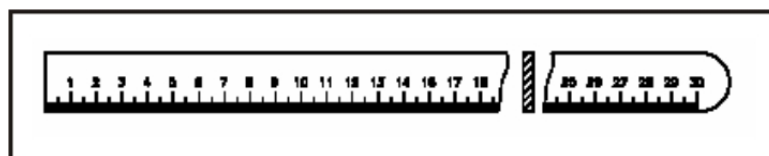


Fig. 9 – Escala rígida de aço carbono com seção retangular.



Passo 2 / Atividade



20 min

A partir das figuras abaixo, faça a leitura em milímetro da escala de aço e escreva o valor da leitura nos espaços em frente das letras, abaixo das escalas:

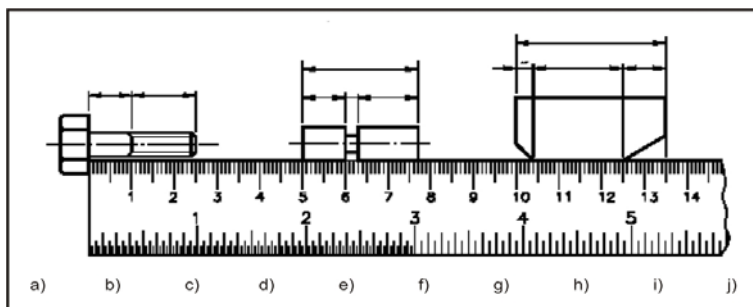


Fig. 10

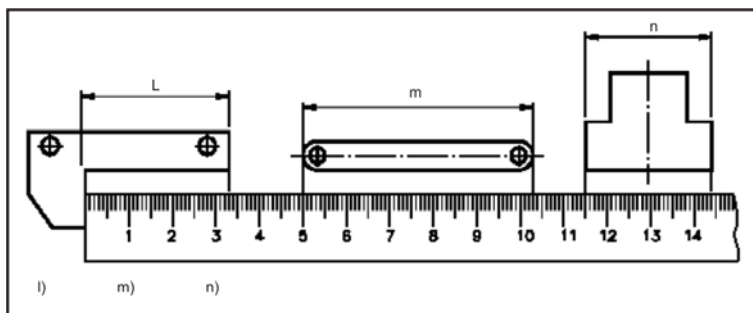


Fig. 11

Ao final do encontro, corrija os exercícios entregues e faça os comentários e as recomendações necessários.

## Quarta Aula



Nessa aula será apresentada escala de aço como sistema de medição de peças mecânicas em polegadas e métodos para sua conservação.



Passo 1 / Aula teórica



30 min

### Leitura no Sistema Inglês

No sistema inglês de polegada fracionária, a polegada divide-se em 2, 4, 8, 16 e 32 partes iguais. As escalas de aço de precisão apresentam 32 divisões por polegada, enquanto as demais apresentam frações de 1/16". A figura 12 ilustra como fazer uma leitura numa escala de aço em polegadas.

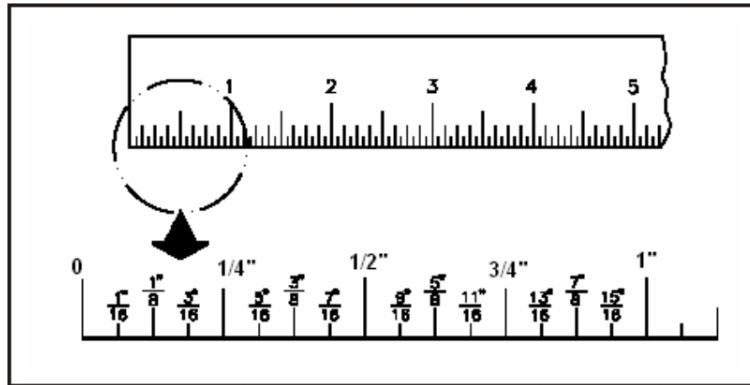


Fig. 12 – Leitura em polegada numa escala de aço.

A leitura na escala de aço consiste em observar qual traço coincide com a extremidade do objeto. Na leitura, deve-se sempre observar a altura do traço, porque ele facilita a identificação das partes em que a polegada foi dividida. Por exemplo, na figura 13, o objeto mede  $1\frac{1}{8}$  (uma polegada e um oitavo de polegada) de comprimento.

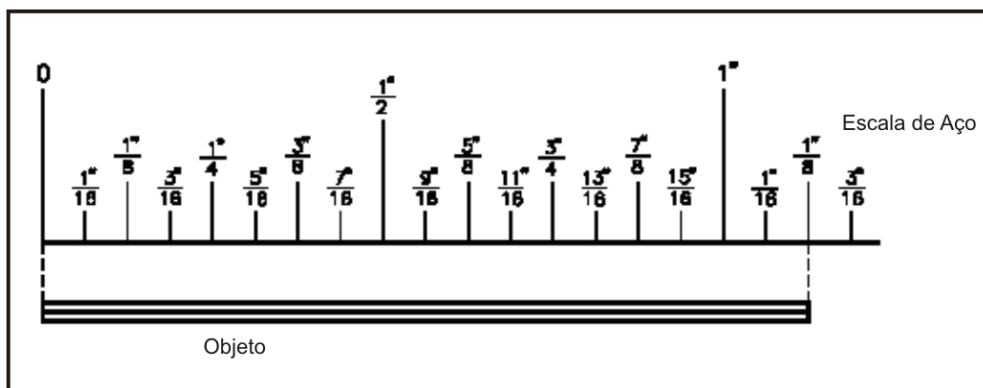


Fig. 13 – Medição de objeto com escala de aço em polegada.



Observar que, nas figuras 19 e 20, são indicadas apenas as frações de numerador ímpar, pois sempre que houver um numerador par, a fração deverá ser simplificada.

Por exemplo:

$$1/16'' = 1/16''$$

$$1/16'' + 1/16'' = 2/16'' = 1/8''$$

$$1/16'' + 1/16'' + 1/16'' + 1/16'' = 4/16'' = 1/4''$$

## Conservação

- Limpá-la após o uso, removendo a sujeira. Aplicar uma leve camada de óleo fino, antes de guardar a escala de aço.

- Não utilizá-la para bater em outros objetos.
- Não flexionar a escala, pois se pode empená-la ou danificá-la.
- Evitar riscos ou entalhes que possam prejudicar a leitura da graduação.
- Evitar que a escala caia ou a graduação fique em contato com as ferramentas de trabalho.



## Passo 2 / Atividade sugerida



20 min

A partir das figuras abaixo, faça a leitura em polegada da escala de aço e escreva o valor da leitura nos espaços em frente das letras:

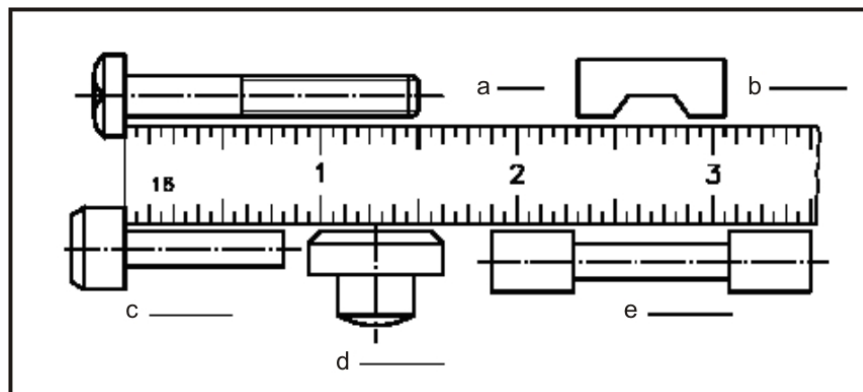


Fig. 14

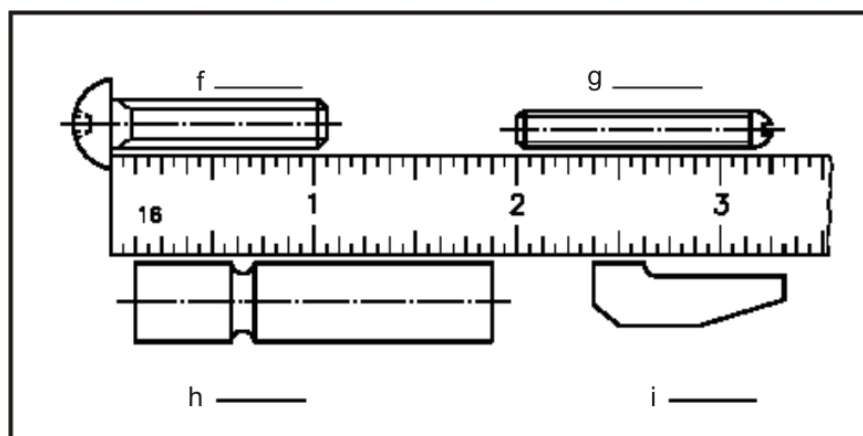


Fig. 15

Ao final do encontro, corrija os exercícios entregues e faça os comentários e as recomendações necessários.



## Quinta Aula

Nessa aula, será apresentada a trena como sistema de medição de peças mecânicas e métodos para sua conservação.



### Passo 1 / Aula teórica



25 min

## Trena

A trena é um sistema de medição constituído por uma fita de aço, fibra ou tecido, graduada em uma ou ambas as faces, no sistema métrico e/ ou no sistema inglês, ao longo de seu comprimento, com traços transversais. Na maioria das vezes, a fita está acoplada a um estojo ou suporte dotado de um mecanismo que permite recolher a fita de modo manual ou automático. As trenas de bolso apresentam uma fita de aço fosfatizado ou esmaltado com as seguintes dimensões: 12,7 mm de largura e comprimento entre 2 m e 5 m. A figura 16 apresenta alguns modelos de trenas disponíveis na indústria.

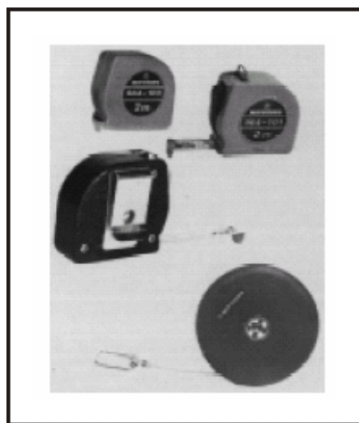


Fig. 16 – Modelos de trenas disponíveis na indústria.

## Principais características da trena

Em relação à geometria, as fitas das trenas podem ser planas ou curvas. As de geometria plana permitem medir perímetros de cilindros. Não é recomendado medir perímetros com trenas de bolso cujas fitas sejam curvas.

As trenas apresentam na extremidade livre uma pequena chapa metálica dobrada em ângulo de 90°. Essa chapa é

denominada encosto de referência ou gancho de zero absoluto. A figura 17 apresenta o encosto de referência.

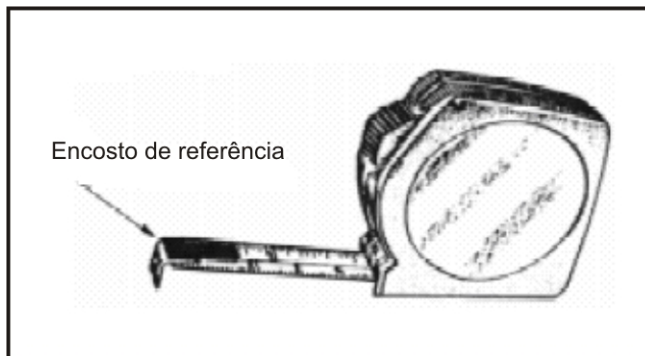


Fig. 17 – Trena com encosto de referência.

### Leitura no Sistema Métrico

Na trena, como na escala de aço, cada centímetro está dividido em dez partes iguais e cada parte equivale a 1 mm. Assim, a leitura pode ser feita em milímetro, como ilustrada na figura 18.

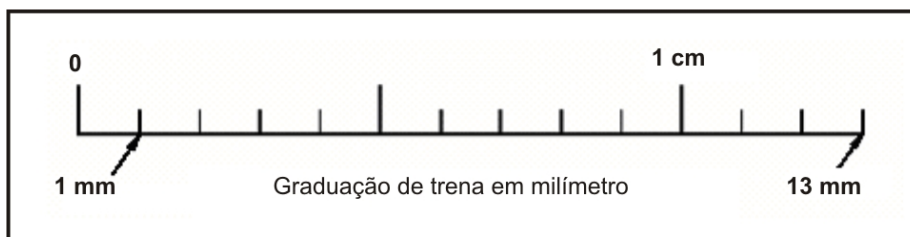


Fig. 18 – Leitura em milímetro numa trena.

### Leitura no Sistema Inglês

Na trena, como em algumas escalas de aço, a polegada está dividida em 16 partes iguais. A figura 19 ilustra a graduação de uma trena em polegadas.

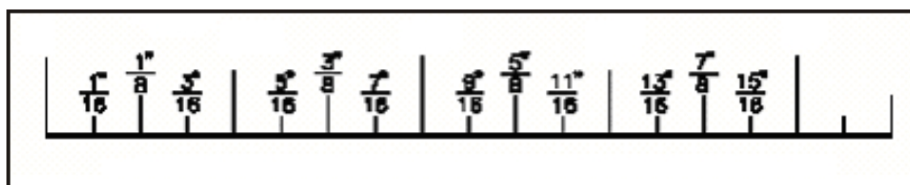


Fig. 19 – Leitura em polegada numa trena.

## Conservação

- Limpá-la após o uso, removendo a sujeira.
- Evitar que ela sofra quedas e choques.
- Evitar riscos ou entalhes que possam prejudicar a leitura da graduação.
- Evitar que a escala graduada fique em contato com as ferramentas de trabalho.



### Passo 2 / Atividade sugerida



25 min

Solicitar que os jovens, em duplas, redijam um documento em que comparem uma trena e uma escala de aço para medição de área e medidas lineares, usando exemplos estudados em sala de aula.

Recolha os relatórios e verifique se houve divergências entre os relatórios apresentados. Se houver uma ou mais diferenças, propor que as duplas exponham seus achados ao grande grupo. Indique que poderão utilizar desenhos, cartazes, apostilas, além dos conceitos vistos em aula.



## Sexta Aula

Nessa aula prática, no laboratório de metrologia, serão realizadas medições de peças fornecidas, em milímetros e polegadas, com régua de aço e trena.



### Passo 1 / Orientação da turma



10 min

Solicite aos jovens que formem grupos, no máximo com dois jovens. É importante que no laboratório de metrologia tenha escalas de aço e trenas com graduação em milímetros e polegadas, para que eles aprendam a fazer medições nos dois sistemas: milímetros e polegadas.



## Passo 2 / Atividade prática



30 min

Prepare inicialmente, com o auxílio dos jovens, diferentes peças mecânicas que serão medidas. Por exemplo, parafusos, porcas, blocos, cilindros, peças com canais ou rebaixos internos, etc. Depois, cada peça deve ter um número de identificação. Cuide que sejam diferentes entre si, para possibilitar várias medições.

As peças circularão entre os grupos e cada grupo deverá realizar uma série de medidas, a seu critério, e anotar o número de identificação da peça e os valores medidos. As medições devem ser realizadas em milímetros e polegadas.



## Passo 3 / Apresentação dos resultados



10 min

Ao final do encontro, corrija as medições realizadas e faça comentários e recomendações necessários ao raciocínio prático para transformação de medidas em milímetros para polegadas e vice-versa. Os jovens deverão fazer um relatório, conforme descrito no anexo, relatando essa prática.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para usar o laboratório de metrologia da fábrica.

## Sétima Aula



Nessa aula, serão estudados os princípios de funcionamento de um paquímetro com precisão decimal e centesimal para medições externas, internas e de profundidades, bem como o princípio de funcionamento do Vernier, cuidados de manuseio e conservação do instrumento.



## Paquímetro

O paquímetro é um instrumento usado para medir as dimensões lineares internas, externas e de profundidade de uma peça. Consiste em uma régua graduada, com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor. O cursor ajusta-se à régua e permite sua livre movimentação, com um mínimo de folga. Ele é dotado de uma escala auxiliar, chamada nônio ou vernier. Essa escala permite a leitura de frações da menor divisão da escala fixa.

O paquímetro é usado quando a quantidade de peças que se quer medir é pequena. Os instrumentos mais utilizados apresentam uma resolução de 0,05 mm, 0,02 mm, 1/128" ou .001". As superfícies do paquímetro são planas e polidas, e o instrumento geralmente é feito de aço inoxidável. Suas graduações são calibradas a 20°C. A figura 20 ilustra um paquímetro e seus principais componentes.

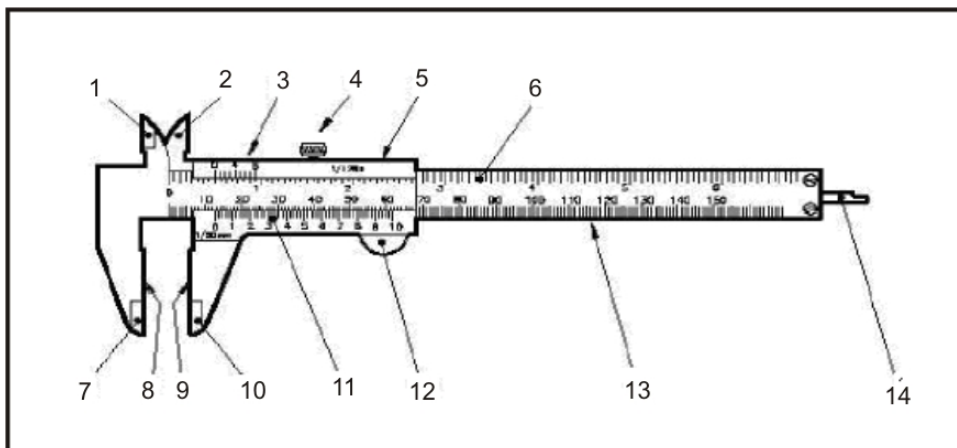


Fig. 20 – Paquímetro e seus componentes.

- 1 orelha fixa;
- 2 orelha móvel;
- 3 nônio ou vernier (polegada);
- 4 parafuso de trava;
- 5 cursor;
- 6 escala fixa de polegadas;
- 7 bico fixo;
- 8 encosto fixo;

- 9 encosto móvel
- 10 bico móvel;
- 11 nônio ou vernier (milímetro);
- 12 impulsor;
- 13 escala fixa de milímetros;
- 14 haste de profundidade.

## Paquímetro universal

O paquímetro universal é utilizado em medições internas, externas, profundidade e ressaltos de peças. Apresenta os bicos para medições internas prolongadas para cima e em forma de gumes, o que permite medir dimensões menores do que aquele valor arredondado. Na parte traseira, possui uma lingüeta que se move junto com o cursor e serve para medir profundidades. A figura 21 apresenta um paquímetro universal.

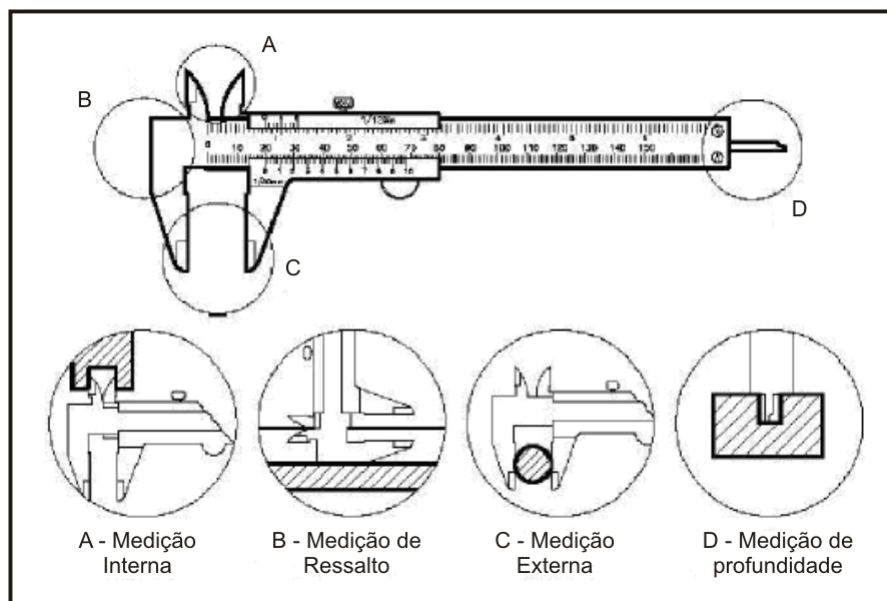


Fig. 21 – Paquímetro universal.

## Nônio ou Vernier

A escala do cursor é chamada de nônio ou vernier, em homenagem ao português Pedro Nunes e ao francês Pierre Vernier, considerados seus inventores. O nônio possui uma divisão a mais que a unidade usada na escala fixa. A figura 22 ilustra a escala do cursor (nônio) e a escala fixa.

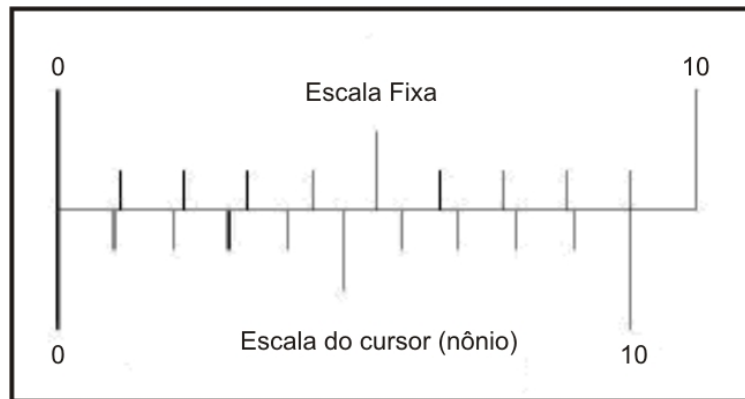


Fig. 22 – Escala fixa versus nônio.

No sistema métrico, existem paquímetros em que o nônio possui dez divisões equivalentes a nove milímetros (9 mm). Há, portanto, uma diferença de 0,1 mm entre o primeiro traço da escala fixa e o primeiro traço da escala móvel. Essa diferença é de 0,2 mm entre o segundo traço de cada escala; de 0,3 mm entre o terceiros traços, e assim por diante. A figura 23 ilustra essas diferenças.

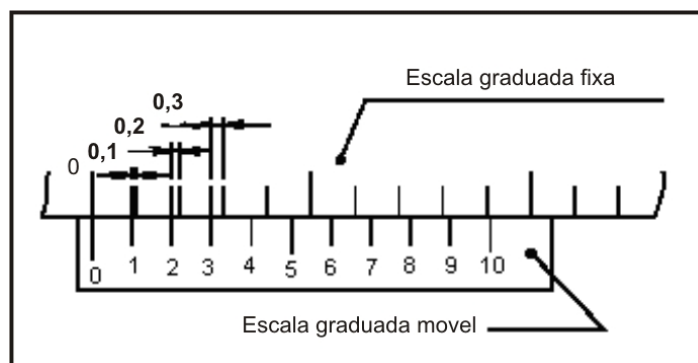


Fig. 23 – Diferenças entre as escalas fixa e móvel (nônio).

## Cálculo de resolução

As diferenças entre a escala fixa e a escala móvel de um paquímetro podem ser calculadas pela sua resolução. A resolução é a menor medida que o instrumento oferece. Ela é calculada utilizando-se da seguinte fórmula:

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN}$$

Onde:

$UEF$  = Unidade da escala fixa

$NDN$  = Número de divisões do nônio

### Exemplo:

- Nônio com 10 divisões: Resolução = 1 mm/ 10 divisões = 0,1 mm
- Nônio com 20 divisões: Resolução = 1 mm/ 20 divisões = 0,05 mm
- Nônio com 50 divisões: resolução = 1 mm/ 50 divisões = 0,02 mm

### Leitura no Sistema Métrico

Na escala fixa ou principal do paquímetro, a leitura feita antes do zero do nônio corresponde à leitura em milímetro. Em seguida, deve-se contar os traços do nônio até o ponto em que um deles coincidir com um traço da escala fixa. Depois, soma-se o número que se lê na escala fixa ao número que se lê no nônio.

**1º exemplo** (escala em milímetro nônio com 10 divisões):

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{1mm}{10div} = 0,1mm$$

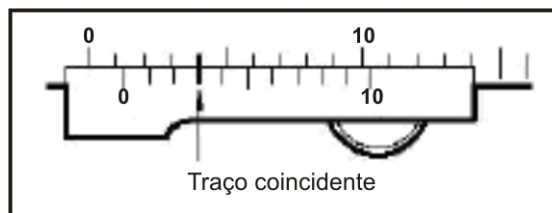


Fig. 24.

Leitura:

1,0 mm.....escala fixa  
0,3 mm.....nônio (traço coincidente: 3)  
1,3 mm.....total (leitura final)

**2º exemplo** (escala em milímetro nônio com 10 divisões):

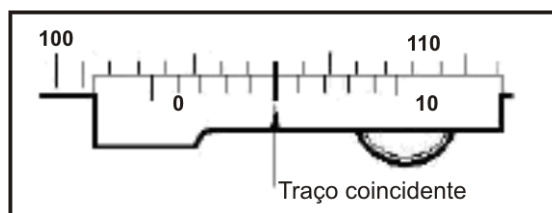


Fig. 25

Leitura:

103,0 mm.....escala fixa  
0,5 mm.....nônio (traço coincidente: 5)  
103,5 mm.....total (leitura final)

**3º exemplo** (escala em milímetro nônio com 20 divisões):

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{1\text{mm}}{20\text{div}} = 0,05\text{mm}$$

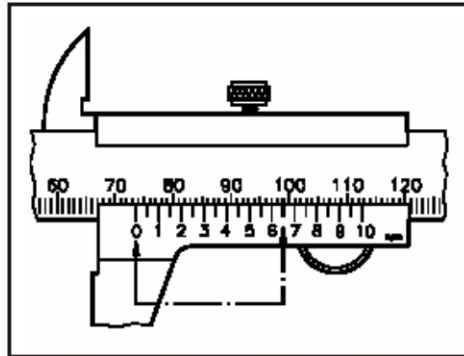


Fig. 26

Leitura:

73,0 mm.....escala fixa  
0,65 mm.....nônio (traço coincidente: 6,5)  
 73,65 mm.....total (leitura final)

**4º exemplo** (escala em milímetro nônio com 50 divisões):

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{1\text{mm}}{50\text{div}} = 0,02\text{mm}$$

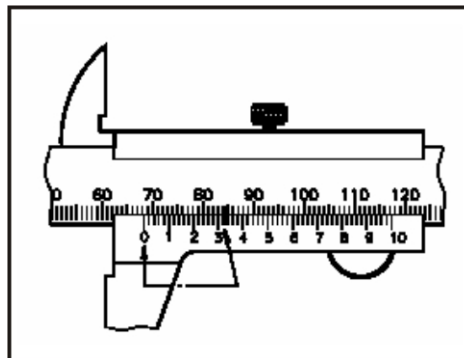


Fig. 27

Leitura:

68,0 mm.....escala fixa  
0,32 mm.....nônio (traço coincidente: 3,2)  
 68,32 mm.....total (leitura final)

### Leitura de polegada milesimal

Atualmente, no mundo globalizado, é comum empresas nacionais trabalharem com clientes ou fornecedores estrangeiros, principalmente dos Estados Unidos e Inglaterra.

Nesses países, até os dias de hoje, ainda se utiliza o sistema inglês de medidas. Por isso, é importante se ter conhecimento de como realizar leituras em instrumentos de medida no sistema inglês, assim como conversões para o sistema métrico.

Normalmente essas medidas estão expressas em termos de polegadas e/ou frações da polegada. Por exemplo:

- 1 1/8" corresponde a uma polegada, e um oitavo de polegada;
- 1/128" corresponde a um, cento e vinte e oito avos de polegada;
- 0,05" corresponde a cinco centésimos da polegada;
- 1,575" corresponde a uma polegada, quinhentos e setenta e cinco milésimos da polegada;
- 1,1257" corresponde a uma polegada, mil duzentos e cinquenta e sete décimos de milésimos da polegada.

No paquímetro em que se adota o sistema inglês, cada polegada da escala fixa divide-se em 40 partes iguais. Cada divisão corresponde a 1/40" que é igual a 0,025".

Como o nônio tem 25 divisões, a resolução desse paquímetro será:

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{0,025''}{25} = 0,001''$$

O procedimento para leitura é o mesmo que para a escala em milímetro. São contadas as unidades múltiplos 0,025" que estão à esquerda do zero (0) do nônio e, a seguir, somam-se os milésimos de polegada indicados pelo ponto em que um dos traços do nônio coincide com o traço da escala fixa.

### Exemplos de leitura de polegada milesimal

**1º exemplo** (escala em polegada milesimal nônio com 25 divisões)

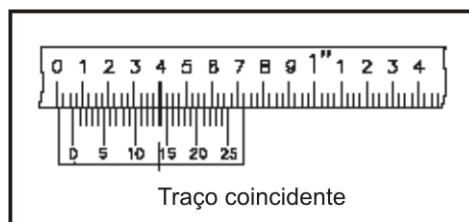


Fig. 28

Leitura:  
0,050" .....Escala fixa

0,014".....nônio (traço coincidente:15)

Portanto: 0,050" + 0,014" = 0,064"

**2º exemplo** (escala em polegada milesimal nônio com 25 divisões)

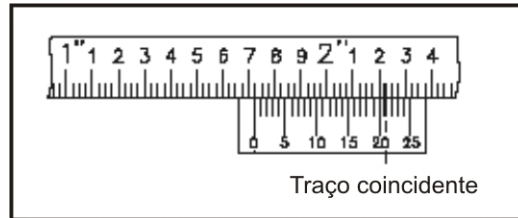


Fig. 29

Leitura:

1,700".....Escala fixa

0,021".....nônio (traço coincidente:21)

Portanto: 1,700" + 0,021" = 1,721"

### Leitura de polegada fracionária

No sistema inglês, a escala fixa do paquímetro é graduada em polegada e frações de polegada. Esses valores fracionários da polegada são complementados com o uso do nônio. Para utilizar o nônio, precisamos saber calcular sua resolução:

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{1/16}{8} = \frac{1}{128} \text{ "}$$

A figura 30 ilustra um nônio em polegadas fracionárias. Cada divisão do nônio vale 1/128", duas divisões correspondem a 2/128" ou 1/64", e assim por diante.

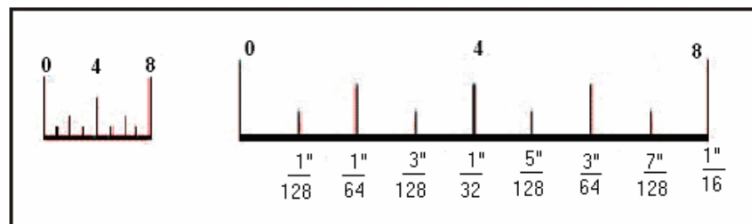


Fig. 30 – Escala móvel (nônio) em polegadas.

A figura 31 apresenta algumas medidas interna, externa e de profundidade com um paquímetro universal; pode-se ler a medida de 3 3/4 na escala fixa e 3/128 no nônio. A medida total equivale à soma dessas duas leituras.

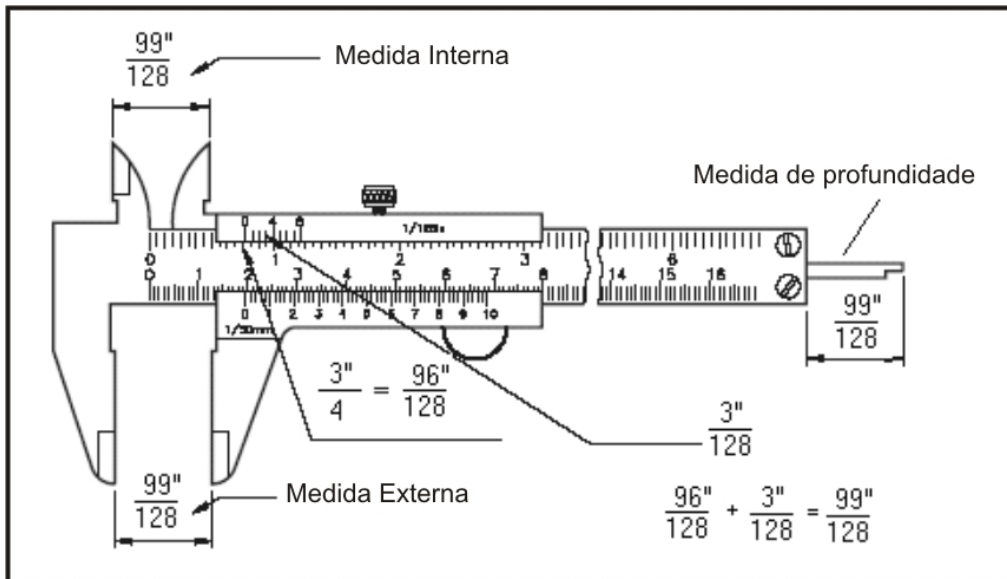


Fig. 31 – Medidas em polegada num paquímetro universal.

### Exemplos de leitura de polegada fracionária

#### 1º exemplo (escala em polegada nônio com 8 divisões)

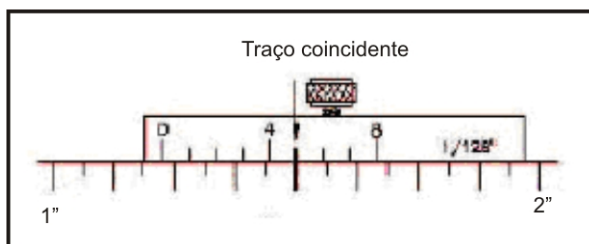


Fig. 32

Leitura:

$1 \frac{3}{16}$  .....Escala fixa

$\frac{5}{128}$  .....nônio (traço coincidente:5)

$$\text{Portanto: } 1 \frac{3}{16} + \frac{5}{128} = 1 \frac{24}{128} + \frac{5}{128} = 1 \frac{29}{128}$$

#### 2º exemplo (escala em polegada nônio com 8 divisões)

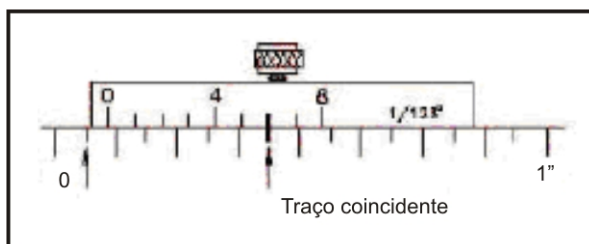


Fig. 33

Leitura:

$\frac{1''}{16}$  ..... Escala fixa

$\frac{6}{128}$  ..... nônio (traço coincidente:6)

$$\text{Portanto: } \frac{1}{16} + \frac{6}{128} = \frac{8}{128} + \frac{6}{128} = \frac{14''}{128} = \frac{7''}{64}$$



## Oitava Aula

Nessa aula prática, no laboratório de metrologia, serão realizadas medições de peças fornecidas, em milímetros e polegadas, com paquímetro universal.



### Passo 1 / Orientação da turma



10 min

Solicite aos jovens que formem grupos, no máximo com dois jovens. É importante que no laboratório de metrologia tenha paquímetros universais com graduação em milímetros e polegadas, para que eles aprendam a fazer medições nos dois sistemas: milímetros e polegadas.



### Passo 2 / Atividade prática



30 min

Prepare inicialmente, com o auxílio dos jovens, diferentes grupos de peças mecânicas, obedecendo ao seguinte critério:

- Grupo 1: medida externa
- Grupo 2: medida interna
- Grupo 3: medida de profundidade
- Grupo 4: medida de ressalto

Por exemplo, parafusos (grupo 1), porcas (grupo 2), blocos (grupo 3) e peças com canais ou rebaixos internos (grupo 4). Depois, cada peça de cada grupo deve ter um número de identificação.

Faça duas medidas externas de cada peça do grupo 1; por exemplo, diâmetro e comprimento; faça uma medida

interna das peças do grupo 2; faça uma medida de profundidade das peças do grupo 3 e faça duas medidas de ressalto das peças do grupo 4. Os grupos de peças circularão entre os estudantes e cada grupo de estudantes deverá realizar uma série de medidas, a seu critério, e anotar o número de identificação da peça e os valores medidos. As medições devem ser realizadas em milímetros e polegadas.



### Passo 3 / Apresentação dos resultados



10 min

Ao final do encontro, corrija as medições realizadas e faça comentários e recomendações necessários ao raciocínio prático para transformação de medidas em milímetros para polegadas e vice-versa. Os jovens deverão fazer um relatório, conforme descrito no anexo, relatando essa prática.

**Educador**, para essa tarefa, será preciso solicitar ao gerente da fábrica, preferencialmente com quatro ou cinco dias de antecedência permissão para usar o laboratório de metrologia da fábrica.

## Nona Aula



Nessa aula serão estudados conceitos relativos a erros de medição, intercambialidade, exatidão e sistema de tolerância e ajustes na fabricação e montagem de componentes industriais. conservação do instrumento.



### Passo 1 / Aula teórica



50 min

#### Erro de medição

Define-se erro de medição como sendo a diferença algébrica entre o valor indicado (VI) no sistema de medição e o valor verdadeiro. Na prática, o valor verdadeiro é desconhecido, então se usa o valor verdadeiro convencional (VVC), isto é, o valor conhecido com erros não superiores a um décimo do erro de

medição esperado. Neste caso, o erro de medição é calculado por:

$$\text{Erro} = \text{ValorIndicado(VI)} - \text{ValorVerdadeiroConvencional (VVC)}$$

Para eliminar totalmente o erro de medição, é necessário empregar um sistema de medição perfeito sobre a grandeza a ser medida, sendo esta perfeitamente definida e estável. Na prática não se consegue um sistema de medição perfeito e a medida pode apresentar variações. Portanto, é impossível eliminar completamente o erro de medição, mas é possível, ao menos, delimitá-lo. Mesmo sabendo-se da existência do erro de medição, é ainda possível obter informações confiáveis da medição, desde que a ordem de grandeza e a natureza desse erro sejam conhecidas.



As partes conhecidas dos erros de medição podem ser compensadas com correções apropriadas. Entende-se por correção o valor que quando adicionado algebricamente ao resultado bruto de uma medição compensa um erro sistemático.

## Tipos de erros

Pode-se considerar um erro de medição como sendo a soma de três erros: erro sistemático (Es), erro aleatório (Ea) e erro grosseiro (Eg). Neste caso, o erro de medição é determinado por:

$$\text{Erro} = \text{ErroSistemático(Es)} + \text{ErroAleatório(Ea)} + \text{ErroGrosseiro(Eg)}$$

### Erro sistemático

O erro sistemático (Es) é a parcela de erro sempre presente nas medições realizadas nas mesmas condições de operação. Um relógio mostrador com seu ponteiro torto é um exemplo clássico de erro sistemático, que sempre se repetirá enquanto o ponteiro estiver torto. Pode tanto ser causado por um problema de ajuste ou desgaste do sistema de medição, quanto por fatores construtivos. A estimativa do erro sistemático da indicação de um instrumento de medição é também denominada Tendência (Td).

O erro sistemático, embora se repita caso a medição seja realizada nas mesmas condições, geralmente não é constante ao longo de toda a faixa de medição. Para cada valor distinto da medida, é possível ter um valor diferente para o erro sistemático. A forma como este varia ao longo da faixa de medição depende de cada sistema de medição, sendo de difícil previsão.

### Erro aleatório

Quando uma medição é repetida diversas vezes, nas mesmas condições, observam-se variações nos valores obtidos. Em relação ao valor médio, nota-se que essas variações ocorrem de forma imprevisível, tanto para valores acima do valor médio, quanto para abaixo. Este efeito é provocado pelo erro aleatório ( $E_a$ ).

Diversos fatores contribuem para o surgimento do erro aleatório. A existência de folgas, atrito, vibrações, flutuações de tensão elétrica, instabilidades internas, das condições ambientais ou outras grandezas de influência contribuem para o aparecimento desse tipo de erro.

A intensidade do erro aleatório de um mesmo sistema de medição pode variar ao longo da sua faixa de medição, com o tempo, com as variações das grandezas de influência, dentre outros fatores. A forma como o erro aleatório se manifesta ao longo da faixa de medição depende de cada sistema de medição, sendo de difícil previsão.

### Erro grosseiro

O erro grosseiro ( $E_g$ ) é, geralmente, decorrente de mau uso ou mau funcionamento do sistema de medição. Pode, por exemplo, ocorrer em função de leitura errônea, operação indevida ou dano do instrumento. Seu valor é totalmente imprevisível, porém geralmente sua existência é facilmente detectável. Sua aparição pode ser resumida a casos muito raros, desde que o trabalho de medição seja feito com consciência. Seu valor será considerado nulo neste texto.

### Intercambialidade

Na construção mecânica, é necessário que as peças acopladas sejam passíveis de serem trocadas por outras que tenham as mesmas especificações das peças originais. Assim, ao se construir componentes mecânicos é fundamental que certas peças ajustem-se recípro-

camente ao serem montadas, sem que sejam submetidas a tratamentos ou ajustes suplementares. A possibilidade de se substituir umas peças por outras ao montar ou consertar um equipamento (ou conjunto mecânico) denomina-se intercambiabilidade.

Com a intercambiabilidade, peças construídas em série podem ser montadas, sem necessidades de ajustes em outra peça, qualquer que seja o lote, a data ou o local de fabricação. Essa intercambiabilidade é garantida através de uma adequada seleção das tolerâncias e ajustes, como será visto a seguir.

## Exatidão

Um requisito fundamental da intercambiabilidade é a seleção de um processo de fabricação que assegure a produção de peças com igual exatidão. Não existe processo de fabricação capaz de produzir um número ilimitado de peças com exatidão absoluta. Diversas causas como inexatidões das máquinas, dos dispositivos ou dos instrumentos de medição fazem com que as dimensões reais (ou efetivas) das peças sejam diferentes daquelas indicadas no desenho, chamadas de dimensões nominais. Peças reais possuem dimensões que se afastam para mais ou para menos da cota nominal, apresentando certa inexatidão.

Assim, para uma peça com uma cota nominal de 145 mm pode ser encontradas peças com 145,023 mm, 144,978 mm, 145.000 mm, e assim por diante. Todas as peças cujas dimensões não ultrapassarem as dimensões limites serão úteis, enquanto as demais serão rejeitadas. Esses desvios devem ser controlados para que a intercambiabilidade seja garantida. Deve-se, portanto, determinar a menor precisão possível dentro da qual a peça em questão exerça sua função adequadamente.



Exemplos de peças que trabalham acopladas: chaveta em seu rasgo, eixo no seu coxinete, rolamento no seu mancal, pino no pistão, engrenagem na árvore, etc.

## Sistema de tolerância e ajustes

As dimensões reais são diferentes das dimensões nominais. Essas variações devem ser mantidas dentro de certos limites. Para que a intercambiabilidade seja garantida, é necessário que todos os fabricantes obedeam a normas predefinidas, ou seja, a um sistema de tolerâncias e ajustes.

Sistema de tolerâncias e ajustes é um conjunto de normas, regras e tabelas que têm como objetivo normalizar e limitar as variações das dimensões de componentes mecânicos visando à intercambiabilidade e garantir sua funcionabilidade.

## Terminologia de tolerâncias

As dimensões de peças diferentes, fabricadas com mesmo diâmetro nominal, cujo funcionamento foi experimentado e considerado adequado, podem oscilar dentro de certos limites, mantendo-se as condições de funcionamento anteriormente previstas. Assim, a conjugação requerida de duas peças se assegura somente quando as dimensões limites de tolerância tenham sido previamente estabelecidas.

## Dimensões limites

Dimensões limites são os valores máximo e mínimo admissíveis para a dimensão efetiva. A dimensão máxima é o valor máximo admissível para a dimensão efetiva, e o seu símbolo para furos é  $D_{\max}$  e para eixos é  $d_{\max}$ .

A dimensão mínima é o valor mínimo admissível para a dimensão efetiva, e o seu símbolo para furos é  $D_{\min}$  e para eixos é  $d_{\min}$ . A figura 34 apresenta as dimensões máximas para furos e eixos.

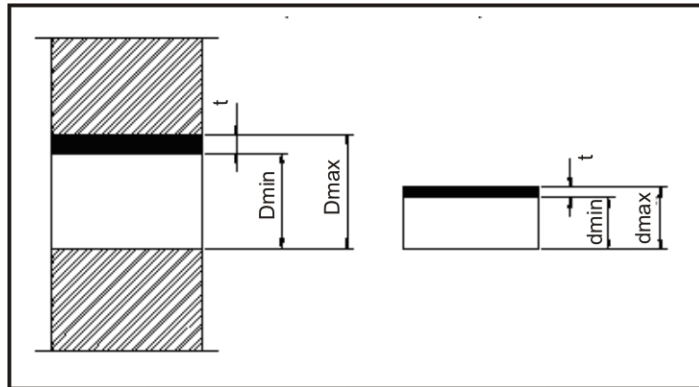


Fig. 34 – Dimensões máxima e mínima para eixos e furos.

## Afastamento superior e inferior

Afastamento é a diferença entre as dimensões limites e a dimensão nominal. O afastamento inferior é a diferença entre a dimensão mínima e a dimensão nominal, e o seu símbolo é  $A_i$  para furos e  $a_i$  para eixos

O afastamento superior é a diferença entre a dimensão máxima e a dimensão nominal, e o seu símbolo é  $A_s$  para furos e  $a_s$  para eixos. A figura 40 apresenta os afastamentos superior e inferior.

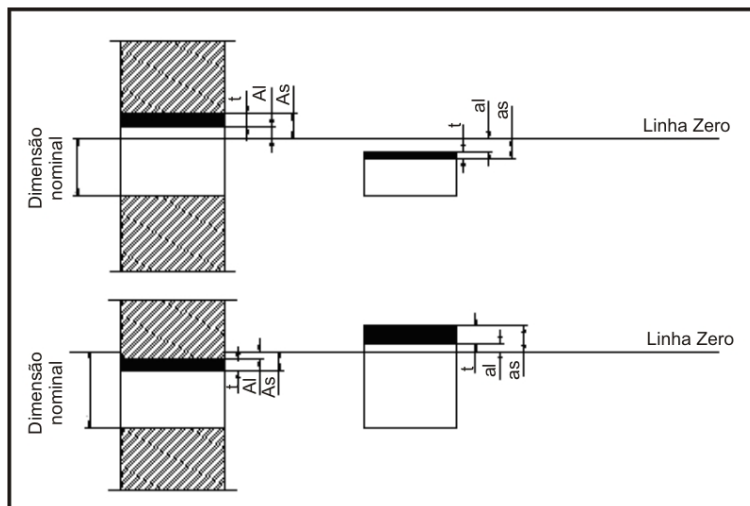


Fig. 35 – Afastamentos superior e inferior.



**Afastamento real é a diferença entre a dimensão efetiva e a dimensão nominal do componente.**

## Tolerância

Tolerância é a variação admissível da dimensão da peça, e o seu símbolo é  $t$ . A tolerância indica uma faixa de valores compreendidos entre as dimensões limites. Também denominada de zona de tolerância ou campo de tolerância.

As figuras 39 e 40 apresentam a tolerância  $t$ , que pode ser expressa pelas seguintes expressões:

$$t = D_{\max} - D_{\min} \text{ (para furos)}$$

$$t = d_{\max} - d_{\min} \text{ (para eixos)}$$

$$t = A_s - A_i \text{ (para furos)}$$

$$t = a_s - a_i \text{ (para eixos)}$$

## Linha zero

Linha zero é a linha que indica a posição da dimensão nominal em um desenho. Ela serve de referência para os afastamentos. Os afastamentos acima da linha zero são positivos e os afastamentos abaixo da linha zero são negativos. As figuras 39 e 40 apresentam um exemplo da linha zero.

A posição da zona de tolerância é a menor distância entre a linha zero e a zona de tolerância. Essa posição pode ser medida entre a linha zero e o limite inferior ou entre a linha zero e o limite superior, dependendo de qual é a menor distância.



# Exercícios

Capítulos 1, 2, 3 e 4

1 Quais os materiais naturais que os primeiros seres humanos tiveram acesso?

.....

.....

.....

.....

2 O que são polímeros?

.....

.....

.....

.....

.....

3 Cite pelo menos quatro características dos metais.

.....

.....

.....

4 O que é ductilidade de um metal?

.....

.....

.....

.....

.....

5 O que é gusa?

.....

.....

.....

.....

.....

6 Como são chamados vulgarmente os aços de pequena quantidade de carbono?

.....

.....

.....

.....

7 Quais são os tipos de chapas disponíveis no mercado?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8 Cite três características práticas do aço meio doce, aço doce e aço duro?

.....

.....

.....

.....

.....

.....  
.....

9 Quais as influências do carbono, manganês e silício nos aços comuns?

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

10 Quais as finalidades do tratamento térmico?

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

11 Que é latão? Quais são os seus tipos usuais?

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

## Capítulos 5 e 6

1 O que são polímeros?

.....

.....

.....

2 Quais as duas categorias de plásticos disponíveis na indústria?

.....

.....

.....

3 Cite alguns exemplos de materiais termoplásticos.

.....

.....

.....

4 Cite exemplos de materiais termofixos.

.....

.....

.....

5 Cite exemplos de materiais formados por polimerização por adição.

.....

.....

6 Cite alguns exemplos de processos de fabricação de materiais termofixos.

.....

.....

7 Qual a matéria prima utilizada na produção do papel?

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

8 Quais são os semiprodutos responsáveis pela produção de tecidos?

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

9 Quais os tipos de tecidos disponíveis pela indústria têxtil?

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

10 Quais são as etapas de um processo de produção do papel?

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



# Gabarito dos Exercícios

## Capítulo 3 – Primeira aula

- 1 d
- 2 c
- 3 a
- 4 a
- 5 b

## Capítulos 1, 2, 3 e 4

- 1 No início, o homem só tinha acesso aos materiais naturais, tais como pedras, madeira, ossos e peles
- 2 Os polímeros compreendem os materiais comuns de plástico e borracha. Muitos deles são compostos orgânicos que têm sua química baseada no carbono, no hidrogênio e em outros elementos não metálicos; além disso, eles possuem estruturas moleculares muito grandes.
- 3 Os metais têm geralmente um alto ponto de fusão, de modo geral são duros, de cor amarelada, e conduzem bem eletricidade e calor.
- 4 A ductilidade ou ductibilidade é outra propriedade mecânica importante dos materiais. Ela representa uma medida do grau de deformação plástica que foi suportado pelo material, quando sob a ação de cargas, sem se romper ou fraturar.
- 5 É o produto imediato da fundição do minério de ferro com carvão e calcário num alto forno. A gusa normalmente contém até 5% de carbono, o que faz com que seja um material quebradiço e sem grande uso direto, sendo portanto um ferro de segunda fusão.
- 6 Os aços que têm pequena quantidade de carbono não adquirem têmpera; são aços macios, vulgarmente conhecidos por ferro ou aço doce
- 7 As chapas de aço são, em geral, chapas pretas, tais como saem dos laminadores; chapas galvanizadas, que são revestidas de uma camada de zinco, por meio de banho; e chapas estanhadas (folhas-de-flandres), que, pelo mesmo processo, são revestidas de uma camada de estanho.

8

- a. Aço meio doce: difícil para soldar, apresenta início de têmpera, usado em ferramentas para agricultura.
  - b. Aço doce: maleável e soldável, não adquire têmpera, usado para barras laminadas e peças comuns de mecânica.
  - c. Aço meio duro: muito difícil para soldar, adquire boa têmpera, usado em ferramentas de corte.
- 9 Pode-se dizer que o carbono é o elemento determinante do aço, determina ou define o tipo de aço. O manganês no aço doce, em pequena porcentagem, torna-o dúctil e maleável. No aço rico em carbono o manganês endurece o aço e aumenta-lhe a resistência. O silício faz com que o aço se torne mais duro e tenaz. Evita a porosidade e concorre para remoção dos gases e dos óxidos. Influi para que não apareçam falhas ou vazios na massa do aço, sendo um elemento purificador.
- 10 O tratamento térmico do aço serve para dar-lhe propriedades particulares, tais como dureza ou maleabilidade, por exemplo, que permitam seu emprego em condições mais favoráveis. Restabelecem no aço as propriedades que ele apresentava antes de a estrutura ser alterada, pelo trabalho de martelagem ou de laminação, por exemplo.
- 11 Fundindo juntamente o cobre e o zinco, em certas proporções, obtém-se uma liga denominada latão, que é de grande uso industrial. Às vezes, o latão é preparado com a adição de pequena porcentagem de chumbo. Apresenta-se em chapas, barras, vergalhões e tubos. Por ser inoxidável, de belo aspecto exterior e fácil de usinar, tem generalizado emprego em aparelhos de mecânica e de eletricidade, instrumentos de precisão, parafusos e porcas, guarnições artísticas de construção civil, instrumentos de música, etc.

## Capítulos 5 e 6

- 1 São as moléculas básicas dos plásticos, e estão presentes em estado natural em algumas substâncias vegetais e animais como a borracha, a madeira e o couro.
- 2 Termoplásticos e termofixos.
- 3 Nylon, resinas de acrílico, polietileno, vinil, poliestireno, PVC, PET, etc.
- 4 Baquelite, poliéster, silicone, epoxide, etc.
- 5 Polyvinil (PVC) e polymethyl methacrylate (acrílico).
- 6 Moldagem por compressão a quente, laminação, fundição e moldagem.
- 7 A madeira é fragmentada em fibras e transformada no material denominado polpa, que é a matéria – prima para a produção do papel.

- 8 Os fios têxteis são os semiprodutos responsáveis pela produção de tecidos, podendo ser de origem natural, química, sintética ou mineral.
- 9 Os tecidos podem ser naturais, sintéticos ou artificiais.
- 10 Polpação, branqueamento e produção do papel.

## Capítulo 7 – Segunda aula

Quadro I

Medida (Polegada)	Medida (Milímetro)	Medida (Polegada)	Medida (Milímetro)
1/32	0,79	5/8	15,87
3/16	4,76	3/4	19,05
3/8	9,53	3/4	19,05
7/16	11,11	7/8	22,22
1/8	3,17	15/16	24,82
7/32	5,56	1	25,40
1/4	6,35	13/16	20,64

Quadro II

Medidas (Polegada)	Medida (Milímetro)
$\frac{7}{8} + \frac{1}{64}$	2,23
$\frac{3}{4} + \frac{1}{32}$	1,95
$\frac{1}{16} + \frac{3}{64}$	0,28
$\frac{6}{128} + \frac{1}{32}$	0,20
$\frac{7}{16} + \frac{1}{8}$	1,40
$\frac{1}{64} + \frac{8}{128}$	0,20
$\frac{3}{16} + \frac{5}{128}$	0,56

## Capítulo 7 – Terceira aula

- a. 10 mm
- b. 15 mm
- c. 10 mm
- d. 3 mm
- e. 14 mm
- f. 27 mm
- g. 4 mm
- h. 21 mm
- i. 10 mm
- j. 35 mm
- l. 33 mm
- m. 53 mm
- n. 29 mm

## Capítulo 7 – Quarta aula

- a. 1 1/2"
- b. 3/4"
- c. 13/16"
- d. 11/16"
- e. 1 5/8"
- f. 1 1/16"
- g. 1 1/4"
- h. 1 3/4"
- i. 15/16"

# Gabarito das Avaliações

## Avaliação teórica 1 – Capítulos 1, 2, 3 e 4

- 1 De acordo com a tecnologia empregada na produção, a matéria-prima por meio de um processo industrial é transformada em produto.
- 2 O metal é um elemento natural químico geralmente descrito como um aglomerado de átomos em que os elétrons da camada de valência fluem livremente.
- 3 Os cerâmicos são compostos entre elementos metálicos e não metálicos; eles são frequentemente formados por óxidos e carbetos.
- 4 Maleabilidade é uma propriedade que um material apresenta ao ser moldado por deformação. A maleabilidade permite a formação de delgadas lâminas do material sem que este se rompa.
- 5 A resistência de um material é o nível máximo de tensão de deformação que um material pode suportar, sem sofrer fratura, falha ou fadiga.
- 6 Sim. Os aços que têm maior quantidade de carbono podem ser endurecidos por um processo de aquecimento e resfriamento rápido chamado têmpera.
- 7 Os tubos de aço ,sem costura, são produzidos por meio de perfuração, a quente, em máquinas chamadas prensas de extrusão.
- 8 São aços que, além do carbono, recebem na fabricação a adição de um ou mais dos seguintes elementos : níquel, cromo, vanádio, cobalto, silício, manganês, etc.
- 9 Conforme as finalidades desejadas, os elementos adicionados aos aços carbono para a obtenção de aços-liga são: níquel, cromo, manganês, tungstênio, molibdênio, vanádio, silício, cobalto e o alumínio.
- 10 Há duas classes importantes de tratamentos térmicos dos aços:
  - a. Os que modificam as características mecânicas e as propriedades do aço por simples aquecimento e resfriamento, estendendo-se a toda a massa do mesmo. São: têmpera, revenimento e recozimento.
  - b. Os que modificam as características mecânicas e as propriedades do aço por processos termoquímicos, isto é, aquecimento e resfriamento com reações químicas. Tais processos apenas modificam a estrutura e as características mecânicas de uma camada superficial do aço. São: Cementação e nitretação.
- 11 A fusão do cobre e do estanho, em certas porcentagens, produz a liga chamada bronze, talvez a mais importante das ligas de cobre por sua notável propriedade de resistência ao atrito.

12

- a. **Ligas de alumínio-cobre** – Elevada resistência mecânica, alta ductibilidade, média resistência à corrosão e boa usinabilidade. Apresentam-se em peças usinadas e forjadas, indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.
- b. **Ligas de alumínio-manganês** – Boa resistência à corrosão, boa conformabilidade e moderada resistência mecânica. São ligas de uso geral. Apresentam-se em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, reboques, vagões, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil e fachadas.
- c. **Ligas de alumínio-silício** – Utilizadas em varetas de solda. Apresentam-se na soldagem do alumínio puro e outras ligas.

13 Perfil perfilado, chapas, tarugos ou aços redondos e tubos.

## Avaliação teórica 2 – Capítulos 5 e 6

- 1 Eles provêm do carvão mineral, do petróleo ou produtos vegetais.
- 2 É o mecanismo químico da formação dos plásticos, consiste na construção de grandes cadeias de carbono, cheias de ramificações, nas moléculas de certas substâncias orgânicas.
- 3 São substâncias caracterizadas por sua propriedade de mudar de forma sob ação do calor, o que permite seu tratamento e moldagem por meios mecânicos.
- 4 São materiais que se amoldam por aquecimento, mas depois de um certo tempo adquirem uma estrutura peculiar na qual endurecem rapidamente e se convertem em materiais rígidos, que se aquecidos em excesso, carbonizam-se antes de recuperar a maleabilidade.
- 5 São uma classe de materiais intermediários entre termoplásticos e os termofixos. Por exemplo, a borracha.
- 6 Moldagem por injeção a quente, moldagem por extrusão, moldagem a ar comprimido e moldagem a vácuo.
- 7 Redução do volume de lixo nos aterros sanitários, melhoria nos processos de decomposição de materiais orgânicos, economia de petróleo, pois o plástico é um derivado; geração de renda e empregos.
- 8 Lamelado colado, compensado laminado, placas de partículas de madeira e placas de fibra de madeira.
- 9 Fiação de fibra descontínua e fiação de fibra contínua por extrusão.
- 10 Fiação (transformação da fábrica em fio), tecelagem (transformação dos fios tintos ou crus em tecidos) e beneficiamento (os tecidos são tratados para adquirir as características de toque, impermeabilidade e estabilidade dimensional).

## Glossário

### Átomo

Até algumas décadas atrás considerava-se que o átomo era a menor porção em que se poderia dividir a matéria, posteriormente descobriu-se que o átomo era subdividido em partículas menores, e atualmente já se sabe que estas também são formadas por outras partículas.

### Camada de valência

É o último nível de uma distribuição eletrônica, normalmente os elétrons pertencentes à camada de valência, são os que participam de alguma ligação química.

### Carbetos

Também conhecidos como carburetos são compostos inorgânicos binários que contêm carbono.

### Catalisador

É uma substância que afeta a velocidade de uma reação, mas emerge do processo inalterada.

### Cementação

Tratamento termoquímico de endurecimento superficial, baseado na introdução de carbono na superfície. O processo é realizado com a exposição do aço em uma atmosfera rica em carbono livre.

### Encruamento

O encruamento de um metal pode ser definido como sendo o seu endurecimento por deformação plástica.

### Ensaio de impacto

Se caracteriza por submeter o corpo ensaiado a uma força brusca e repentina, que deve rompê-lo.

### Ensaio de tração

consiste em submeter um material sob a forma de um corpo de prova a um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo até à ruptura.

### Esmeril

Pedra usada para polir metais, pedras preciosas ou semipreciosas e lentes ópticas.

### Exotérmico

Processo que ocorre com liberação de calor.

### Extrusão

É um processo de produção de forma semicontínua onde o material é forçado através de uma matriz, adquirindo assim a forma pré determinada do produto.

### Formaldeído

É um composto químico orgânico.

### Gusa

É o produto imediato da fundição do minério de ferro com carvão e calcário num alto forno. A gusa normalmente contém até 5% de carbono, o que faz com que seja um material quebradiço e sem grande uso direto.

### Hemicelulose

Refere-se a uma mistura de polímeros polissacarídeos de baixa massa molecular, os quais estão intimamente associados com a celulose nos tecidos das plantas.

### Lignina

É um dos principais constituintes da madeira, sendo responsável pela sua resistência.

### Mancais

São elementos indispensáveis em sistemas onde haja movimento relativo entre partes. Os mancais podem ser deslizantes ou de rolamento. Um mancal bem dimensionado garante vida longa aos mecanismos evitando desgastes e até mesmo quebra de peças, garantindo maior eficiência elétrica e mecânica do sistema devido à minimização do atrito entre as partes.

### Massa molecular

A massa molecular de uma substância é a massa de uma molécula dessa substância relativa à unidade de massa atômica.

### Máquina de usinagem automática

Dispositivo mecânico de alta precisão, por exemplo com comando numérico central, que são controladas por computador e utilizadas na fabricação de peças metálicas, plásticas, etc. de revolução, por meio da movimentação automática de um conjunto de ferramentas, onde a peça é o resultado de um processo de remoção de material. Dentre elas estão os tornos, as fresadoras, as retíficas, as furadeiras, centros de usinagem e outras.

### Metalóide

Juntamente com os metais e não – metais, os metalóides (ou semimetais) formam uma das três categorias de elementos químicos como classificado por propriedades de ionização e ligação. Têm as propriedades intermediárias entre aquelas dos metais e dos não-metais.

### Molde macho

Em fundição, são partes de um molde para fazer partes ocas numa peça de metal.

### Nitretos

Compostos inorgânicos que apresentam como elemento com carga negativa o nitrogênio, geralmente ligado a metais.

### Nitretação

É uma técnica muito utilizada no endurecimento superficial de aços. O nitrogênio se difunde na superfície das peças e o hidrogênio é exaurido pela saída de gás.

### PE

Abreviação de polietileno, plástico extremamente comum usado, por exemplo, em saquinhos de leite.

### Polietileno

O polietileno é um termoplástico derivado do eteno, cuja maior aplicação encontra-se nas embalagens.

### Polímeros de adição

Polímeros formados através de uma reação de adição, a partir de um único tipo de molécula.

### Polímeros de condensação

Polímeros formados através de uma reação de condensação, a partir de um único tipo de molécula com eliminação de uma molécula pequena, geralmente a água.

### Óxidos

Composto químico binário formado por átomos de oxigênio com outros elementos.

### Passe

É o evento que corresponde a passagem entre dois cilindros de um metal na forma de barra, lingote, placa, fio, ou tira. A redução total atingida por laminação a frio geralmente varia de 50 a 90%. Quando se estabelece o grau de redução em cada passe.

### Revenido

É um tratamento posterior à têmpera, que consiste em elevar a temperatura até certo nível e manter por algum tempo.

### Tensão Cisalhante

É a tensão aplicada com o objetivo de causar ou fazer causar o deslizamento de duas partes adjacentes de um mesmo corpo uma em relação à outra, em uma direção paralela ao seu plano de contato.



## Referências

ABNT. NBR 6393 *Paquímetro com leitura de 0,1 e 0,05 mm*. 1980.

CAMARA, Deusdedit; PIRES, Romeu; SALLES, Silvio de Toledo. *Tecnologia Mecânica*. São Paulo: EDART, 1968.

INMETRO. *Sistema Internacional de Unidades*. Rio de Janeiro: Duque de Caxias, 1984.

MITUTOYO DO BRASIL. *Catálogo Técnico*. 1989.

NAVES, Helio; SOBRINHO, Herculano Leonardo; MATTA, Leolino de Souza; TIANI, Nicolino; RIBEIRO, Sergio; CAMARA Deusdedit; SALLES, Silvio de Toledo. *Torneiro Mecânico*. São Paulo: EDART, 1968.

NAVES, Helio; SOBRINHO, Herculano Leonardo; MATTA, Leolino de Souza; TIANI, Nicolino; RIBEIRO, Sergio; CAMARA Deusdedit; SALLES, Silvio de Toledo. *Ajustador – 1.a fase*. São Paulo: EDART, 1968.

PROVENZA, Francesco. *Materiais para Construções Mecânicas*. São Paulo: PRO-TEC: Centro Escolar e Editorial.

SENAI-RS. *Informações técnicas-mecânica*. 10.ed. rev. e ampl. Porto Alegre, CEP SENAI de Artes Gráficas “Henrique d’ávila Bertão”, 1996.

TEIXEIRA, Joselena de Almeida. *Design & Materiais*. Curitiba: CEFET – PR, 1999.

### Sites para consulta

[www.abal.org.br/aluminio/processos-laminacao.asp](http://www.abal.org.br/aluminio/processos-laminacao.asp)

[www.bibvirt.futuro.usp.br](http://www.bibvirt.futuro.usp.br) (Telecurso 2000 Cursos Profissionalizantes/ Metrologia)

[www.csn.com.br](http://www.csn.com.br)

[www.mec.puc-rio.br/~edcmm/materiais.htm](http://www.mec.puc-rio.br/~edcmm/materiais.htm)

[www.revistanexus.com.br](http://www.revistanexus.com.br)

[www.usiminas.com.br](http://www.usiminas.com.br)

[www.ufrgs.br/ndsn](http://www.ufrgs.br/ndsn)



Instruções para elaboração do relatório de acompanhamento das atividades práticas e apresentação dos seminários quando for o caso.

Este roteiro visa ajudá-lo na elaboração do relatório e na apresentação do seminário.

- 1 O seu relatório deve conter:
  - Breve introdução teórica;
  - Desenvolvimento das atividades;
  - Conclusão sobre o aprendizado realizado.
  
- 2 No desenvolvimento, o relatório deverá explicitar:
  - Equipamentos e problema registrado;
  - Testes e medidas realizados;
  - Procedimentos de segurança adotados;
  - Documentos consultados;
  - Conclusões sobre o problema;
  - Ferramentas e materiais usados;
  - Procedimentos técnicos executados.
  
- 3 O relatório deve ser entregue na próxima aula, ou quando for o caso no dia da apresentação dos seminários.
  
- 4 A preparação dos seminários será uma atividade extra classe.
  
- 5 Quanto à apresentação do seminário, o tempo estipulado deverá ser respeitado para que todos possam apresentar o seu relatório.
  
- 6 Não esqueça de informar caso necessite de algum equipamento para a sua apresentação.
  
- 7 No momento da apresentação, procure ter uma postura técnica, como se você fosse funcionário da empresa e estivesse apresentando o trabalho para sua chefia e demais colegas.

